



AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

MANUAL FORMAÇÃO

ÍNDICE GERAL

MÓDULO I - CONCEITOS GERAIS DE AGRICULTURA	3
MÓDULO II - PROTEÇÃO DAS PLANTAS	154
MÓDULO III - PROTEÇÃO INTEGRADA (PI) E PRODUÇÃO INTEGRADA (PRODI).....	173
MÓDULO IV - AGRICULTURA BIOLÓGICA (AB)	231
MÓDULO V - ECONOMIA CIRCULAR APLICADA À AGRICULTURA	292
MÓDULO VI - AGRICULTURA DE PRECISÃO PARA A SUSTENTABILIDADE	424
BIBLIOGRAFIA/ACRÓNIMOS E SIGLAS.....	435

MÓDULO I

CONCEITOS GERAIS DE AGRICULTURA

I.1. O SOLO	5
I.1.1. DEFINIÇÃO DE SOLO, FATORES DE FORMAÇÃO, CARACTERÍSTICAS DO SOLO	6
I.1.2. COMPOSIÇÃO DO SOLO	7
I.1.2.1. FASE SÓLIDA OU MATRIZ DO SOLO	7
I.1.2.2. FASE LÍQUIDA OU SOLUÇÃO DO SOLO	8
I.1.2.3. FASE GASOSA	9
I.1.3. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	9
I.1.3.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO SOLO	9
I.1.3.1.1. A COR DO SOLO	10
I.1.3.1.2. A ESTRUTURA DO SOLO	10
I.1.3.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO	11
I.1.3.2.1. COLHEITA DE AMOSTRAS DE SOLO	11
I.1.3.2.2. O TEOR DE ÁGUA NO SOLO	12
I.1.3.2.3. MASSA VOLÚMICA APARENTE DO SOLO	13
I.1.3.2.4. A TEXTURA DO SOLO	13
I.1.3.2.5. CURVA DE RETENÇÃO DA ÁGUA NO SOLO, CURVA CARACTERÍSTICA DE HUMIDADE DO SOLO OU CURVA DE PF	16
I.1.3.2.6. AS CONSTANTES DE HUMIDADE DO SOLO	17
I.1.3.2.7. A CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO	20
I.1.3.2.8. A INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO	21
I.1.3.2.9. A POROSIDADE DO SOLO	22
I.1.3.2.10. OUTRAS PROPRIEDADES DO SOLO	22
I.1.3.3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO	23
I.1.3.3.1. O PH DO SOLO	23
I.1.3.3.2. MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO	24
I.1.3.3.3. CALCÁRIO TOTAL	24
I.1.3.3.4. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO DO SOLO	25
I.1.3.3.5. CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA	26
I.1.3.3.6. ELEMENTOS NUTRITIVOS MINERAIS DAS PLANTAS	27

I.1.4. CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	28
I.1.5. CAPACIDADE DE USO DO SOLO	29
I.1.6. GESTÃO DA FERTILIDADE DO SOLO	30
I.1.6.1. A FERTILIDADE DO SOLO	30
I.1.6.2. ALGUMAS PRÁTICAS PARA A MANUTENÇÃO E MELHORIA DA FERTILIDADE DO SOLO	31
I.1.7. FATORES QUE INFLUENCIAM A FERTILIDADE DO SOLO - PRINCIPAIS AMEAÇAS AO SOLO.....	35
I.1.8. GESTÃO SUSTENTÁVEL DO SOLO - BOAS PRÁTICAS.....	40
I.1.9. NUTRIÇÃO DAS PLANTAS	43
I.1.10. FERTILIZAÇÃO DAS CULTURAS AGRÍCOLAS.....	44
I.1.10.1. FUNÇÕES DOS NUTRIENTES	45
I.1.10.2. SINTOMAS DE DESEQUILÍBRIO EM NUTRIENTES	48
I.1.11. MATÉRIAS FERTILIZANTES.....	55
I.1.12. DESERTIFICAÇÃO.....	56
I.2 – O CLIMA	57
I.2.1. ELEMENTOS METEOROLÓGICOS.....	59
I.2.2. O CLIMA DE PORTUGAL CONTINENTAL.....	71
I.2.3. AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, EFEITOS, ADAPTAÇÃO E MITIGAÇÃO NA ATIVIDADE AGRÍCOLA.....	74
I.3 A PLANTA	76
I.3.1. NOÇÕES DE BOTÂNICA AGRÍCOLA.....	80
I.3.2. FIOLOGIA VEGETAL: PRINCIPAIS PROCESSOS FIOLOGICOS.....	102
I.3.2.1 FOTOSÍNTESE.....	102
I.3.2.2 RESPIRAÇÃO CELULAR	104
I.3.2.3 TRANSPIRAÇÃO.....	105
I.3.2.4 CIRCULAÇÃO DA SEIVA	107
I.3.3. ESTADOS FENOLOGICOS E DURAÇÃO DO CICLO DAS CULTURAS	108
I.3.4. PRINCIPAIS FAMÍLIAS DE PLANTAS CULTIVADAS.....	108
I.4. RELAÇÃO SOLO-CLIMA-PLANTA E O CICLO DO CARBONO	119
I.4.1. A AGROECOLOGIA NA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DOS RECURSOS NATURAIS	120
I.4.2. A ÁGUA, A REGA E A DRENAGEM DO SOLO	122
I.4.3. BOAS PRÁTICAS PARA A SUSTENTABILIDADE DOS ECOSISTEMAS E PARA O SEQUESTRO DO CARBONO	136
CAPÍTULO I.1 - ANEXO I - NORMAS GERAIS DE COLHEITA DE AMOSTRAS DE TERRA	141
CAPÍTULO I.1 - ANEXO II - NORMAS DE COLHEITA DE AMOSTRAS DE MATERIAL VEGETAL	144
CAPÍTULO I.1 - ANEXO III - NORMAS GERAIS DE COLHEITA DE AMOSTRAS DE ÁGUA PARA REGA	147
CAPÍTULO I.3 - ANEXO I - ESTADOS FENOLOGICOS MIRTILO, MILHO, VIDEIRA, CASTANHEIRO	148

MÓDULO I

CONCEITOS GERAIS DE AGRICULTURA

I.1. O SOLO

O **Solo** é um **recurso natural**, que pode ser considerado **não renovável**, pois as taxas de degradação podem ser rápidas enquanto os processos de formação e regeneração são extremamente lentos.

O solo desempenha inúmeras funções e presta serviços vitais às atividades humanas e à sobrevivência dos ecossistemas. As principais funções do solo são: **(i) produção de biomassa, (ii) armazenamento, filtragem e transformação de nutrientes e água, (iii) reserva de biodiversidade, (iv) plataforma para a maior parte das atividades humanas, (v) fornecimento de matérias-primas, (vi) reservatório de carbono, (vii) conservação do património geológico e arqueológico.**

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2021), refere que os solos são fundamentais para a sustentação da vida na Terra, pois constituem a base para o desenvolvimento agrícola, para os serviços essenciais dos ecossistemas e para a segurança alimentar. Recentemente a consciencialização da importância do solo tem aumentado, nomeadamente devido à sua **função de reservatório de carbono**, essencial na contribuição para a **mitigação e adaptação às alterações climáticas** previstas.

O solo está, no entanto, sujeito a processos de degradação. As principais ameaças que podem afetar o solo são: **(i) erosão, (ii) declínio da matéria orgânica, (iii) contaminação, (iv) impermeabilização, (v) compactação, (vi) declínio da biodiversidade, (vii) salinização, (viii) deslizamento de terras.**

A degradação dos solos agrícolas é um processo em curso na União Europeia, sendo mais acentuada nos países do Sul da Europa por **razões climáticas**. A degradação do solo por impermeabilização, associada ao crescimento urbano, e por compactação, associada ao uso de máquinas agrícolas pesadas, é um processo comum a todos os países. A erosão, o declínio da matéria orgânica e a salinização são processos mais graves nas regiões mediterrânicas e indutores de **desertificação** que pode conduzir à perda de uma ou mais funções do solo.

Os processos de degradação do solo podem ser analisados separadamente, mas

frequentemente são estudados em conjunto devido à sua interdependência. Por exemplo, a perda de matéria orgânica reduz a capacidade de retenção de água e a fertilidade do solo, reduzindo a vegetação, aumentando a erosão e a necessidade de rega, a qual pode intensificar o risco de salinização.

Ações de sensibilização pública e de educação para fomentar a compreensão das causas e dos efeitos da degradação do solo e consequente desertificação são fundamentais para aumentar a consciencialização dos utilizadores e do público em geral sobre a importância do solo e a sua contribuição para a sociedade.

Um dos maiores desafios atuais é prevenir a degradação do solo, melhorar ou restaurar as suas funções e saúde usando **práticas sustentáveis de gestão do solo** na agricultura.

I.1.1. DEFINIÇÃO DE SOLO, FATORES DE FORMAÇÃO, CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O SOLO é definido como a camada superior da crosta terrestre, formada por partículas minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos vivos. Tem origem na desagregação do material originário ou **rocha-mãe**, através de um processo designado por **meteorização**, resultante da ação conjunta dos **fatores de formação do solo**: (i) material originário (constituintes minerais), (ii) flora e fauna (constituintes orgânicos), (iii) clima, (iv) relevo e (v) tempo (Figura 1).

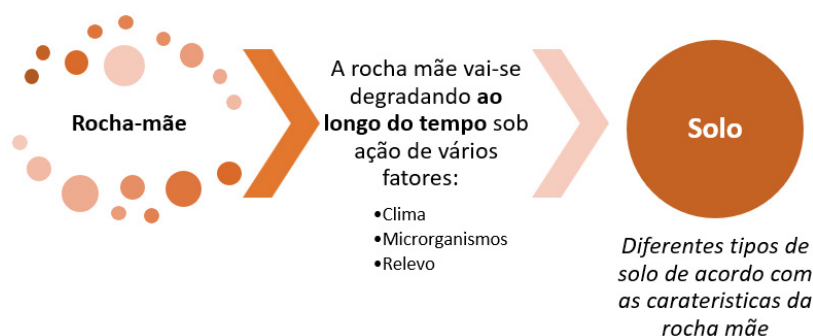


Figura 1 - Formação do solo

A diferenciação dos **horizontes**, ou camadas, que constituem o **perfil de solo** (Figura 2) resulta de fenómenos de alteração (meteorização física e química) e migração dos componentes da rocha-mãe e do material orgânico, da deposição de materiais provenientes de outros locais e de perdas por lixiviação ou por erosão.

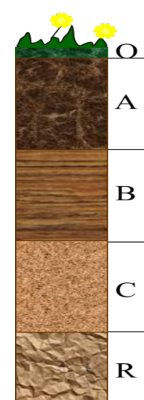


Figura 2 - Esquema de um perfil de solo com os vários horizontes. Os horizontes designam-se por letras maiúsculas (O, A, B, C) e podem subdividir-se conforme as características que apresentam. As subdivisões são referidas por letras minúsculas

O Solo é o suporte físico e nutritivo das plantas tendo influência decisiva no seu crescimento através das suas **características físicas, químicas e biológicas**:

- Características físicas - regulam os movimentos do ar, da água, dos solutos, dos nutrientes e das raízes no solo;
- Características químicas - relacionadas com a capacidade nutritiva do solo (armazenar e fornecer os elementos minerais/nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas);
- Características biológicas - responsáveis pela “vida” do solo: atividade microbiológica (fungos, bactérias e vírus) e fauna (roedores, artrópodes, nemátodos, ...) no solo.

I.1.2. COMPOSIÇÃO DO SOLO

O solo constitui um sistema complexo que resulta da interação de **3 fases**: fase sólida ou matriz do solo, fase líquida ou solução do solo e fase gasosa ou atmosfera do solo.

I.1.2.1. FASE SÓLIDA OU MATRIZ DO SOLO

A **fase sólida ou matriz do solo** é constituída por **materiais minerais** e **orgânicos** (matéria orgânica e organismos vivos), que formam um **sistema poroso**.

As partículas minerais existentes no solo resultam da desagregação de rochas através de processos erosivos. O resultado são partículas minerais de tamanhos diferentes (Patela, 2017). Sampaio (2006), refere que os minerais do solo pertencem a dois grandes grupos:

- **Minerais primários** que são obtidos do material originário, mantendo-se praticamente inalterados na sua composição e são importantes para a avaliação do grau de evolução do solo e da sua reserva mineral. Exemplos de minerais primários: quartzo, feldspatos, micas, piroxenas, olivinas, etc.
- **Minerais secundários** que são obtidos do material originário, através da sintetização “in situ” de produtos da meteorização dos minerais primários menos resistentes e advêm de alterações da estrutura de certos minerais primários. Exemplos de minerais secundários: minerais de argila, silicatos não cristalinos, óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro, carbonatos de cálcio e de magnésio.

Os **materiais minerais** têm, pois, dimensões e composição diferentes:

- partículas > 2 mm (elementos grosseiros)
- partículas < 2 mm (terra fina: areia, limo e argila)

A areia e o limo são compostos por minerais primários (quartzo, feldspatos e micas) enquanto a argila é composta por minerais secundários, que incluem os minerais argilosos (silicatos de alumínio, magnésio e ferro) e os óxidos de ferro, alumínio e manganês.

Os **materiais orgânicos** são compostos por organismos do solo/seres vivos (bactérias, protozoários, fungos, plantas verdes-musgos, fetos, plantas superiores, raízes e animais - nemátodos, ácaros, insetos, aranhas, minhocas, caracóis e lesmas, ratos e toupeiras), tecidos

mortos vegetais e animais, e uma mistura de material decomposto e modificado – **húmus** (que é cerca de 60 a 80% da matéria orgânica total do solo). A matéria orgânica do solo representa 1 a 6% da massa total da camada de solo (arável) e influencia as propriedades físicas do solo (densidade aparente, agregação das argilas, estabilidade da estrutura), aumenta a capacidade de retenção de água e de nutrientes do solo, sendo ainda uma fonte de nutrientes (como o **N**, **P** e **S**) para as plantas.

A diversidade biológica é indicadora de uma maior qualidade do solo.

I.1.2.2. FASE LÍQUIDA OU SOLUÇÃO DO SOLO

A **fase líquida** é constituída pela água do solo com substâncias dissolvidas e é usualmente designada por **solução do solo**.

A solução do solo inclui a água, material coloidal (componentes com dimensões entre 1nm a 1µm) e substâncias dissolvidas como iões, compostos orgânicos solúveis, contendo ainda pequenas quantidades de gases (O_2 e CO_2).

A água do solo está sujeita a várias forças sendo as duas mais relevantes o **potencial gravitacional**, resultante da ação da gravidade, e o **potencial de pressão ou mátrico**, resultante das forças de capilaridade e de atração da matriz sólida para a água. No caso de solos salinos o **potencial osmótico** tem ainda de ser considerado. Por razões simplificativas o potencial é frequentemente expresso em termos de energia por unidade de peso (ou seja, em unidades de altura de água).

O potencial gravitacional é independente da composição química e da pressão da água do solo e é numericamente igual à profundidade.

O potencial de pressão ou mátrico corresponde à pressão exercida pela água do solo, que pode ser superior ou inferior à pressão atmosférica, caso respetivamente de um solo submerso ou não saturado. Neste último caso, a pressão da água no solo resulta do efeito conjunto de **forças de capilaridade** e de **adsorção** devidas à matriz sólida (sucção mátrica) que atraem e ligam a água no solo ao ponto de diminuírem a sua energia potencial abaixo da água livre.

As forças **de pressão capilar** provêm da tensão superficial da água e do seu ângulo de contacto com as partículas sólidas e são desenvolvidas ao nível da interface água-ar. Dão origem à formação de meniscos curvos que obedecem à equação da capilaridade (Hillel, 1984).

As forças **de adsorção** provêm da diferença nas forças de atração ou de repulsão existentes entre as moléculas das superfícies de contacto das diversas fases. Incluem as forças de van der Waals e as eletrostáticas que atuam na água através das superfícies coloidais das partículas do solo. Estas forças têm uma influência crescente com o aumento da área da superfície coloidal do solo, e dão origem a uma delgada película de água rodeando as partículas do solo. Esta água adsorvida é particularmente importante no caso dos solos argilosos e para sucções elevadas. Nos solos arenosos a adsorção é pouco importante e os efeitos da capilaridade são predominantes. De um modo geral, o potencial mátrico resulta do efeito combinado daqueles dois tipos de forças que não podem ser isoladas facilmente, visto se encontrarem em equilíbrio (Gonçalves, 1994). O recurso a tensiómetros é o método mais usual para medição do potencial mátrico.

O potencial de pressão, no caso do solo insaturado, e no caso da fase gasosa se encontrar à pressão atmosférica, expresso em termos de energia potencial por unidade de peso (ou seja, em unidades de altura de água), é designado por **pressão efetiva da água no solo** (h).

A soma do potencial gravítico com o potencial de pressão (quando expressos em altura de água) designa-se por **carga hidráulica** (H).

A água é fundamental para a vida das plantas e dos outros organismos do solo. As plantas absorvem os nutrientes (**N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl, B**, entre outros) a partir da solução do solo.

I.1.2.3. FASE GASOSA

A **fase gasosa** é constituída pela atmosfera do solo.

A atmosfera do solo compreende uma mistura de gases com composição variável, com maior teor de vapor de água e de dióxido de carbono (CO_2) e menor teor de oxigénio do que a atmosfera.

Os componentes mais importantes que constituem a atmosfera do solo são: oxigénio (10 – 20 %), azoto (78,5 – 80 %) e gás carbónico, vulgarmente conhecido por dióxido de carbono (0,2 - 3,5 %). Essa composição é definida pelas relações solo – água – microrganismos – planta (Perdigão, 2019).

A mesma fonte, refere que o ar é um componente de grande importância porque regula as propriedades e características do solo e é indispensável à vida das plantas. Tal como a água, o ar do solo situa-se nos espaços porosos e a sua quantidade é inversamente proporcional à quantidade de água.

I.1.3. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

A caracterização do solo compreende 3 aspetos: o morfológico, o físico e o químico.

I.1.3.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO SOLO

A **caracterização morfológica** baseia-se na observação e descrição de perfis de solo.

A observação e descrição de um perfil de solo é feita numa cova, aberta para o efeito, com cerca de 200 cm de comprimento x 70 cm de largura (de modo a facilitar as atividades necessárias a esta tarefa) e uma profundidade até ao material originário ou rocha. Faz-se a observação e descrição do perfil numa das paredes da cova, começando por marcar os limites de separação das diferentes camadas ou horizontes do solo.

Anota-se a data, o local, o nº da Carta de solos ou topográfica, as coordenadas geográficas (GPS), e as características do local (topografia, declive, drenagem, vegetação, material originário, risco de erosão, utilização do solo...).

Na descrição do perfil, indica-se a espessura de cada horizonte/camada, como é a transição entre camadas, a cor, a textura manual, a proporção de elementos grosseiros, a estrutura, a compactidade, a porosidade, a existência de atividade biológica (raízes, organismos do solo...),

a presença ou não de calcário através da efervescência ao ácido clorídrico (HCl) e ainda outros aspetos específicos que se possam considerar relevantes. Designam-se os horizontes/camadas e procede-se à identificação/classificação da unidade-solo, mesmo que não definitiva por não se dispor das características físicas, químicas e mineralógicas do solo, a obter posteriormente em análises laboratoriais. Para uma descrição mais detalhada deste assunto pode consultar-se as “Guidelines for Soil Description” (FAO, 2006), no site <https://www.fao.org/publications/card/en/c/903943c7-f56a-521a-8d32-459e7e0cdae9/>.

A partir da observação do perfil de solo podem retirar-se imediatamente algumas informações importantes sobre o solo em estudo, nomeadamente a **cor** e a **estrutura do solo**, que se passam a referir.

I.1.3.1.1. A COR DO SOLO

A cor do solo, determina-se comparando-a com os padrões da **escala de Munsell** (*Munsell Soil Color Charts*), e indica-se pelos símbolos colocados na parte superior da página da escala, seguidos pelos símbolos que se encontram por baixo da designação de cada cor-padrão https://en.wikipedia.org/wiki/Munsell_color_system.

A cor deve ser anotada quer no estado seco (s) quer no estado húmido (h) do solo.

É uma das características que permite fazer uma avaliação indireta de outras características que não são de tão fácil determinação. Em combinação com a estrutura é de grande utilidade para a identificação de vários grupos de solos.

Como exemplo, cores escuras, nomeadamente no estado húmido, indicam a presença de **matéria orgânica** no solo. A cor vermelha é em geral devida a óxidos de ferro não hidratados ou de certos compostos de manganês. Indica geralmente boas condições de drenagem e de arejamento. As cores amarelas devem-se a óxidos de ferro mais ou menos hidratados e ou a misturas de óxidos de ferro e de alumínio.

A cor do solo pode ser utilizada para diagnosticar se um solo apresenta uma **boa ou deficiente drenagem** no perfil de solo:

- Solos bem drenados apresentam cores de tons mais ou menos uniformes, castanhas ou pardas, avermelhadas ou amareladas;
- Camadas imperfeitamente drenadas apresentam cores variadas e manchas cinzentas;
- Camadas muito mal drenadas apresentam cores cinzentas e cinzento-azuladas, onde ocorrem geralmente concreções pardas de ferro e/ou pretas de manganês, que traduzem o maior ou menor grau de encharcamento do solo, isto é, condições de redução, principalmente durante o período outono-invernal.

I.1.3.1.2. A ESTRUTURA DO SOLO

A **estrutura do solo** é a distribuição das partículas do solo relativamente à forma e ao arranjo, em cada um dos horizontes do perfil de solo (Figura 3).

Resulta da distribuição granulométrica dos elementos sólidos e da existência de forças de

natureza electrostática derivadas das cargas dos minerais argilosos e do húmus.

A ligação das partículas terrosas dá origem aos **agregados estruturais**. A ligação entre as partículas constituintes é mais forte do que a ligação entre os agregados.

Este arranjo, organização e orientação das partículas e a sua taxa de agregação, determina a existência no solo de **espaços vazios, ou poros**, disponíveis para a penetração, retenção e transferência de água, de solutos e de gases no solo.

TIPOS	SUBTIPOS	EIXOS	REPRESENTAÇÃO	CARACTERÍSTICA
ESFEROIDAL	GRANULAR GRUMOSA			HORIZONTES SUPERFICIAIS
BLOCO (cúbica)	ANGULARES SUBANGULARES			HORIZONTE B
PRISMÁTICA	PRISMÁTICA COLUNAR			HORIZONTE B HORIZONTES SALINOS
LANINAR	(não tem subtipo)			HORIZONTE C

Figura 3 - Classificação e representação esquemática da estrutura do solo
Fonte: http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/solos/aula_6_estrutura_do_solo.pdf

I.1.3.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO

A **caracterização física do solo** diz respeito à determinação das propriedades físicas do solo, nomeadamente do **teor de água no solo**, da **massa volúmica aparente** (ou densidade aparente), da **textura** (análise granulométrica da terra fina), da **capacidade de retenção de água pelo solo** a diferentes sucções (pF) ou pressões (que permite determinar a **capacidade de campo**, o **coeficiente de emurchecimento**, a **água utilizável** do solo), da **condutividade hidráulica**, da **infiltração** da água no solo, da porosidade.

Existem várias metodologias, quer **de campo** quer **de laboratório**, para a determinação das propriedades físicas do solo. Nos métodos de campo são utilizados volumes de solo muito mais representativos do que nos métodos laboratoriais e não existe o efeito da perturbação da amostra que sempre ocorre quando da sua colheita. No entanto, são métodos muito trabalhosos, morosos e dispendiosos e, em geral, apenas se utilizam para validar as metodologias de laboratório. Os métodos laboratoriais são mais rápidos e económicos, mas, por razões logísticas, utilizam amostras de solo colhidas no estado natural de dimensões reduzidas da ordem dos 100 cm³ (e por vezes amostras perturbadas).

Seguidamente vai descrever-se o processo de colheita de amostras de solo (no estado natural e perturbadas) para a caracterização laboratorial física e química do solo.

I.1.3.2.1. COLHEITA DE AMOSTRAS DE SOLO

A colheita de amostras é realizada para caracterização laboratorial (física, química e mineralógica) e para se proceder à classificação, génese e interpretação dos solos.

Após a caracterização morfológica do perfil do solo, procede-se à colheita de amostras de solo. Assim, colhe-se uma **amostra perturbada** em cada horizonte/camada de solo (com material abrangendo a totalidade da espessura) que deve ser recolhida num saco de plástico e devidamente etiquetada.

A fim de se evitar a contaminação com outras camadas, deve-se iniciar a colheita pelo horizonte/camada inferior e seguir sucessivamente de baixo para cima até à superfície do solo.

Para a determinação laboratorial de algumas características físicas do solo como a capacidade de retenção de água pelo solo a diferentes sucções (pF) ou pressões, a condutividade hidráulica saturada e insaturada ou e a massa volúmica aparente do solo procede-se à colheita de **amostras no estado natural** (ou não perturbadas) através de cilindros ou anéis de diferentes capacidades volumétricas (Figura 4). Este processo de colheita de amostras pode ser consultado em:

https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/colheita-amostras/Mod-LQARS086_Colheita-amostras-nao-perturbadas-solo_vs26-05-2021.pdf



Figura 4 - Colheita de amostras no estado natural. Os cilindros metálicos ou de pvc são enterrados lentamente de modo a perturbar o mínimo possível a estrutura do solo. No caso dos cilindros maiores, é, geralmente necessário retirar o solo envolvente para que seja possível enterrar o cilindro com a menor compactação. (a) Exemplo de cilindros usados na colheita de amostras no estado natural; (b) cilindros enterrados num horizonte/camada de solo; (c) processo de colheita das amostras de maior dimensão; e (d) amostra não perturbada | Fonte: Ramos et al., 2016

I.1.3.2.2. O TEOR DE ÁGUA NO SOLO

O **teor de água no solo**, ou humidade do solo, é a quantidade de água retida no solo, e pode ser expresso em relação ao peso seco na estufa a 105°C (**teor ponderal ou gravimétrico de água no solo, θ_w**) ou em relação ao volume aparente do solo (**teor volúmico de água no solo, θ_v**).

$$\theta_w = M_w/M_s \quad (1)$$

em que:

M_w – massa de água existente no solo

M_s – massa das partículas de solo seco na estufa a 105°C

Por sua vez

$$\theta_v = V_w/V_t \quad (2)$$

em que:

V_w – volume de água existente no solo

V_t – volume aparente do solo ($V_t = V_s + V_w + V_a$) em que V_s é o volume de partículas sólidas, e V_a o volume ocupado pelo ar.

Para medição do teor de água no solo usa-se o método gravimétrico, que é um método direto em que uma amostra de solo é pesada (peso húmido), seca na estufa a 105°C até atingir peso constante (24 a 48h consoante o tipo do solo) e pesada novamente (peso seco). A diferença entre o peso húmido e o peso seco, dividida pelo peso seco, dá o teor de água gravimétrico do solo. Este método aplica-se a amostras no estado natural ou perturbadas e é utilizado para calibração de outros métodos (ex. métodos indiretos, como sejam sondas capacitivas, *time domain reflectometry* (TDRs, etc).

I.1.3.2.3. MASSA VOLÚMICA APARENTE DO SOLO

A **massa volúmica aparente**, que representa a massa de solo por unidade de volume de solo, é um indicador da estrutura do solo. Quanto maior for a massa volúmica aparente de um solo, menor será o volume de espaços vazios (porosidade do solo) e menor será a sua capacidade de retenção de água.

Os teores de água gravimétrico e volúmico estão relacionados por:

$$\theta_v = \theta_w.(\theta_b/\theta_w) \quad (3)$$

Em que **pb** é a **massa volúmica aparente do solo**, definida como a massa de solo seco (M_s) por unidade de volume aparente do solo (V_t), dada pela expressão $p_b = M_s/V_t$, e **pw** a massa volúmica da água (M_w/V_w) que é geralmente considerada igual a 1.

I.1.3.2.4. A TEXTURA DO SOLO

A matriz sólida do solo inclui partículas com composição mineralógica e química variável e tamanhos diferentes.

A **textura** ou **composição granulométrica do solo** refere-se à proporção relativa dos lotes constituídos por partículas minerais de dimensões compreendidas entre certos limites (Tabelas 1 e 2).

A análise mecânica ou análise granulométrica consiste na determinação das proporções dos diversos lotes ou frações que englobam a terra fina (inferior a 2 mm de diâmetro) e os lotes mais grosseiros com um diâmetro aparente superior a 2 mm.

Em Portugal, geralmente são utilizados os limites da escala de Atterberg, recomendada pela Sociedade Internacional de Ciência do Solo que, a seguir se refere:

Lotes	Diâmetro das partículas (mm)
Areia grossa	2-0,2
Areia fina	0,2-0,02
Limo	0,02-0,002
Argila	<0,002

Tabela 1 - Lotes considerados na terra fina (< 2mm) segundo os limites da escala de Atterberg

Designação	Diâmetro (mm)
Blocos	>200
Calhaus	200-100
Pedras	100-50
Pedras miúdas	50-20
Cascalho	20-5
Saibro	5-2

Tabela 2 - Lotes considerados nos elementos grosseiros (> 2mm) segundo os limites da escala de Atterberg

No entanto, não existe ainda um consenso mundial nos limites dos lotes texturais utilizados nos diversos países (Figura 5), o que torna difícil a harmonização da informação. Recentemente tem havido um esforço para utilizar os limites definidos pela FAO que são: areia (2000-50µm); limo (50-2µm); argila (<2µm).

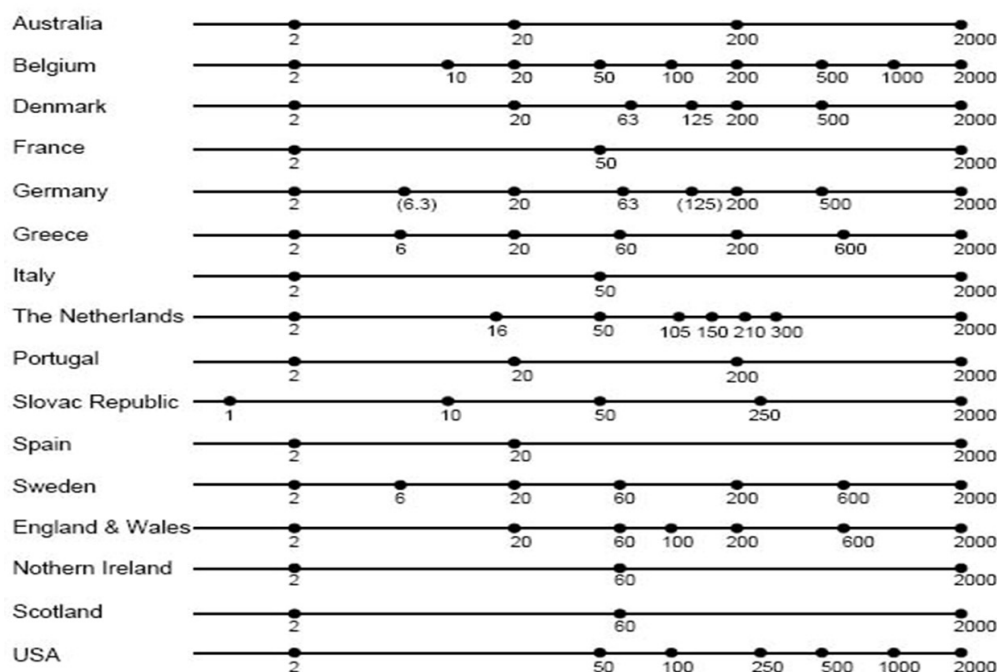


Figura 5 - Limites dos lotes texturais em diferentes países (µm)

Um dos métodos mais rigorosos de determinar a composição granulométrica do solo é o **método da pipeta**. Neste método a areia grossa é obtida por **crivagem**, os lotes de argila e de limo + argila são colhidos por **pipetagem**, e a areia fina obtida por **decantação**. O processo de pipetagem é baseado na **lei de Stokes** em que uma partícula esférica de raio r e de massa volúmica ρ_1 cai num meio de massa volúmica ρ_2 e viscosidade τ e num lugar de aceleração da gravidade (g) com movimento uniforme v , tal que:

$$v = \frac{h}{t} = \frac{2g(\rho_1 - \rho_2)}{9\tau} r^2 \quad (4)$$

Para além daquele método, outro existe mais expedito e utilizado por laboratórios nacionais, por densimetria, usando um densímetro de Bouyoucos.

A classificação da textura em Portugal é geralmente feita com recurso ao diagrama triangular de Gomes e Silva (1962). Aqueles autores consideraram 12 classes de textura nomeadamente as classes Arenosa (A), Areno-franca (AF), Franco-arenosa (FA), Franca (F), Franco-limosa (FL), Franco-argilo-arenosa (FGA), Limosa (L), Franco-argilosa (FG), Franco-argilo-limosa (FGL), Argilo-arenosa (GA), Argilo-limosa (GL) e Argilosa (G).

Na Figura 6 encontra-se representado o diagrama triangular de classificação da textura de Gomes e Silva (1962).

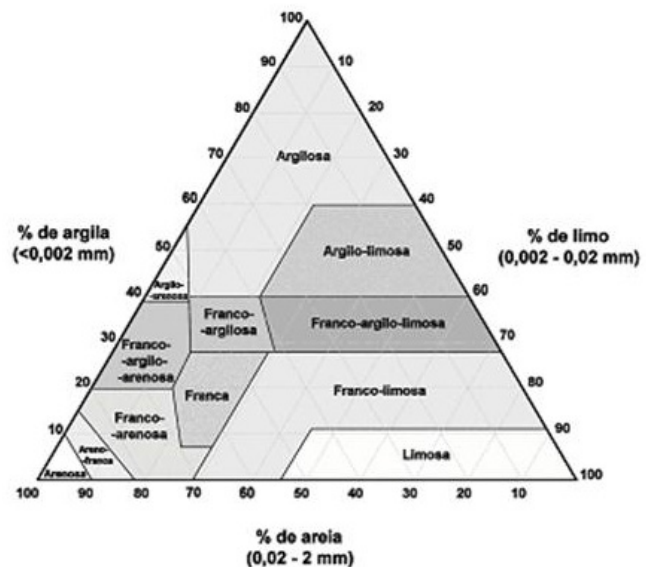


Figura 6 - Diagrama triangular de classificação da textura do solo
Fonte: Pereira Gomes e Antunes da Silva, 1962

De um modo geral as doze classes de textura distribuem-se por três grandes classes de textura que vulgarmente se designam por **textura grosseira** ou **ligeira**, **textura média** ou **mediana** e **textura fina** ou **pesada**, da seguinte forma: **textura grosseira** ou **ligeira**, as texturas arenosa (A), areno-franca (AF) e franco-arenosa (FA); **textura média** ou **mediana**, as texturas franca (F), franco-limosa (FL) e franco-argilo-arenosa (FGA); e na **textura fina** ou **pesada** as texturas: limosa (L), franco-argilosa (FG), franco-argilo-limosa (FGL), argilo-arenosa (GA), argilo-limosa (GL) e argilosa (G).

Na Figura 7 apresenta-se ainda o diagrama triangular da USDA para a classificação da textura segundo as 12 classes de textura da FAO: areia (2000-50 μ m); limo (50-2 μ m); argila (<2 μ m).

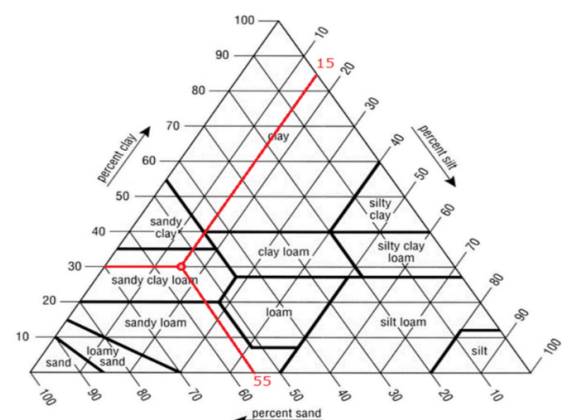


Figura 7 - Diagrama triangular da USDA para a classificação das 12 classes de textura do solo segundo os limites da FAO. A vermelho indica-se um exemplo de classificação de um solo com 55% de areia, 30% de argila e 15% de limo.

Na Tabela 3 apresentam-se propriedades e consequências sobre o solo dos diferentes lotes granulométricos (Perdigão, 2019).

	Propriedades	Consequências sobre o solo
Elementos Grosseiros	Grandes dimensões Superfície específica reduzida Abrasivos	Reduzem a reserva mineral a curto prazo; Aumentam a reserva mineral a médio e a longo prazo; Aumentam a permeabilidade e o arejamento do solo; Protegem contra a erosão hídrica; Regulam o regime térmico do solo diminuindo a amplitude térmica diurna; Influenciam o regime hídrico (evaporação); Dificultam as mobilizações.
Areia	Fraca ou nula: • atividade química; • retenção de água; • adesividade; • plasticidade; Abrasiva; Muito permeável; Dimensão elevada.	Aumenta a permeabilidade e arejamento; Facilita nas mobilizações; Desgaste nas máquinas; Reserva mineral a médio e longo prazo; Baixa retenção e troca iônica; Capacidade de agregação nula.
Limo	Atividade química baixa; Retenção de água moderada; Adesividade baixa; Plasticidade média; Dimensão média.	Fraca retenção e troca de iões nutritivos; Fraca capacidade de agregação do solo; Facilidade nas mobilizações; Reserva mineral a médio prazo; Permeabilidade baixa; Aumento do volume de água utilizável; Proteção da matéria orgânica.
Argila	Dimensão reduzida; Moderada a elevada: • Atividade química; • Retenção de água; • Adesividade; • Plasticidade; • Tenacidade.	Elevada retenção e troca de iões nutritivos; Elevada capacidade de agregação dos solos; Dificuldade nas mobilizações; Reserva mineral a curto prazo; Permeabilidade baixa a moderada; Elevada retenção de água; Proteção da matéria orgânica.

Tabela 3 - Propriedades e consequências sobre o solo dos diferentes lotes granulométricos | Fonte: Perdigão, 2019

I.1.3.2.5. CURVA DE RETENÇÃO DA ÁGUA NO SOLO, CURVA CARACTERÍSTICA DE HUMIDADE DO SOLO OU CURVA DE PF

A **curva de retenção da água no solo** ou curva de pF é a curva que relaciona o **teor de água no solo** (θ), com o respetivo **potencial mátrico**, isto é, a pressão (h) com que a água é

retida no solo (designada por **pressão efetiva** da água no solo).

A pressão efetiva é a diferença entre a pressão da água no solo e a pressão atmosférica, expressa em altura de água. Pode ser positiva (solo alagado) e negativa (resultante do efeito conjunto de **forças de capilaridade** e de **adsorção** devidas à matriz sólida (solo insaturado).

Para facilitar, na representação gráfica, a pressão efetiva é expressa como o logaritmo decimal da altura em centímetros de água que exerce pressão equivalente à força de retenção do solo para a água (**$pF = \log h$**).

Os métodos laboratoriais para determinação da curva de pF baseiam-se no **princípio do meio poroso** em que num solo saturado de água submetido a uma certa pressão positiva ou negativa (sucção), verifica-se, após um determinado intervalo de tempo, um equilíbrio entre a água que fica retida pelo solo e a pressão aplicada (Gonçalves, 1994). Os métodos mais usuais dividem-se em métodos de sucção (caixas de areia) ou de pressão (placas de pressão) (Figura 8).

- As caixas de areia funcionam para determinação do teor de água retida para valores de $pF \leq 2.0$ (sucções inferiores a 100 cm de altura de água);
- As placas ou placas de pressão funcionam para determinação do teor de água retida para valores de $pF \leq 4.2$ (pressões inferiores a 15000 cm de altura de água).

As determinações da curva de pF devem ser realizadas em amostras no estado natural (geralmente em cilindros com 100 cm³ de volume), ou seja, amostras que conservem o mais possível as suas características naturais, nomeadamente a estrutura do solo e consequentemente a porosidade do solo.

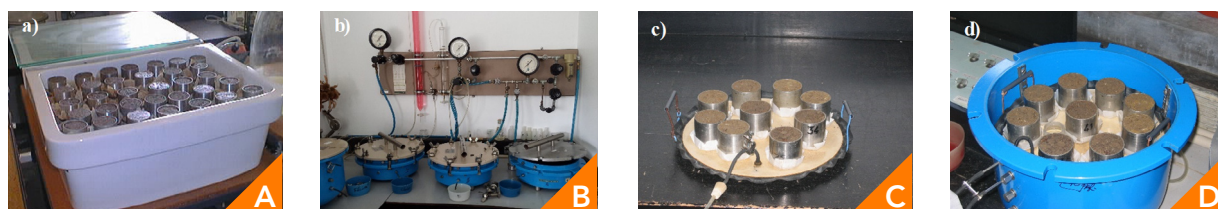


Figura 8 - Métodos laboratoriais usados na determinação da curva de retenção de água no solo (a) caixas de areia com amostras de solo no estado natural; (b) placas de pressão; (c) amostras de solo no estado natural sobre a placa de cerâmica usada para extrair a água das placas de pressão; (d) e amostras de solo no estado natural sobre a placa de cerâmica dentro de uma placa de pressão | Fonte: Ramos et al., 2016

O conhecimento da curva de pF é muito importante, no caso do regadio, pois dois dos seus pontos são as chamadas **constantes de humidade do solo** (teores de água correspondentes à capacidade de campo e ao coeficiente de emurchecimento permanente) que permitem o cálculo da **água disponível para as plantas** para uma rega eficiente. O **teor de água na saturação** dá-nos ainda a **porosidade total do solo**. A curva de pF é ainda necessária, como dado de entrada, para os modelos de simulação da dinâmica da água e transporte de solutos no solo.

I.1.3.2.6. AS CONSTANTES DE HUMIDADE DO SOLO

Em Portugal, a rega desempenha um papel fundamental para a viabilidade das culturas, particularmente quando os ciclos vegetativos decorrem durante os meses mais secos, de primavera e de verão, fornecendo às plantas as quantidades de água necessárias. Para que a rega seja eficiente, a humidade do solo deve ser mantida no intervalo entre os teores de água

correspondentes à **capacidade de campo** e ao **coeficiente de emurchecimento permanente**. Estes parâmetros assumem aproximadamente os mesmos valores para cada tipo de solo, pelo que são geralmente designados por constantes de humidade do solo.

A **capacidade de campo** (θ_{FC}) corresponde ao teor de água na zona das raízes a partir do qual a drenagem se torna quase nula. A manutenção do teor de água do solo acima deste limite resulta inevitavelmente na percolação da água em profundidade.

O **coeficiente de emurchecimento permanente** (θ_{WP}) corresponde ao teor de água do solo abaixo do qual as forças de capilaridade e adsorção do solo (forças de atração do solo para a água) ultrapassam as forças que as plantas cultivadas conseguem desenvolver para extrair do solo a água necessária ao seu crescimento.

A água do solo, como já foi referido, apenas está disponível para as plantas dentro dos limites definidos pelos teores de água à capacidade de campo e ao coeficiente de emurchecimento permanente. Para uma espessura da zona radicular (Z_r), a **água disponível total** (TAW) é obtida da seguinte forma:

$$TAW \text{ (mm)} = 1000 [\theta_{FC} \text{ (cm}^3/\text{cm}^3) - \theta_{WP} \text{ (cm}^3/\text{cm}^3)] Z_r \text{ (m)} \quad (5)$$

No entanto, para que a evapotranspiração da cultura atinja também os seus valores potenciais e a produção final seja maximizada, a humidade do solo tem de ser mantida dentro de limites próximos da capacidade de campo, onde a energia que as plantas gastam para extrair a água do solo é mínima (Figura 9) (Ramos et al., 2016).

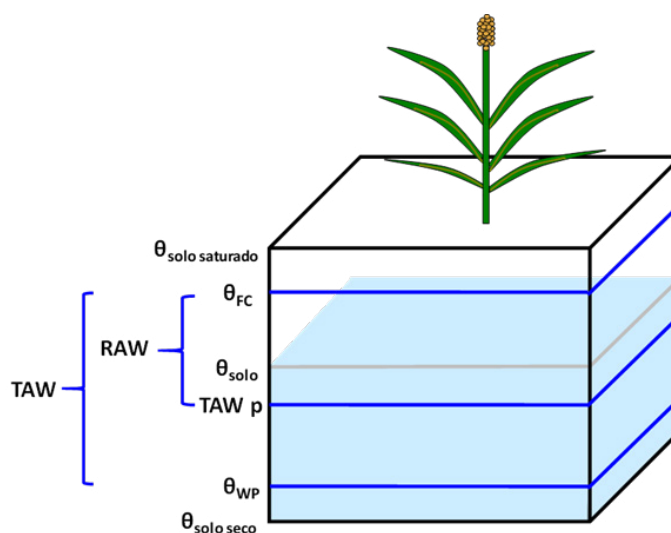


Figura 9 - Água disponível (TAW) e água facilmente disponível (RAW)
Fonte: Ramos et al. 2016

A **água facilmente disponível** (RAW) é, portanto, a água do solo que pode ser rapidamente absorvida pelas raízes das plantas. Esta fração varia consoante o tipo de cultura e é definida pela fração de esgotamento da água do solo em conforto hídrico (p), da seguinte forma:

$$RAW \text{ (mm)} = TAW \text{ (mm)} p \quad (6)$$

A rega pode ser conduzida para uma fração superior ou inferior a **p** conforme os objetivos da gestão da rega. Essa fração pode ser inferior a **p** quando se pretende diminuir o risco de ocorrência de stress ou das incertezas ligadas à gestão da rega. Ao contrário, essa fração pode ser superior a **p** quando se assume intencionalmente a gestão da rega com stress em determinados períodos, ou quando os recursos hídricos disponíveis são insuficientes para que a rega se pratique em conforto hídrico.

Os valores da capacidade de campo, do coeficiente de emurchecimento permanente, da água disponível total e da água facilmente disponível, variam fundamentalmente em função da granulometria (textura), da estrutura, do teor de matéria orgânica do solo e do tipo de argila (Ramos *et al.*, 2016).

O teor de água correspondente à capacidade de campo pode ser determinado **no campo** ou **no laboratório**. No campo, o solo é humedecido até à saturação, sendo a superfície depois coberta com um revestimento impermeável de modo a evitar perdas por evaporação. Posteriormente, são colhidas amostras para se determinar o teor de água do solo e, assim, determinar o momento em que a drenagem termina e a capacidade de campo é atingida.

No laboratório, o método a utilizar para determinação do teor de água correspondente à capacidade de campo dependerá do tipo de solo. Em solos de **textura grosseira**, o método mais apropriado é o das **caixas de areia ou de sucção**. Após saturação, as amostras são colocadas em caixas de areia e sujeitas a uma pressão entre os -60 e -100 cm (-6 e -10 kPa), até que seja atingido o equilíbrio entre a força exercida e o teor de água na amostra.

No caso dos solos de **textura média e fina**, o método mais recomendado é o das **panelas ou placas de pressão**. As amostras são também saturadas, colocadas dentro de uma panela de pressão e sujeitas a uma pressão equivalente de -100 e -330 cm (-10 e -33 kPa), até que o equilíbrio seja também atingido entre o teor de água na amostra e a pressão exercida.

O teor de água correspondente ao coeficiente de emurchecimento permanente é em regra apenas determinado em laboratório. As amostras são colocadas dentro de panelas de pressão e sujeitas a uma pressão equivalente de -15000 cm (-1500 kPa), aproximadamente. É também necessário que seja estabelecido o equilíbrio entre o teor de água na amostra e a pressão exercida.

A Figura 10 exemplifica diferenças entre as curvas de retenção de água de solos de textura arenosa (grosseira), franca (média ou mediana) e argilosa (pesada ou fina). As curvas de retenção de água no solo incluem naturalmente os teores de água correspondentes à capacidade de campo e ao coeficiente de emurchecimento permanente.

Os solos de textura grosseira apresentam uma menor capacidade de retenção de água no solo, ou seja, menores valores para a capacidade de campo e para o coeficiente de emurchecimento permanente e, conseqüentemente, para a água disponível. Por outro lado, os solos de textura pesada apresentam uma maior capacidade de retenção de água, embora apenas parte esteja disponível para as plantas, uma vez que uma fração substancial dessa água fica retida no solo a pressões demasiado elevadas para que as plantas a consigam utilizar. Os solos de textura mediana apresentam, geralmente, a maior diferença entre a capacidade de campo e o coeficiente de emurchecimento permanente, ou seja, uma maior quantidade de água disponível (Figura 10) (Ramos *et al.*, 2016).

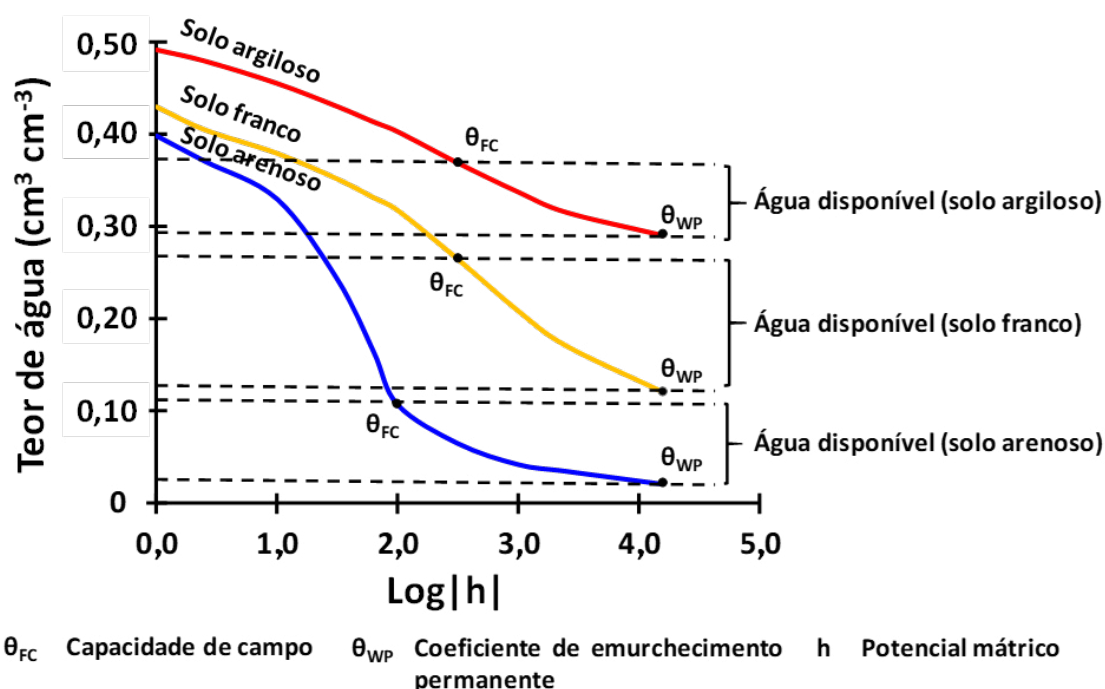


Figura 10 - Diferenças entre curvas de retenção de água, incluindo naturalmente os teores de água correspondentes à capacidade de campo e ao coeficiente de emurchecimento permanente, em solos de textura arenosa, franca e argilosa | Fonte: Ramos et al., 2016.

I.1.3.2.7. A CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO

A **condutividade hidráulica do solo** descreve a velocidade com que a água flui através da matriz do solo devido a variações nos **potenciais gravítico** e de **pressão** da água no solo.

A condutividade hidráulica é uma função do teor de água no solo e é dada pela seguinte expressão:

$$q = - K(\theta) \cdot \text{grad } H \quad (7)$$

onde q é o volume de água escoado por unidade de superfície de solo e por unidade de tempo (q é designado por fluxo ou velocidade de Darcy), $K(\theta)$ é a condutividade hidráulica do meio, correspondente ao teor de água θ , e $\text{grad } H$ é o gradiente (variação) de carga hidráulica. A condutividade hidráulica é, pois, o fator de proporcionalidade entre o fluxo e o gradiente de carga hidráulica na equação de Darcy. Por razões de conveniência na equação do escoamento, a condutividade hidráulica pode também ser expressa em função da pressão efetiva da água no solo, $K(h)$, (equação de Richards), em vez de ser uma função do teor de água $K(\theta)$ (Gonçalves, 1994).

A condutividade hidráulica é maior nos solos saturados do que nos solos não saturados, porque neste último caso só os poros que contêm água é que podem contribuir para o fluxo. A condutividade hidráulica de um poro é proporcional ao quadrado do raio. Assim, os poros maiores cheios de água contribuem mais para o fluxo. Quando um solo começa a secar os poros maiores são os que se esvaziam primeiro. Assim, o valor da condutividade hidráulica decresce rapidamente passando do seu valor máximo à saturação do solo, para valores cada vez menores, dependendo do teor de água do solo.

A característica do solo que mais afeta a condutividade hidráulica é a geometria do espaço

poroso do solo, que é uma função da textura, da estrutura, do teor em matéria orgânica, da porosidade total, da distribuição do tamanho dos poros, da natureza da argila e da tortuosidade do espaço poroso (Gonçalves, 1994).

A maior parte daqueles fatores não se mantêm constantes ao longo do tempo, podendo ser alterados em resultado de atividades microbianas, situações de encharcamento prolongado e ainda pela atividade do homem. A condutividade hidráulica do solo apresenta, pois, uma grande variabilidade temporal e ainda espacial o que não torna fácil a sua determinação.

Existem vários métodos para a determinação laboratorial da condutividade hidráulica. No entanto, não existe um método único que permita determinar toda a curva desde a saturação ao solo seco (Gonçalves, 1994). Têm de utilizar-se várias metodologias para vários troços da curva - exemplo, método da carga constante (Stolte, 1997) para determinação da condutividade hidráulica saturada; método da crosta (Bouma et al., 1983) para determinação da condutividade hidráulica em solo insaturado para pressões efetivas entre 0 e -50 cm de água; método do ar quente (Arya *et al.*, 1975) para determinação da condutividade hidráulica em solo insaturado a pressões efetivas inferiores a -50 cm de água; método da evaporação (Wind, 1968) permite determinar simultaneamente a curva característica de humidade do solo e a condutividade hidráulica em solo insaturado para pressões efetivas entre -20 e -800 cm de água).

A determinação experimental da curva da condutividade hidráulica pode ser feita diretamente a partir da definição (constante de proporcionalidade entre o fluxo e o gradiente hidráulico), medindo o fluxo e o gradiente de pressão efetiva entre dois pontos.

As dificuldades estão na capacidade para impor e medir o gradiente de pressão efetiva e na dimensão máxima da amostra a utilizar. Amostras de maiores dimensões são mais representativas, mas são uma limitação a dispositivos mecânicos para impor o gradiente de pressão. O tamanho da amostra determina ainda o esforço de amostragem (colheita e transporte) (Gonçalves, 1994).

As curvas da condutividade hidráulica e da retenção da água no solo do solo são designadas por **propriedades hidráulicas do solo** e caracterizam o movimento e a retenção da água no solo. Estas propriedades do solo são fundamentais para a quantificação das transferências hídricas na zona insaturada, pois permitem a resolução das equações do escoamento. As propriedades hidráulicas do solo são ambas necessárias como dado de entrada, para aplicação dos modelos de simulação da dinâmica da água e transporte de solutos no solo.

I.1.3.2.8. A INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

A **infiltração da água no solo** é a entrada de água à superfície do solo pela ação conjunta do potencial gravítico e da variação do potencial mátrico.

Depende de vários fatores, nomeadamente, da intensidade e tipo de precipitação (chuva e rega), das propriedades físicas do solo (porosidade, estrutura, textura), do teor de água no solo, do teor de matéria orgânica e ainda da natureza e densidade do coberto vegetal.

A **taxa de infiltração média** é o volume de água que se infiltra, em média, numa unidade de área, num dado intervalo de tempo.

A **infiltrabilidade do solo** é o volume de água que pode atravessar uma unidade de superfície de solo, numa unidade de tempo.

I.1. 3.2.9. A POROSIDADE DO SOLO

A **porosidade do solo** é o espaço livre (poros) entre as partículas minerais e orgânicas do solo, que pode ter diferentes tamanhos e formas, e por onde circula a água e o ar do solo.

A porosidade (**f**) é um índice do volume relativo dos poros no solo, referido ao volume total do solo, e é dada pela seguinte equação:

$$f = \frac{V_f}{V_t} = \frac{V_a + V_w}{V_s + V_a + V_w} \quad (8)$$

Em que V_f é o volume ocupado pelos fluidos.

A porosidade do solo pode ser classificada em (Perdigão, 2019):

- **Porosidade não capilar** em que o diâmetro dos poros é superior a 50 μm (macroporos) e que podem ser esvaziados de água por forças extrativas relativamente fracas.
- **Porosidade capilar** em que o diâmetro dos poros é inferior a 50 μm (microporos) e que retêm a água devido à pressão capilar.

A porosidade total do solo (Θ_s) pode ser avaliada a partir do teor de água no solo saturado.

Outro conceito importante é o de **grau de saturação** (**s**). Muitas vezes apenas chamado "saturação", exprime o volume de água presente no solo em relação ao volume dos poros. Assim:

$$s = \frac{V_w}{V_f} = \frac{V_w}{V_a + V_w} \quad (9)$$

I.1. 3.2.10. OUTRAS PROPRIEDADES DO SOLO

Coesão diz respeito à forma como as partículas do solo se encontram agregadas entre si. Solos leves ou soltos são solos com baixa capacidade de agregação e solos compactos ou fortes são aqueles onde essa agregação é alta (Perdigão, 2019).

Consistência é definida como a reação do solo perante uma deformação ou rutura, devido a forças físicas de coesão e adesão entre partículas, variando com a textura, estrutura e o teor em coloides minerais e orgânicos (Perdigão, 2019).

Existem diversas formas de consistência: a **Tenacidade** ou **Dureza** (no estado seco), a **Friabilidade** (no estado húmido) e a Plasticidade e a **Adesividade** (nos estados muito húmido ou molhado) (Perdigão, 2019).

A **tenacidade** é a resistência que o solo oferece à penetração das alfaías agrícola. É muito

elevada nos solos argilosos por existir uma coesão entre partículas muito grande, porém, nos solos arenosos esta propriedade pouco se faz sentir (Perdigão, 2019).

A **friabilidade** observa-se em solo húmido e é caracterizada pela facilidade com que o solo se parte ou se desfaz (Perdigão, 2019).

Um solo com grande **plasticidade** permite que seja modelado sem que se parta, devido à presença de argila (Perdigão, 2019).

A **adesividade** aumenta com o teor de argila, depende da maior ou menor tendência que o solo apresenta para aderir a objetos e vai influenciar a aptidão em aderir às alfaías e máquinas agrícolas (Perdigão, 2019).

I.1.3.3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO

A caracterização química do solo diz respeito à determinação das propriedades químicas do solo. Fazem-se de seguida referência a algumas propriedades químicas do solo consideradas mais importantes, como sejam:

- pH;
- Matéria orgânica do solo;
- Calcário total;
- Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (ECe);
- Capacidade de troca catiónica (CTC);
- Elementos nutritivos minerais das plantas (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu e B).

I.1.3.3.1. O PH DO SOLO

O pH mede o grau de acidez ou alcalinidade do solo, através da concentração de hidrogeniões (H^+) na sua solução, expressa em gramas por litro. Avalia-se através da escala de pH que varia entre 0 e 14, encontrando-se os valores mais frequentes nos solos entre 4 e 8,5. Valores inferiores a 6,5 indicam a presença de solos ácidos, enquanto valores superiores a 7,5 indicam solos alcalinos. A escala de pH utilizada é a indicada na Tabela 4 (LQARS, 2006).

pH (H_2O)	Designação	
< 4,5	Muito ácido	Ácido
4,6-5,5	Ácido	
5,6-6,5	Pouco ácido	
6,6-7,5	Neutro	Neutro
7,6-8,5	Pouco alcalino	Alcalino
8,6-9,5	Alcalino	
>9,5	Muito alcalino	

Tabela 4 - Reação do solo (Escala de Prato Longo)

I.1.3.3.2. MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

O teor de matéria orgânica do solo é uma determinação que é sempre incluída na análise de terra. Vem expresso em percentagem, ou mais recentemente em g/kg.

A classificação dos teores de matéria orgânica dos solos agrícolas é feita tal como se indica na Tabela 5 (LQARS, 2006).

Percentagem de M. O.		Classificação
Solos textura grosseira	Solos textura média a fina	
< 0,5	< 1,0	Muito baixo
0,6-1,5	1,1-2,0	Baixo
1,6-3,0	2,1-4,0	Médio
3,1-4,5	4,1-6,0	Alto
> 4,5	>6,0	Muito alto

Tabela 5 - Classificação do teor de matéria orgânica no solo

I.1.3.3.3. CALCÁRIO TOTAL

A presença no solo de carbonatos de cálcio e ou de magnésio, confere-lhe algumas características especiais, tendo forte influência na disponibilidade de alguns elementos, dado que o pH destes solos se situa, geralmente, entre 7,5 e 8,5. Teores de carbonatos superiores a 10% na camada superficial do solo condicionam, de forma mais ou menos relevante, a produção de muitas culturas. A sua determinação tem, igualmente, um sentido prático evidente na plantação de culturas plurianuais, tal como a vinha e algumas fruteiras, na medida em que a presença de calcário, especialmente do calcário ativo, condiciona a escolha dos porta-enxertos. Os resultados da determinação do calcário, que assume as formas de total e ativo, são expressos em percentagem (LQARS, 2006).

Na Tabela 6 indica-se a classificação do calcário total no solo.

Calcário total CaCO_3 (%)	Designação
<2,0	Não calcário
2,1-5,0	Pouco calcário
5,1-10,0	Medianamente calcário
10,1-25,0	Calcário
>25,0	Fortemente calcário

Tabela 6 - Classificação do calcário total no solo

I.1.3.3.4. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO DO SOLO

Os indicadores mais utilizados para avaliação dos riscos de salinização/sodização do solo são: (i) a condutividade elétrica (CE), que estima o teor de sais solúveis no solo ou na solução do solo; (ii) a razão de adsorção de sódio (SAR), que avalia a capacidade da solução do solo e da água de rega trocarem sódio com o solo; e (iii) a percentagem de sódio de troca (ESP), que avalia a quantidade de sódio adsorvido no solo relativamente aos outros catiões do complexo de troca, sendo este também o indicador mais relevante para diagnóstico de solos sódicos ou alcalizados (Gonçalves *et al.*, 2015).

As determinações da CE e dos teores de catiões solúveis são realizadas em extratos aquosos do solo, sendo o mais frequentemente utilizado o extrato de saturação (ECe), obtido a partir de uma pasta de solo saturada. O extrato de saturação apresenta as vantagens de ser um método de preparação fácil e reproduzível, e de estar relativamente próximo da gama dos valores de humidade no campo. Em muitos solos, o teor de água da pasta saturada é aproximadamente o **dobro da capacidade de campo** e o **quádruplo do coeficiente de emurchecimento**. Assim, as medições de salinidade no extrato de saturação têm em conta as propriedades de retenção de água do solo em condições de campo, fornecendo uma indicação realista das condições a que as plantas estão sujeitas. No entanto, por razões simplificativas, recorre-se, por vezes, a extratos 1:1, 1:2 ou 1:5 (solo-água) (Brady e Weil, 2008), mas sempre tendo em conta que quer a concentração, quer a composição iónica destes extratos é afetada pela proporção água/solo (Gonçalves *et al.*, 2015).

Uma das classificações dos solos quanto à salinidade utilizada no LQARS encontra-se na Tabela 7.

Classificação do solo	Reação das culturas	Condutividade elétrica ⁽¹⁾ mS/cm a 25° C	
		No extrato de saturação	No extrato 1:2 (solo:água)
Solo sem efeitos salinos	Sem problemas	0-2	<0,40
Solo muito pouco salino	Culturas muito sensíveis aos sais podem ser afetadas	2-4	0,41-0,80
Solo pouco salino	Culturas sensíveis aos sais podem ser afetadas	4-8	0,81-1,60
Solo moderadamente salino	Só culturas tolerantes aos sais atingem produções aceitáveis	8-12	1,61-2,40
Solo fortemente salino	Só culturas muito tolerantes aos sais atingem produções aceitáveis	12-16	2,41

Classificação do solo	Reação das culturas	Condutividade elétrica ⁽¹⁾ mS/cm a 25° C	
		No extrato de saturação	No extrato 1:2 (solo:água)
Solo muito fortemente salino	Só algumas culturas altamente tolerantes aos sais atingem produções aceitáveis	>16	>3,20

Tabela 7 - Classificação dos solos quanto à salinidade e reação das culturas aos sais
Adaptado de Reference Soil Test Methods for the Southern Region of the United States (1983)

(1) A correspondência entre as condutividades nos dois extratos é meramente orientadora, pelo que não deverão tomar-se por equivalentes.

I.1.3.3.5. CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA

As partículas minerais e orgânicas mais finas (respetivamente argila e húmus) do solo apresentam características especiais, de que se salientam assuas propriedades coloidais. Por esta razão, a argila e o húmus são designados, genericamente, por coloides do solo. Os coloides são partículas com superfície específica muito elevada, com a particularidade de apresentarem cargas elétricas à sua superfície, o que lhes permite atrair, reter e trocar elementos que apresentem também cargas elétricas (iões). Dado que as cargas elétricas das argilas e do húmus são, principalmente, de natureza negativa, os iões retidos ou trocados são predominantemente catiões, isto é, aqueles que apresentam cargas elétricas positivas.

O conjunto constituído pelas substâncias coloidais do solo, tanto de natureza mineral (sobretudo argila) como de natureza orgânica (sobretudo húmus), em que se processam fenómenos de troca ou permuta de iões, designa-se, habitualmente, por complexo de troca do solo (LQARS, 2006).

A capacidade máxima que o solo tem de adsorver catiões recebe o nome de **capacidade de troca cationica**. O termo "troca" resulta da possibilidade de os iões poderem ser trocados por outros com cargas elétricas do mesmo sinal: um catião adsorvido, por exemplo o catião K^+ , pode ser trocado por outro catião, como o Na^+ , que se encontre na solução do solo. Este fenómeno ocorre natural e permanentemente, encontrando-se os iões da solução do solo em equilíbrio com aqueles que se encontram adsorvidos à superfície dos coloides (LQARS, 2006). Na maioria dos casos, os iões retidos no complexo de troca são nutrientes minerais para as plantas, como o cálcio, o magnésio e o potássio. A estes três catiões e ao sódio dá-se o nome de catiões de troca. Exprimindo a soma dos catiões de troca em percentagem da capacidade de troca cationica, obtém-se o **grau de saturação do solo em bases**. Se este valor é substancialmente inferior a 100, tal indica que uma parte da capacidade de troca não é ocupada (ou preenchida) por bases, mas sim por hidrogénio (H^+), alumínio (Al^{3+}) e por outros catiões, estando-se na presença de um solo mais ou menos ácido, isto é, com pH baixo. Embora dependente do tipo de argila presente e do teor de matéria orgânica, quanto mais baixo for o grau de saturação menor será o valor do pH. Solos neutros ou ligeiramente alcalinos apresentam, geralmente, um grau de saturação igual ou superior a 90% (LQARS, 2006).

Na Tabela 8 indicam-se as classificações usadas para caracterizar o grau de saturação em bases, a capacidade de troca catiónica e os cátions e troca do solo (LQARS, 2006).

Classificação	GSB (%)	CTC (me/100g)	Cátions de troca (me/100g)			
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Muito baixa	≤20	≤5	≤2.0	≤0.5	<0.1	<0.1
Baixa	21-40	5.1-10.0	2.1-5.0	0.6-1.0	0.1-0.25	0.1-0.25
Média	41-60	10.1-20.0	5.1-10.0	1.1-2.5	0.26-0.50	0.26-0.50
Alta	61-80	20.1-40.0	10.1-20.0	2.6-5.0	0.51-1.0	0.51-1.0
Muito alta	>80	> 40,0	>20.0	>5	>1.0	>1.0

Tabela 8 - Classificação do grau de saturação em bases (GSB), da capacidade de troca catiónica (CTC), e dos cátions de troca do solo

I.1.3.3.6. ELEMENTOS NUTRITIVOS MINERAIS DAS PLANTAS

Os elementos nutritivos das plantas podem encontrar-se no solo em três formas principais:

- **Não assimilável** em que o elemento faz parte de um composto e não pode ser absorvido pelas raízes sem alteração ou decomposição daquele;
- **Permutável ou extraível** em que os iões estão adsorvidos na superfície de partículas da fração mineral sólida ou da fração orgânica do solo, e são, em considerável proporção, assimiláveis pelas plantas;
- **Dissolvida** que é a forma mais facilmente assimilável dos nutrientes, quando estes estão dissolvidos na água do solo (solução do solo).

A capacidade que o solo tem de fornecer nutrientes minerais às plantas é avaliada através da análise de terra, que determina a quantidade de cada nutriente que se encontra disponível (assimilável). Esta quantidade, dissolvida e extraível, representa, normalmente, uma fração muito pequena da quantidade total do nutriente que existe no solo.

Apresentam-se, seguidamente, apenas as classificações do teor de azoto total do solo e dos teores de fósforo e potássio assimiláveis no solo. Para mais detalhes sobre este tema recomenda-se a consulta do Manual de Fertilização das Culturas (LQARS, 2006).

Na Tabela 9 indica-se a classificação do teor de azoto total do solo.

Ntotal (g N/Kg solo)	Classificação
< 0,5	Baixo
0,5-1,0	Médio
> 1,0	Alto

Tabela 9 - Classificação do teor de azoto total (kjeldahl) do solo | Fonte: Alves e Cardoso (1967)

Na Tabela 10, indica-se a classificação dos teores do solo em fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) assimiláveis (LQARS, 2006).

Teores de P_2O_5 e de K_2O assimiláveis ($mg\ kg^{-1}$)	Classes de fertilidade
< 25	Muito baixa
26-50	Baixa
51-100	Média
101-200	Alta
>200	Muito alta

Tabela 10 - Classificação dos teores do solo em fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) assimiláveis*
*Método de extração Egner-Riehm modificado – Lactato de amónio + ácido acético

I.1.4. CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

Os principais objetivos da classificação do solo são:

- Sintetizar os conhecimentos acerca dos solos;
- Ajudar a memorizar as suas características mais significantes;
- Realçar as relações entre solos e entre estes e o seu meio ambiente;
- Desenvolver previsões do comportamento dos solos e das respostas à sua utilização;
- Proporcionar bases para a introdução das unidades taxonómicas a diferentes níveis hierárquicos.

Em Portugal os solos podem ser classificados segundo duas nomenclaturas: **a classificação Portuguesa** (Cardoso, 1965) ou, mais recentemente, **a classificação da WRB** – “World Reference Base for Soil Resources” (WRB, 2015).

A **Classificação Portuguesa** baseou-se nos conceitos da Soil Taxonomy (USDA), procurando transferir, para as características do perfil, o que subjetivamente estava ligado a fatores que lhe eram exteriores.

As categorias taxonómicas consideradas são:

- Ordens (10)
- Subordens (19)
- Grupos (27)
- Subgrupos (62)
- Famílias (240)

- Séries
- Fases

Estas categorias assentam em características cuja presença ou ausência reflete a diferenciação do perfil ou a natureza dos processos de formação do solo.

A **Classificação da WRB** (<https://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>) baseia-se em:

- Horizontes de diagnóstico - é um horizonte do solo que combina um conjunto de propriedades que são usadas para a identificação de unidades-solo.
- Propriedades do solo (físicas, químicas, geométricas).
- Materiais (orgânicos, calcários,...).
- Os parâmetros climáticos são apenas utilizados para fins de interpretação, em combinação dinâmica com as propriedades do solo.

O Sistema WRB compreende 2 níveis de categorias:

- A Base de Referência, com 32 RSGs (Grupos de Solos de Referência)
- A combinação dos RSG com os atributos (prefixos e sufixos), discriminando as propriedades dos RSG através da agregação de um conjunto de atributos (qualificadores) a eles associados.

O Sistema WRB não pretende substituir os sistemas nacionais de classificação do solo mas, apenas, servir como denominador comum para comunicação a um nível internacional.

I.1.5. CAPACIDADE DE USO DO SOLO

As Cartas de Capacidade de Uso do Solo classificam a aptidão dos solos para uso agrícola. A classificação está dividida em cinco classes e é representada pelas letras **A**, **B**, **C**, **D** e **E** (Tabela 11) (ESAV, 2019). Existem, para além das cinco classes mencionadas, o Horizonte **O**, onde predomina matéria orgânica e a Camada **R**, constituída pela rocha-mãe (Lourenço, 2012).

Classe A	Agricultura Intensiva. Poucas ou nenhuma limitações. Constituída por solos espessos, planos, sem riscos de erosão, ricos em nutrientes.
Classe B	Agricultura Moderadamente Intensiva. Limitações moderadas. Riscos de erosão moderados.
Classe C	Agricultura Pouco Intensiva. Limitações severas. Riscos de erosão elevados.
Classe D	Pastagens, Matos, Florestas. Limitações severas. Riscos de erosão elevados.
Classe E	Vegetação Natural, Floresta de Proteção ou sem qualquer utilização.

Tabela 11 - Classes de capacidade de uso do solo | Fonte: ESAV, 2019

I.1.6. GESTÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

Neste ponto vão referir-se conceitos sobre a fertilidade do solo e definir-se práticas agrícolas, consideradas relevantes para melhorar as propriedades do solo e, consequentemente, a fertilidade do solo.

I.1.6.1. A FERTILIDADE DO SOLO

A **fertilidade do solo** é a aptidão para produzir, em consonância com o clima, condições propícias ao desenvolvimento de plantas e animais no solo, e mede-se pela abundância e qualidade das colheitas e pela sua sustentabilidade a longo prazo (Figura 11), (Amaral, 2015).

A fertilidade do solo pode ser favorecida quando se aplicam as técnicas agrícolas mais adequadas às características do solo:

- i) **Fertilidade física** - boa permeabilidade ao ar, à água e às raízes
- ii) **Fertilidade química** - boa capacidade de retenção dos nutrientes e da água
- iii) **Fertilidade biológica** - boa atividade biológica – desde as bactérias fixadoras de azoto atmosférico, até às micorrizas.

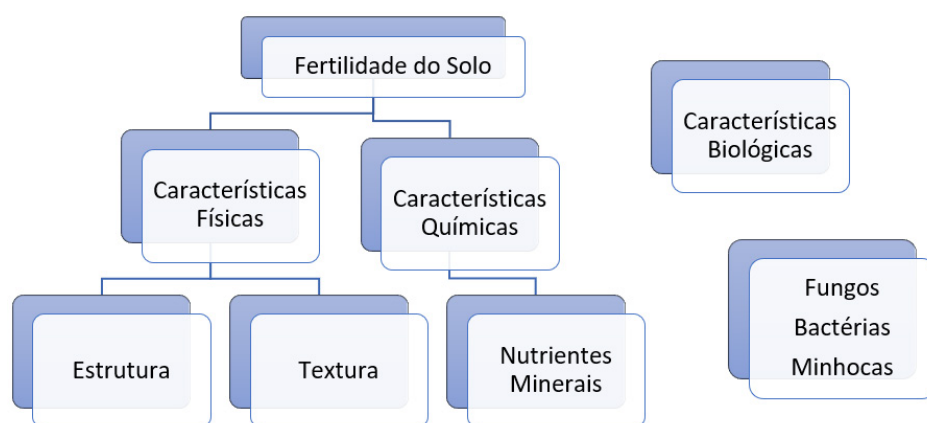


Figura 11 - Esquema ilustrativo da fertilidade do solo segundo as suas características | Fonte: Amaral, 2015

A **fertilização** deve ter como objetivo principal a manutenção ou a melhoria da fertilidade do solo, não devendo limitar-se à restituição da perda de nutrientes, quer sejam estes removidos pelas colheitas, quer por práticas agrícolas inadequadas, mas também **melhorar** as propriedades físicas químicas e biológicas do solo, nomeadamente:

1) Propriedades físicas

A textura e estrutura, das quais dependem a circulação do ar e da água, assim como a retenção desta. A textura dificilmente pode ser modificada (exceto em áreas pequenas), por outro lado, a melhoria da estrutura pode ser conseguida através de vários procedimentos:

- Trabalho do solo em período favorável e com instrumentos apropriados;
- Introdução de prados nas rotações, nomeadamente de pastagens biodiversas;
- Manutenção à superfície /incorporação dos resíduos das culturas;

- Recurso aos princípios da mobilização mínima.

2) Propriedades químicas

- Corrigir a reação do solo de forma a promover uma maior disponibilidade de nutrientes, podendo diminuir, simultaneamente, a de elementos fitotóxicos;
- Adicionar os nutrientes necessários à obtenção de maiores e melhores produções.

3) Propriedades biológicas

- Estimular a sua aptidão para decompor a matéria orgânica e para manter associações saudáveis com a planta, mantendo um meio suficientemente arejado, próximo da neutralidade, com a humidade e temperatura necessárias;
- Promover a existência de níveis mais adequados de matéria orgânica no solo, proporcionando condições para que esta exerça uma influência positiva, incluindo a de desenvolvimento de microrganismos não patogêneos benéficos para a cultura.

Em resumo, existem alguns **princípios básicos que contribuem para a melhoria geral das propriedades do solo**, nomeadamente:

- A regularização da humidade do solo através da drenagem e de uma rigorosa gestão da rega, a fim de economizar água, evitando a sua perda bem como a de nutrientes;
- A correção da reação do solo e ou dos seus teores de matéria orgânica, estabilizando a estrutura e proporcionando um meio favorável à atividade biológica;
- O trabalho do solo em tempo oportuno e com maquinaria apropriada (estando o solo com um teor de água próximo da capacidade de campo, ou precedido de medidas contra um eventual excesso de água) e considerando sempre os princípios de mobilização mínima;
- Uma cuidada escolha da cultura e das operações culturais a ela associadas, nomeadamente as que dizem respeito ao uso de agroquímicos e à necessidade de mobilização de solo.

I.1.6.2. ALGUMAS PRÁTICAS PARA A MANUTENÇÃO E MELHORIA DA FERTILIDADE DO SOLO

Vão passar a descrever-se algumas práticas agrícolas consideradas importantes, e seus benefícios, para a manutenção e melhoria da fertilidade do solo.

a) Rotações de culturas:

Consiste numa sucessão de culturas no tempo, segundo uma determinada ordem e que se repete de forma cíclica.

A importância de se fazerem rotações na exploração agrícola deve-se a:

- Aumento da fertilidade dos solos, se nelas estiverem soluções de sideração e/ou

de pousio e terão de estar associadas a adequados planos de fertilização;

- Melhoria da fertilização das culturas, a alternância de culturas leva a que sejam exploradas em profundidade, diferentes zonas do solo, por raízes com diferentes características;
- Diminuição de pragas e doenças, através da alternância de culturas com características diferentes.
- Redução de infestantes
- Preservação dos solos da erosão, com especial atenção aos que apresentam maior declive, através da plantação ou preservação de sebes a meia encosta; trabalhando o solo paralelamente às curvas de nível; solo coberto no inverno por prado ou adubos verdes; melhorando a estabilidade através de sistematização do terreno; evitando culturas herbáceas em monocultura.

Para fazer a escolha das rotações culturais, deverão ser seguidas as seguintes recomendações:

- Incluir culturas que mantenham o solo revestido durante a época das chuvas;
- Em terrenos declivosos, com risco de erosão elevado, a uma cultura sachada deve seguir-se uma pastagem semeada à base de leguminosas, que disponibiliza alimento para o gado e serve de coberto vegetal protetor do solo durante a época das chuvas;
- Ter em consideração as aplicações de produtos fitofarmacêuticos (herbicidas ou outros) que se efetuaram nas culturas anteriores para prevenir efeitos de fitotoxicidade nas culturas da rotação provocados pela presença de resíduos desses produtos no solo.

b) Sideração ou Adubação verde

i) O que é a adubação verde?

É o processo de fertilização do solo que consiste no enterramento de plantas herbáceas, maioritariamente leguminosas, semeadas em estreme ou em consociação com espécies de outras famílias (ex: gramíneas e brássicas) propositadamente para o efeito;

É um processo ativo de enriquecimento do solo ao nível nutricional, orgânico e microbiológico;

ii) Quais os benefícios para a fertilidade do solo?

• Aumento de azoto(nitrogénio) no solo:

- Nas raízes das plantas leguminosas (ex: trevo, ervilhaca, tremçoço, tremocilha) formam-se nódulos como resultado da interação de algumas bactérias do solo, vulgarmente conhecidas por rizóbios, com a raiz, no que resulta, o fornecimento de azoto (NO_3) à planta e de carboidratos da planta para a bactéria;

- **Extração de nutrientes retidos nas partículas do solo:**

- As raízes das plantas, pela sua ação biológica (do crescimento, engrossamento, exsudação, etc.) promovem a solubilização de nutrientes,
- Acidificação da zona da rizosfera;
- Solubilização de nutrientes pouco solúveis:
- Solos ácidos: quelatização do Fe e do Al e libertação do P;
- Acidificação local: fornecendo H^+ sobre $Ca_3(PO_4)_2$ formação de $H_2PO_4^-$;

- **Aceleração da mineralização de húmus estável:**

- Libertação de nutrientes na camada arável;
- O húmus tem sempre na sua composição cerca de 5% de N;

- **Fornecimento de matéria orgânica:**

Após a sideração ocorrem dois processos opostos:

- Estímulo da atividade dos micróbios e da mineralização do húmus existente (empobrecimento);
- Formação de compostos pré-húmicos a partir do próprio adubo verde (enriquecimento);

- **Melhoria da estrutura do solo:**

- As raízes aprumadas, pivotantes ou axiais das plantas podem provocar fissuras (abertura de fendas) em solos compactos (ex: nabo, rábano forrageiro);
- As plantas com raízes fasciculadas promovem uma boa agregação do solo (ex: azevém, aveia);

- **Redução da lixiviação de nutrientes:**

- Libertação de nutrientes na camada arável;
- Exsudações radiculares em grande quantidade e a atividade dos microrganismos da rizosfera granulam o solo;
- Substâncias pré-húmicas da decomposição das plantas agregam as partículas do solo;

- **Proteção contra a erosão:**

- O coberto vegetal protege o solo à superfície contra a ação, do vento, do sol e da água;
- Melhora a infiltração da água;

- Melhora a fixação do raizame ao solo;
- Protege contra a desidratação do solo;
- **Aumento da atividade biológica do solo:**
 - Compostos libertados para o solo (constituídos essencialmente por aminoácidos, açúcares, ácidos orgânicos), estimulam a atividade biológica;
- **Aumento da biodiversidade do solo (micro e macrofauna) designadamente:**
 - Aumento da proliferação de microrganismos (bactérias e fungos) que são responsáveis pela degradação dos restos de culturas, designadamente bactérias heterotróficas (aeróbicas e anaeróbicas de vida livre) que na sua maioria decompõem, humificam e mineralizam;
 - Favorecimento de microrganismos que realizam o controlo natural de outros organismos prejudiciais às plantas, como os causadores de doenças;
 - Aumento de determinados géneros de bactérias, com funções importantes, como por exemplo: *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* (aeróbicas) consideradas como nitrificantes, *Azotobacter* (aeróbicas) e *Clostridium* (anaeróbicas) consideradas fixadoras de azoto de vida livre;
 - Aumento de pequenos artrópodes (como colêmbolos) e de anelídeos;
- **Aumento de sinergias (simbioses):**
 - Simbioses entre leguminosas e *Rhizobium*;
 - Simbioses entre leguminosas e/ou gramíneas e Micorrizas (fungos);
- **Melhoria da decomposição do restolho mais fibroso do solo:**
 - As palhas têm uma relação carbono/azoto elevada, e por isso, uma decomposição lenta e pode provocar carência azotada nas plantas;
 - Os *Adubos verdes* fornecem aos micróbios açúcares solúveis (e outros compostos) e azoto que as palhas não têm;
 - *Adubos verdes* mais ricos em leguminosas incorporados no início da floração favorecem a redução da relação C/N (via mineralização mais ativa);
 - *Adubos verdes* mais ricos em gramíneas incorporados no final da floração favorecem o aumento da relação carbono/azoto (via humificação mais ativa);
- **Controlo de infestantes:**
 - O coberto vegetal instalado reduz a população infestante por competição (ex: nabo, aveia, azevém, erva-do-Sudão, facélia);
- **Controlo de pragas e doenças:**
 - Algumas plantas instaladas para *adubação verde* podem ajudar na redução e/ou

eliminação de pragas e doenças (ex: tagetes para controlo de nemátodes; nabo para controlo de fungos e de nemátodes).

Em resumo, a sideração tem vários interesses para o solo:

- i) De ordem física: proteção contra a erosão, melhoria da estrutura;
- ii) De ordem química: retenção dos nutrientes, fixação do azoto atmosférico;
- iii) De ordem biológica: Aumento da atividade biológica;
- iv) De ordem fitossanitária:
 - No combate às doenças;
 - No combate às pragas;
 - No combate às infestantes.

As espécies a escolher como adubo verde, devem ter as seguintes características:

- Plantas de ciclo rápido;
- Fornecer bastante matéria orgânica;
- Possuir uma relação carbono/azoto adequada;
- Serem fixadoras de azoto (leguminosas), para enriquecimento do solo;
- Terem capacidade de reduzir o desenvolvimento de infestantes;
- Possuírem capacidade para formarem micorrizas.

I.1.7. FATORES QUE INFLUENCIAM A FERTILIDADE DO SOLO - PRINCIPAIS AMEAÇAS AO SOLO

Cada solo tem as suas características físicas, químicas e biológicas, como já foi referido em pontos anteriores, podendo disponibilizar mais ou menos nutrientes e condições de desenvolvimento às culturas. Algumas das características do solo podem ser controladas ou melhoradas, mas, existem outras, em que tal não é possível em condições normais e/ou a custos comportáveis. O aumento da população associado às necessidades crescentes da produção alimentar e à escassez dos recursos naturais, tem provocado uma enorme pressão nestes últimos, onde o solo se inclui, promovendo uma aceleração **na sua degradação**, através de práticas de gestão por vezes não adequadas.

A **degradação do solo** impede que o solo desempenhe as suas múltiplas funções e serviços de que beneficiam os homens e os ecossistemas. Tem um impacto direto na qualidade da água e do ar, na biodiversidade e nas alterações climáticas. Pode ainda prejudicar a saúde dos cidadãos e ameaçar a segurança dos alimentos para consumo humano e animal. É um processo grave na Europa, provocado ou acentuado por atividades humanas como práticas agrícolas e silvícolas inadequadas, atividades industriais, turismo e crescimento das zonas

urbanas e industriais. Como resultado pode ocorrer uma diminuição da fertilidade do solo, do carbono e da biodiversidade, uma menor capacidade de retenção da água, a interrupção do ciclo gasoso e do ciclo dos nutrientes e uma degradação reduzida dos contaminantes. Os processos de degradação do solo são interdependentes e podem resultar na perda de uma ou várias funções do solo, sendo uma das principais causas de **desertificação** nos países do Sul da Europa, nomeadamente devido à erosão e ao declínio da matéria orgânica do solo.

Os principais processos de degradação do solo já foram referidos no capítulo I.1, destacando de seguida a erosão, a compactação, a salinização, a perda de nutrientes e o declínio da matéria orgânica como os mais importantes para as atividades agrícolas.

i) **Erosão do solo**, é um processo sequencial resultante do destacamento e transporte de partículas do solo, por agentes designados de erosivos (água, vento), resultando na diminuição da espessura do solo e na perda da sua fertilidade. Distinguem-se dois tipos de erosão: a hídrica (provocada pela água) e a eólica (provocada pelo vento). A erosão do solo é um processo natural, tornando-se uma ameaça quando a sua taxa é superior à taxa de formação do solo e quando é acelerada devido à atividade humana, nomeadamente pela atividade agrícola, como consequência da aplicação de práticas culturais incorretas tais como:

- Solo desprotegido de vegetação durante o período das chuvas;
- Mobilizações do solo não efetuadas segundo as curvas de nível;
- Uso de métodos de rega inadequados às condições do terreno e má gestão da água da rega;
- Conversão dos solos pobres e declivosos sem aptidão para a agricultura em solos agrícolas;
- Desmatamento, e desflorestação, pela remoção do coberto vegetal;

Além da importância da perda de solo, os sedimentos erodidos podem ainda transportar substâncias adsorvidas, nomeadamente o fósforo, que criam frequentemente problemas de qualidade das águas superficiais em rios e albufeiras devido ao **processo de eutrofização**. Este processo é causado pelo excesso de nutrientes (fundamentalmente azoto e fósforo) numa massa de água, provocando um aumento excessivo da biomassa, com consequente diminuição do oxigénio dissolvido, e provocando a morte e consequente decomposição de muitos organismos.

Devido à taxa muito lenta de formação do solo, qualquer perda de solo de mais de 1 a 2 t/ha/ano pode ser considerado como irreversível dentro de um intervalo de tempo de 50-100 anos (Huber *et al.*, 2007).

ii) **Compactação do solo** resulta geralmente de utilização de maquinaria pesada na mobilização do solo, ou de execução de operações culturais, especialmente quando o solo apresenta condições de humidade inadequadas (com um teor de água superior ao da capacidade de campo). Pode ainda ser resultado do sobre pastoreio ou de pulverização excessiva do solo devida a operações inadequadas de mobilização do solo. A compactação diminui a porosidade do solo, com consequências negativas na retenção da água, na infiltração e na condutividade hidráulica do solo. Como resultado,

os solos retêm menos água e tornam-se menos permeáveis, o que além de não ser favorável às culturas, aumenta o risco de escoamento superficial, ficando mais expostos aos processos de erosão.

iii) **Salinização do solo**, é um processo de degradação que conduz ao aumento da concentração da solução do solo em sais solúveis (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) para níveis prejudiciais às plantas. Se o íon Na^+ , sozinho ou em combinação com o Mg^{2+} , ganhar preponderância no complexo de troca do solo, o processo de degradação é designado por **Sodização**, podendo causar a perda de uma ou mais funções do solo. O sódio tem um efeito negativo nas propriedades do solo e no crescimento das plantas (por exemplo: a dispersão das argilas, provocada por teores elevados de sódio, degrada a estrutura do solo com diminuição da porosidade, da infiltração, da condutividade hidráulica e da retenção da água no solo podendo conduzir a um aumento da erosão). A dinâmica do sódio está associada à dinâmica dos outros catiões, nomeadamente do cálcio e do magnésio.

A acumulação de sais no solo está ligada à existência de uma fonte de sais, a uma evapotranspiração alimentada por água rica em sais e à insuficiência de precipitação e/ou de drenagem que permitam a lixiviação dos sais. Algumas das causas são naturais (**salinização primária**) outras resultam da intervenção humana (**salinização secundária**).

As **causas naturais** mais comuns são:

- Presença de toalhas de água de origem marinha e/ou ação direta das marés em regiões costeiras;
- Presença de toalhas freáticas ricas em sais provenientes da meteorização das rochas;
- Deposição de sais marinhos transportados pelo vento;
- Repasses: transferência de água salina para zonas de menor cota com drenagem limitada.

As **causas mais comuns induzidas pelo homem** são:

- Uso de solos impróprios ou mal adaptados para a prática do regadio (pouco permeáveis e sem sistema de drenagem);
- Rega com água rica em sais;
- Má condução da rega (dotações de rega desadequadas, distribuição desigual da água);
- Subida da toalha freática (excesso de rega ou infiltração de água a partir de reservatórios/canais de rega);
- Uso intensivo de fertilizantes (adubos ou corretivos), particularmente em condições de limitada lixiviação;
- Contaminação do solo com águas residuais ou produtos salinos de origem industrial.

Nas zonas regadas em que prevalecem as temperaturas elevadas, luminosidade forte,

grande insolação e reduzida precipitação, como se verificam nos verões do interior do País, pode ocorrer a evaporação e a deposição de sais à superfície do solo, nomeadamente se água não é de boa qualidade, e, por consequência, podem surgir efeitos prejudiciais às culturas, quer por efeitos tóxicos específicos quer pela elevada pressão osmótica da solução do solo, que reduz a capacidade das plantas para extrair água do solo (Figura 12).



Figura 12 – Deposição de sais à superfície do solo resultante da rega com água rica em sais

Os principais Indicadores dos riscos de salinização/sodização do solo são a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (ECe), a razão de adsorção de sódio (SAR) e a percentagem de sódio de troca (ESP) já mencionados no subcapítulo I.1.3.3.4.

Este processo de degradação do solo não é ainda de primordial importância em Portugal, onde está limitado às zonas costeiras afetadas pelas marés (sapais) e a algumas áreas regadas no Sul do País. Contudo, o aumento da área regada e as perspectivas de alterações climáticas para as próximas décadas, nomeadamente o aumento das temperaturas, e da irregularidade da precipitação, podem levar a um acréscimo da área afetada por salinização e a uma crescente degradação dos solos.

iv) Perda de nutrientes do solo, uma aplicação deficitária ou excessiva de fertilizantes, nomeadamente de nutrientes como o azoto e o fósforo, com efeitos mais pronunciados na produtividade das culturas, pode conduzir à degradação do solo e contaminação do meio ambiente por via do seu arrastamento pelas águas de escoamento superficial e nas águas de percolação, contribuindo para a poluição das águas superficiais e das águas subterrâneas.

Um dos fatores que dá origem à diminuição de nutrientes no solo é o menor cuidado nas fertilizações que, não levando em conta a relação entre as existências no solo e as necessidades da cultura, podem provocar um maior consumo das reservas de nutrientes do solo, podendo levar a situações de muito difícil inversão. As perdas de nitratos e de fósforo do solo dependem da quantidade, tipo, épocas e técnicas de aplicação dos fertilizantes que os contêm, da intensidade e distribuição das chuvas, bem como do tipo de mobilização do solo, da cultura e da gestão dos resíduos da cultura ou do revestimento vegetal da entrelinha.

A redução das perdas de nutrientes do solo e dos riscos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas depende, em grande parte, do sistema de mobilização

do solo, devendo privilegiar-se, sempre que possível, os sistemas alternativos ao da mobilização tradicional, ou seja, a mobilização reduzida (ou mínima) ou nula. As áreas de maior risco de poluição ambiental com nitratos e/ou fósforo de origem agrícola são aquelas em que se verifica, pelo menos, uma das seguintes condições: presença de solos de textura ligeira, com grande permeabilidade, com baixo poder de retenção para a água e nutrientes; ocorrência de lençol freático relativamente superficial. Em terrenos declivosos, deve ser prestada atenção especial à aplicação de fertilizantes contendo estes dois nutrientes, devido ao risco de escoamento superficial, o qual depende de vários fatores, sobretudo do declive do terreno, das características do solo, em especial da sua permeabilidade à água, do sistema de mobilização e, naturalmente, da intensidade e distribuição das chuvas. O risco de perdas destes nutrientes nas águas de escoamento é especialmente elevado quando, logo após a aplicação dos fertilizantes à superfície do solo, ocorram chuvas intensas. É desejável, pois, nestas situações, a sua aplicação por fertirrega (gota a gota), mas evitando-se o período em que ocorre maior precipitação, que é, tradicionalmente, o outono-inverno.

- v) **Declínio da matéria orgânica no solo**, a matéria orgânica (M.O.) é uma componente muito importante do solo devido à sua influência na estrutura e estabilidade do solo, retenção da água, capacidade de troca catiónica, ecologia e biodiversidade do solo e ainda como fonte de nutrientes para as plantas. Uma das causas da redução de matéria orgânica é a prática de lavouras intensas na camada superficial do solo, que aceleram a sua mineralização (também com consequente perda de CO_2 para a atmosfera e o aumento de concentração de iões NO_3 suscetíveis de serem lixiviados). A perda de matéria orgânica está intimamente associada aos microorganismos do solo, cuja atividade aumenta com a temperatura. Ela é por isso potencialmente mais elevada nos países mediterrânicos, onde as práticas agrícolas devem ter este risco em consideração. Como consequência da perda de M.O., há uma diminuição da capacidade de retenção de água e dos nutrientes no solo e consequentemente da produtividade das culturas. A redução da matéria orgânica provoca ainda uma potencial incapacidade do solo em resistir à deterioração provocada por outros processos, tais como a erosão e a compactação. Sendo o carbono (C) o nutriente que existe em maior quantidade na matéria orgânica (**cerca de 58%**), a redução desta provoca uma diminuição numa base energética necessária à sobrevivência de toda a comunidade viva do solo.

Como a matéria orgânica está associada à **biodiversidade**, a sua redução causa efeitos destrutivos na função deste complexo vivo que, através do seu metabolismo, transforma materiais de diferentes características e dimensões em minerais disponíveis para as culturas e contribui para a formação de material húmico, com importância determinante na agregação das partículas e estabilidade estrutural.

A diminuição do teor de matéria orgânica do solo constitui um indicador relevante da perda de qualidade do solo.

Huber et al. (2007) referem que o “teor em carbono orgânico na camada superficial do solo” é o indicador mais usado para avaliar o declínio da matéria orgânica, devendo ser medido com uma frequência de 10 anos. Na determinação deste indicador não pode ser esquecido que, para além da **determinação do teor de carbono orgânico no solo**, é indispensável a determinação da massa volúmica aparente do solo, que é necessária para a avaliação da quantidade de carbono existente numa determinada espessura de solo e por unidade de área.

I.1.8. GESTÃO SUSTENTÁVEL DO SOLO - BOAS PRÁTICAS

Uma apropriada gestão do solo é essencial para o controlo dos processos de degradação e, conseqüentemente, para a proteção e conservação do solo. Qualquer que seja o sistema de uso do solo, este deve ser gerido de modo a manter ou a aumentar a sua qualidade.

Apenas o controlo continuado dos processos físicos, químicos e biológicos no solo permitirá identificar o(s) sistema(s) apropriado(s) de gestão deste recurso natural, pelo que é fundamental a **implementação de sistemas de monitorização** das propriedades e indicadores do solo, com a participação efetiva dos potenciais utilizadores e das comunidades locais. Os resultados destas atividades devem dar suporte a ações de sensibilização pública e educação para fomentar a compreensão dos sistemas de uso adequados com o controlo da degradação do solo e do processo de desertificação das regiões mais sensíveis. O uso sustentado dos solos agrícolas, através da utilização de boas práticas, permite reduzir ou minimizar o impacto das atividades agrícolas sobre a fertilidade do solo.

O solo é o principal fornecedor de nutrientes e de água às plantas. Para preservar e melhorar a fertilidade do solo é preciso usar técnicas culturais que tenham efeito direto sobre as suas características, tais como:

a) Enriquecer o solo em matéria orgânica.

As principais vantagens são:

- i) Melhorar a estrutura do solo, levando à formação de agregados mais estáveis que facilitam uma boa circulação da água e do ar no solo, bem como a penetração das raízes, e diminuem os riscos de erosão;
- ii) Aumentar a capacidade de retenção da água no solo, tornando-o menos sensível à secura, o que é particularmente importante em solos de textura ligeira;
- iii) Constituir uma fonte de azoto, de enxofre e de outros nutrientes para as plantas e melhora a capacidade de retenção daqueles no solo;
- iv) Aumentar a capacidade de fixação de certos elementos tóxicos para as plantas que, assim, os absorvem em menores quantidades;
- v) Servir de suporte à atividade biológica do solo que é assegurada pela fauna e um grande número de microrganismos que fazem do solo um meio vivo;
- vi) Contribuir para a fixação de dióxido de carbono (CO₂), reduzindo a sua concentração na atmosfera;

b) Fertilizar racionalmente as culturas, significa fazer uma fertilização racional das culturas, isto é aplicar ao solo ou à planta, nas épocas mais apropriadas e sob as formas mais adequadas, os nutrientes que não se encontram disponíveis no solo, em quantidade suficiente para obter uma boa colheita. Tal objetivo é normalmente atingido através de três meios:

- i) **Aplicação dos nutrientes** através de adubos ou corretivos, de forma a satisfazer as necessidades da cultura, tendo como referência uma produção realisticamente esperada;

ii) **Correção da reação do solo**, pois em solos muito ácidos é frequente as plantas apresentarem sintomas de toxicidade ou de carência em elementos nutritivos. Nestes solos existe um elevado risco de as culturas absorverem em excesso os metais pesados, devido à sua elevada biodisponibilidade, incorporados aqueles através de adubos ou de corretivos orgânicos, originando problemas de toxicidade.

A correção do excesso de acidez da terra é efetuada através da aplicação de corretivos alcalinizantes, geralmente minerais, ou seja, através da aplicação de um corretivo que permita a subida dos valores do pH do solo. **A diminuição do pH do solo**, pelo contrário, é uma prática muito menos frequente por não ser, na maior parte dos casos, economicamente viável;

iii) **Aplicação de fertilizantes orgânicos** numa perspetiva integrada de fertilização, já que, com a dupla função de corretivo e fornecedor, ao mesmo tempo, de elementos nutritivos para a cultura, é meio de sustento para a atividade metabólica da flora e da fauna (macro, meso e micro) do solo e é um fator fundamental para aumentar a capacidade de retenção de elementos nutricionais. Acresce que em situações de toxicidade de alguns elementos para as culturas, como é por exemplo o caso do cobre, a matéria orgânica assim veiculada pode dar um importante contributo para atenuar, quiçá eliminar, tal efeito.

c) **Mobilização reduzida ou nula no solo**. Um solo compactado tem, em geral, uma massa volúmica aparente elevada, um arejamento deficiente, menor disponibilidade dos nutrientes, uma baixa capacidade de água utilizável, infiltrabilidade e permeabilidade baixas, que dificultam a circulação da água e o desenvolvimento das raízes. Para minimizar a compactação, deve-se:

- i) Evitar a passagem de máquinas em solo com excesso de água;
- ii) Evitar mobilizações do solo, sobretudo durante o outono;
- iii) Preferir a utilização de e/ou outras alfaías que não promovam o reviramento dos perfis de solo;
- iv) Recorrer a técnicas de sementeira direta sempre que haja experiência local com bons resultados;
- v) Execute as mobilizações do solo e a sementeira aproximando-se da orientação das curvas de nível, o que é tanto mais importante quanto mais acentuada a inclinação do terreno;
- vi) Adaptar as técnicas culturais e orientação das mobilizações ao funcionamento dos sistemas de rega usados para diminuir o escoamento superficial da água.
- vii) Sempre que possível, realizar mais do que uma operação cultural numa mesma passagem.

d) **Recuperação dos solos salinos/sódicos** engloba, em geral, dois processos: a lixiviação ou lavagem dos sais solúveis, no caso dos solos salinos, e a substituição do Na^+ de troca por Ca^{2+} de troca, para os solos sódicos, através da adição de corretivos cálcicos, como, por exemplo, o gesso. A lixiviação dos sais solúveis é, em geral, acompanhada

da lixiviação de elementos nutritivos, nomeadamente nitratos, podendo ser necessário tomar medidas para restaurar a fertilidade do solo.

e) Distribuição adequada das culturas é a base para evitar a erosão. Ter presente que:

- i) Culturas anuais que exigem mobilizações periódicas devem ocupar de preferência as áreas planas ou pouco declivosas, como os cereais, e nunca devem ser feitas nos terrenos declivosos;
- ii) As culturas de larga duração, como as forrageiras em prados temporários ou permanentes, são uma boa defesa contra a erosão;
- iii) Culturas perenes (olivais, vinha, pomares), manter uma cobertura permanente do solo com vegetação espontânea ou semeada, cortada regularmente é o que se pretende e se designa por **enrelvamento do solo**¹. Quando esta prática implica riscos de incêndio, pode fazer-se uma gradagem superficial em maio/junho, de modo a misturar a erva com a terra;
- iv) Nas **explorações com gado**, os solos de meia encosta devem ser ocupados com pastagens semeadas, ou pastagens naturais melhoradas, destinadas a pastoreio direto ou ao corte para silagem;
- v) Os **terrenos de maior declive**, geralmente delgados e sujeitos a processos de erosão acelerados, devem ser, predominantemente, **destinados à silvo-pastorícia** e, se tal for caso, à **floresta ou vegetação** natural.
- f) Efetuar sempre uma rega consciente sem necessidades de proceder a processos de **drenagem do solo**², isto é evidenciar o papel da boa gestão da água de rega na minimização do seu desperdício.
- g) **Utilização correta de produtos fitofarmacêuticos**. A aplicação de produtos fitofarmacêuticos deverá processar-se de modo a **evitar a contaminação do solo** para não afetar significativamente os macro e micro-organismos responsáveis pela sua fertilidade. A proteção das culturas deve seguir os princípios da Boa Prática Fitossanitária e, sempre que possível, as recomendações da Proteção Integrada.
- h) **Maximizar a cobertura do solo**³, através da utilização de diversas práticas agrícolas, tais como enrelvamento (Figura 13), "*mulching*"⁴, recurso a palha ou com culturas semeadas.

1 A prática da técnica de enrelvamento do solo será abordada com maior profundidade no Módulo IV – Agricultura Biológica

2 Drenagem do solo é um processo de remoção do excesso de água dos solos de modo que lhes dê condições de arejamento, estrutura e resistência. O seu objetivo é retirar o excesso de água proveniente das chuvas, ou proveniente de nascentes e linhas de água, que condicionem o desenvolvimento da cultura, podendo ser feita com recurso a valas superficiais ou criando uma rede de valas subterrâneas com geodrenos, geotêxtil e cascalho ou gravilha, naquilo que vulgarmente se designam de chouriços de drenagem.

3 Cobertura do solo é a prática de espalhar materiais orgânicos - como palha, composto, ou restos florestais – sobre o solo ou entre o solo e as plantas cultivadas.

4 "*Mulching*" Consiste na aplicação de materiais no solo, os quais poderão ser orgânicos ou inorgânicos e que pretendem reduzir a germinação das infestantes e de forma acessória reduzir a evapotranspiração e a consequente perda de água do solo. Este tema é abordado com maior profundidade no Módulo IV – Agricultura Biológica.



Figura 13 - Técnica de enrelvamento

I.1.9. NUTRIÇÃO DAS PLANTAS

Quando se fala em nutrição de uma cultura, o que está em causa é a sua capacidade em aceder aos nutrientes de que necessita para o seu crescimento, desenvolvimento e ou produção. Considera-se **nutriente**, o elemento químico **essencial** ao crescimento e desenvolvimento das plantas, elemento que não pode ser substituído nas suas funções por terceiros. O **nutriente** é igualmente denominado por **elemento nutritivo** ou **elemento fertilizante**.

A literatura considera, de um modo geral, a existência de vinte elementos químicos como nutrientes de plantas, a saber: carbono (**C**), oxigénio (**O**), hidrogénio (**H**), azoto ou nitrogénio (**N**), fósforo (**P**), potássio (**K**), cálcio (**Ca**), magnésio (**Mg**), enxofre (**S**), sódio (**Na**), silício (**Si**), estes dois em algumas culturas, ferro (**Fe**), manganês (**Mn**), zinco (**Zn**), cobre (**Cu**), boro (**B**), molibdénio (**Mo**), cloro (**Cl**) níquel (**Ni**) e cobalto (**Co**). Todavia, o cobalto, o níquel, o sódio e o silício foram apenas considerados nutrientes para algumas plantas superiores (Mengel e Kirkby, 2001)

Assim o conceito de **essencialidade** define um **nutriente**. Associado à nutrição, encontra-se, naturalmente, o conhecimento das funções dos nutrientes nas plantas superiores, bem como da forma como são absorvidos, transportados e aí redistribuídos. Este conhecimento, por sua vez, permite definir a melhor estratégia de fertilização.

Para além dos nutrientes outros elementos químicos podem ter um efeito **benéfico** para algumas plantas, razão pela qual podem por vezes ser considerados na fertilização daquelas. Consideram-se benéficos, por exemplo, o selénio (Se) e o vanádio (V). Todavia, alguns autores consideram o vanádio um micronutriente, o que significa que a classificação acima é dinâmica, podendo integrar, a qualquer momento, o resultado de investigação realizada e do conhecimento entretanto adquirido.

As plantas são constituídas por água (70 a 90%) e 10 a 30% de matéria seca. Mais de 90% desta matéria seca é composta por carbono (**C**), oxigénio (**O**) e hidrogénio (**H**), nutrientes que as plantas absorvem diretamente do ar e da água. Os dois primeiros (**C** e **O**) representam, cada um, cerca de **40%** dos 90% da matéria seca, sendo a percentagem remanescente, de H, bastante inferior à dos anteriores. Devido à fonte destes três nutrientes, não minerais, em culturas ao ar livre é natural não existirem preocupações na satisfação das necessidades das culturas nos mesmos. Em condições normais, os restantes nutrientes, essenciais ao crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais, são absorvidos a partir da solução do solo. De entre

estes, por serem exigidos em maiores quantidades e por tal denominados **macronutrientes**, encontramos o azoto ou nitrogénio (**N**), o fósforo (**P**), o potássio (**K**), o cálcio (**Ca**), o magnésio (**Mg**), o enxofre (**S**), o sódio (**Na**) e o silício (**Si**). Os três primeiros por serem normalmente os mais requeridos, denominam-se macronutrientes principais ou nutrientes primários, enquanto os restantes, necessários em menores quantidades, se classificam como **macronutrientes secundários ou nutrientes secundários**.

Igualmente indispensáveis a uma nutrição adequada, mas exigidos em menores quantidades, encontram-se os **micronutrientes**, como é o caso do ferro (**Fe**), do manganês (**Mn**), do zinco (**Zn**), do cobre (**Cu**), do boro (**B**), do cloro (**Cl**), do molibdénio (**Mo**) do níquel (**Ni**) e do cobalto (**Co**). Estes, todavia, quando disponibilizados e ou absorvidos em quantidades superiores às necessárias a cada espécie vegetal, podem causar problemas de toxicidade às culturas, com consequências quer ao nível da produção quer da qualidade.

I.1.10. FERTILIZAÇÃO DAS CULTURAS AGRÍCOLAS

A **fertilização racional** tem como objetivo fornecer às culturas os nutrientes de que **efetivamente** precisam – ou criar condições para que estejam facilmente disponíveis e, simultaneamente, condicionar a disponibilidade de elementos fitotóxicos - através da aplicação de adubos e/ou corretivos nas **quantidades, épocas e formas** mais adequadas, preservando, simultaneamente, o ambiente. Isto é, dar resposta ao **que** aplicar, **quanto** aplicar, quando aplicar e **como** aplicar, questões estas que para serem respondidas e permitirem a elaboração de um **adequado plano de fertilização**, implica o conhecimento da cultura ou rotação de culturas que está em causa, nível de produção esperado, conhecimento da parcela onde a cultura vai ser realizada, práticas culturais (ex. sequeiro ou regadio e dentro deste a possibilidade de fertirrega ou não), passado cultural, etc.

Desta forma para se proceder a uma fertilização racional há que recorrer aos **meios de diagnóstico** disponíveis como são a **análise de terra**, para avaliar o estado de fertilidade do solo da parcela em causa, à **análise foliar**, para avaliar o estado de nutrição da cultura, especialmente em espécies arbóreas e arbustivas, bem como a outros **meios complementares**. Dentro destes há a referir a **história da parcela**, que descreve as características da cultura (densidade de plantação, sistema de manutenção do solo, *produção*, etc.), bem como as principais práticas culturais efetuadas (fertilização, rega, tratamentos fitossanitários), informação esta a registar numa *ficha informativa*. A observação de **sintomas visuais anómalos** na cultura em causa ou na que lhe antecedeu, a registar igualmente na ficha acima referida, bem como a **análise da água de rega**, nas culturas regadas, para avaliar as suas características de qualidade, são dois outros meios de diagnóstico passíveis de ser utilizados. Dentro destes, a **análise da água** permite avaliar a sua qualidade para a rega e sendo esta aprovada, dar informação sobre a eventual necessidade da sua correção, permitindo contabilizar não só os nutrientes por ela naturalmente veiculados ou nutrientes de constituição, bem como de outros que lhe sejam adicionados, nomeadamente por corretivos a ela aplicar para corrigir uma ou mais características desfavoráveis. Integram-se neste caso o azoto e ou o fósforo aplicados para corrigir o seu **pH** e ou o seu **índice de saturação (IS)**, nomeadamente através da adição de ácido nítrico ou ácido fosfórico, respetivamente (Jordão *et al.*, 2020). Em algumas espécies, especialmente fruteiras, poder-se-á ainda recorrer à **análise de frutos**, especialmente em pomóideas, cujo objetivo principal será, neste caso, avaliar o risco de *ocorrência de fisiopatias* durante a conservação ou após a mesma, em consequência de uma composição

desequilibrada em nutrientes, nomeadamente em cálcio e sua relação com outros (N/Ca; K/Ca; Mg/Ca), ou mesmo em boro (Jordão, 2020). Para o efeito, é essencial que o critério de amostragem de frutos do ou dos calibres dominantes seja seguido. A análise dos frutos pode ter outros objetivos, nomeadamente o de dar um contributo para a determinação do estado de maturação e com esta permitir uma melhor definição da data de colheita. Neste caso não será a determinação da sua composição mineral a pretendida, mas a do valor de outros parâmetros. Para mais detalhes sobre as Normas de colheita de amostras de frutos, consultar:

https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/colheita-amostras/Mod-LQARS091_Colheita-amostras-frutos.pdf

Nos anexos I, II e III apresentam-se, respetivamente, as normas de colheita de amostras de terra, de amostras de folhas e de amostras de água de rega a utilizar como meios de diagnóstico. Nestes documentos são igualmente sugeridas as determinações a solicitar nos diferentes materiais. De referir que o recurso a um ou mais dos meios de diagnóstico acima mencionado é obrigatório ou recomendado quando as culturas estão em Modo de Produção Integrada (PRODI) ou em Modo de Produção Biológico (MPB) - confira o Decreto-Lei nº 37/2013 de 13 de março, bem como as Portarias nºs 25/2015 de 9 de fevereiro e Portaria nº 153/2015 de 27 de maio, respetivamente:

<https://files.dre.pt/1s/2013/03/05100/0160801619.pdf>

<https://files.dre.pt/1s/2015/02/02700/0078100789.pdf>

<https://files.dre.pt/1s/2015/05/10200/0314803156.pdf>

O recurso a estes meios de diagnóstico está igualmente previsto, com carácter obrigatório, para a fertilização das culturas situadas em Zonas Vulneráveis à poluição das águas causada por nitratos de origem agrícola (Portaria n.º 259/2012 de 28 de agosto:

<https://files.dre.pt/1s/2012/08/16600/0477204795.pdf>

A existência do Manual de Fertilização das Culturas, de 2006, e a republicação deste numa versão revista, ampliada e atualizada, prevista para 2022, recomendam que as questões sobre a Fertilização das Culturas sejam remetidas para esta publicação, cuja disponibilidade para o público se espera para breve. Sendo este um documento de referência, é de ter presente que a fertilização das culturas e sistemas culturais situadas em Zonas Vulneráveis devem seguir as normas previstas no "*Código de Boas Práticas Agrícolas para a proteção das águas contra a poluição com nitratos e fosfatos de origem agrícola*" (Despacho n.º 1230/2018, DR 25/2018, Série II de 2018-02-05), que são obrigatórias, não se podendo ultrapassar os limites de unidades fertilizantes previstos na Portaria nº 259/2012 ou noutra disposição legal que a venha substituir.

I.1.10.1. FUNÇÕES DOS NUTRIENTES

A anteceder esta descrição, de referir que Mengel & Kirkby (2001) classificaram os nutrientes em quatro grupos.

O primeiro grupo é formado pelo **C, H, O, N e S**, considerados **nutrientes estruturais**, constituintes da matéria orgânica e com participação em sistemas enzimáticos e em reações de oxi-redução.

O segundo grupo é composto pelo **P** e o **B**, e em algumas culturas pelo **Si**, nutrientes que participam nos processos de transferência de energia nas plantas.

O terceiro grupo é formado pelo **K, Mg, Ca, Mn, Cl** e **Na**, considerados nutrientes responsáveis pela atividade enzimática, pela manutenção do potencial osmótico, no balanço de iões e no potencial elétrico, especialmente o K e Mg.

O último grupo é integrado pelo **Fe, Cu, Zn** e **Mo**, que atuam em sistemas enzimáticos e também participam no transporte de eletrões (Fe e Cu) para diversos sistemas bioquímicos.

De uma forma sumária apresentar-se-á a função dos diferentes nutrientes minerais nas plantas.

- **Azoto ou nitrogénio (N)**

O **azoto** encontra-se envolvido em muitos dos processos fisiológicos fundamentais das plantas, sendo o nutriente que, comparativamente aos restantes, é necessário em quantidades mais elevadas. É um nutriente que entra na composição das proteínas, ácidos nucleicos, hormonas e clorofila, bem como de vitaminas e enzimas fundamentais à vida plantas, sendo essencial ao seu crescimento vegetativo (ex: raízes, tronco, raminhos e folhas).

- **Fósforo (P)**

O **fósforo**, tal como o azoto, encontra-se envolvido em muitos dos processos fisiológicos fundamentais das plantas, sendo indispensável à germinação das sementes, à realização da fotossíntese e à formação das proteínas, intervindo em quase todos os processos do crescimento e do metabolismo das plantas. Entra na composição dos ácidos nucleicos. Promove a floração, a formação dos frutos e o crescimento das raízes (que tendem a ser mais numerosas nas zonas mais ricas em fósforo). Melhora a qualidade dos frutos, das culturas hortícolas e dos grãos, bem como a eficiência do uso da água.

- **Potássio (K)**

O **potássio**, a seguir ao azoto e, nalguns casos, ao cálcio, é o nutriente que é absorvido pelas plantas em maior quantidade. É necessário à formação dos açúcares, amido, hidratos de carbono, à síntese proteica e à divisão celular. Intervém na regulação estomática, contribuindo para a manutenção do equilíbrio hídrico da planta, através da regulação do potencial osmótico das células. É também requerido para a ativação de muitas enzimas envolvidas no processo da respiração e da fotossíntese. **Promove** a rigidez dos caules, a **resistência** a condições climáticas desfavoráveis (frio e seca), incidência de pragas e doenças, bem como a **qualidade** dos frutos e das sementes.

- **Cálcio (Ca)**

O **cálcio** é um constituinte importante das paredes celulares, conferindo-lhes rigidez. Promove o transporte e a retenção de outros iões. Influencia o movimento da água nas células e é fundamental ao crescimento e divisão celulares.

- **Magnésio (Mg)**

O **magnésio** faz parte da estrutura da molécula de clorofila, sendo indispensável no

processo da fotossíntese, na ativação de enzimas da respiração, síntese de ácidos nucleicos, para além de desempenhar outras funções essenciais ao crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais.

- **Enxofre (S)**

Constituinte de duas proteínas, o **enxofre** encontra-se envolvido em diversos processos fisiológicos das espécies vegetais, entre os quais se refere o seu envolvimento no de fixação simbiótica do azoto, no caso das leguminosas, e a produção de sementes. É ainda necessário no processo de síntese da clorofila.

- **Sódio (Na)**

O **sódio** é importante em algumas espécies vegetais com fotossíntese em C_4 ou CAM (que integram culturas como o milho e a cana-de-açúcar, ou o abacaxi e a figueira da índia, respetivamente, sem que tal signifique que o milho se ressinta sem a aplicação de Na), na absorção do CO_2 . O sódio pode ser igualmente benéfico para plantas em C_3 . Relevante ainda na síntese de glucose e sua transformação em frutose, na beterraba sacarina. Contribui para o aumento da eficiência do uso da água.

- **Silício (Si)**

O **silício** é um constituinte das paredes celulares, aumenta a tolerância de algumas espécies ao calor e à secura, bem como a resistência a pragas e doenças, para além de contribuir para uma maior resistência à toxicidade de alumínio e manganês. Algumas plantas revelam melhorias no seu crescimento e na fertilidade na sua presença. Uma das plantas que mais beneficia com a disponibilidade de silício é o arroz.

- **Ferro (Fe)**

O **ferro** desempenha uma série de funções essenciais ao crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais, destacando-se a sua intervenção na formação da clorofila e de algumas proteínas envolvidas na transferência de eletrões, bem como na função respiratória.

- **Manganês (Mn)**

O **manganês** é essencial na produção de clorofila e na reação da fotossíntese na qual o O_2 é produzido a partir da água, para além de desempenhar outras funções na planta nomeadamente ao nível enzimático (respiração), como ativador. Influencia o nível de auxina presente nos tecidos.

- **Zinco (Zn)**

O **zinco** é importante nas primeiras fases das culturas, bem como na formação do grão e das sementes. É essencial na formação da clorofila e na produção de substâncias de reserva. Está envolvido em funções enzimáticas similares às ativadas pelo Mg e Mn. Regula ainda a biossíntese das auxinas.

- **Cobre (Cu)**

O **cobre** desempenha um papel fundamental na produção de clorofila, bem como na

atividade enzimática, especialmente nas envolvidas nas reações redox. Participa no metabolismo das proteínas e dos hidratos de carbono, assim como na fixação do azoto.

- **Boro (B)**

Envolvido em atividades como a divisão, o crescimento, diferenciação, maturação ou respiração celulares. Para além da sua importância na manutenção da integridade das paredes celulares, a presença de **boro** é essencial aos processos de floração e frutificação, bem como ao metabolismo dos hidratos de carbono e das proteínas.

- **Cloro (Cl)**

O **cloro** é encontrado nas plantas como cloreto (Cl⁻). Necessário para reações fotossintéticas, nomeadamente para a etapa em que, tal como acontece com o Mn, o O₂ é obtido a partir da foto-oxidação da água. Contribui para a manutenção da turgidez celular, como no caso das células estomáticas.

- **Molibdénio (Mo)**

O molibdénio, constituinte de sistemas enzimáticos, desempenha uma função essencial no metabolismo do azoto, para além do seu papel na fixação simbiótica deste nutriente nas leguminosas. Indispensável ao funcionamento do rizóbio. É ainda fundamental na viabilização do pólen e na produção de semente.

- **Níquel (Ni)**

O **níquel** é constituinte da urease e várias metalo-enzimas. Nas bactérias fixadoras de azoto é constituinte da hidrogenases.

- **Cobalto (Co)**

O **cobalto** é essencial para a fixação simbiótica do azoto (N₂).

1.1.10.2. SINTOMAS DE DESEQUILÍBRIO EM NUTRIENTES

A manifestação de sintomas de desequilíbrio, especialmente de carências, encontra-se estreitamente associado à função do nutriente nas culturas e à sua mobilidade naquelas. A manifestação de **sintomas de insuficiência nas folhas mais velhas** reflete a **maior mobilidade** do nutriente nas plantas. Pelo contrário, a manifestação de sintomas de **insuficiência nas folhas mais novas**, traduz a sua **menor mobilidade**. Nesta matéria, há que ter presente que o comportamento dos nutrientes nas diferentes plantas não é sempre igual, não só porque a mobilidade dos nutrientes naquelas não é sempre idêntico, dependendo, por exemplo, da existência de certos compostos, como ocorre em macieiras e pereiras, por exemplo, em que o boro forma complexos com o sorbitol sintetizado pelas folhas, migrando facilmente destas para outros pontos de consumo, mas também porque as exigências em nutrientes para funções específicas nas diferentes culturas ou suas variedades poder ser distinta. É assim normal que para além da classificação apresentada na Tabela 12 sobre a mobilidade dos nutrientes nas plantas, outras existam, porventura diferentes, traduzindo as particularidades das espécies com que os diferentes autores trabalharam.

Elevada	Intermédia	Baixa
Potássio (K)	Ferro (Fe)	Cálcio (Ca)
Magnésio (Mg)	Zinco (Zn)	(Manganês - (Mn))*
Fósforo (P)	Cobre (Cu)	(Boro - (B))*
Enxofre (S)	Níquel (Ni)	
Azoto ou nitrogénio (N)	Molibdénio (Mo)	
Cloro (Cl)	(Manganês - (Mn))*	
Sódio (Na)	(Boro - (B))*	

Tabela 12 - Mobilidade dos nutrientes na planta (floema) | Adaptado de Varennes (2003)
*a mobilidade do Mn e do B dependem da espécie vegetal

• Azoto ou nitrogénio

O **excesso** de azoto pode prejudicar a floração e a frutificação e aumenta a sensibilidade a doenças. Reduz a qualidade dos frutos. Pelo contrário, uma nutrição azotada **deficiente** diminui a produção das culturas, diminuindo o tamanho dos frutos e a qualidade das espécies hortícolas de folha e das culturas forrageiras e pratenses. A deficiência de azoto inibe rapidamente o crescimento da planta. Se a deficiência persiste, a maioria das plantas mostra **cloroses**, especialmente nas **folhas mais velhas**, que pode mesmo levar à queda das folhas. Pode ocorrer também uma maior síntese da **antocianina**, levando à acumulação deste pigmento nos vacúolos, conduzindo a uma **coloração púrpura**. Este aspeto tem sido observado, por exemplo, em folhas de pessegueiros. Na Figura 14 apresenta-se uma foto da carência de azoto em folha de videira e na Figura 15 numa folha de milho.



Figura 14 - Sintoma de carência de azoto em folha de videira | Fonte: <https://acientistaagricola.pt/macronutrientes-na-vida-das-plantas/>

• Fósforo

Um sintoma característico da **carência** de P é a coloração verde-escura das folhas mais velhas (numa primeira fase) associadas ao aparecimento da cor púrpura, devido à acumulação de antocianinas. A **carência** de fósforo leva à coloração purpúrea das folhas (Figura 15) e dos caules, a atraso no crescimento e na maturação. Com frequência, provoca também a queda prematura de flores e frutos, levando a quebras nas produções esperadas. Teores excessivos de fósforo no solo, por sua vez, tendem a reduzir a massa radicular.

Um sintoma característico de deficiência de P é a coloração verde-escura de folhas mais

velhas (primeiramente) associadas ao aparecimento da cor púrpura, devido ao acúmulo de antocianina. O **excesso** de fósforo nas culturas não é frequente.

- **Potássio**

O primeiro sintoma de **carência de K** é a clorose marginal, que evolui para necrose a partir do ápice, inicialmente nas folhas mais velhas. O potássio é móvel no interior da planta, pelo que os sintomas de deficiência geralmente surgem, em primeiro lugar, nas folhas mais velhas que ficam amarelas ou com necroses nas margens (Figura 15). A deficiência de potássio reduz as produções das culturas agrícolas e a sua qualidade.



Figura 15 - Alguns sintomas da carência de nutrientes e de outros distúrbios observados em folhas de milho | Fonte: <https://agriculturaemar.com/deficiencia-de-nutrientes-nas-plantas-sabe-quais-sao-os-principais-sintomas/>

Na Figura 16 apresentam-se sintomas de carência de K observadas em folhas de vinha



Figura 16 - Sintomas de carência de K observadas em folhas de vinha | Fonte: LQARS

- **Cálcio**

Sintomas característicos de **carência** de Ca incluem a necrose de regiões meristemáticas (como ápices de raízes e da parte aérea), onde a divisão celular e a formação de parede é intensa, impedindo o desenvolvimento dos gomos terminais e apical das raízes. Estes sintomas revelam também a baixa mobilidade do Ca nas plantas.

A absorção do cálcio é prejudicada pela presença, no solo, de quantidades excessivas de azoto amoniacal, potássio, magnésio e manganês. A sua insuficiência provoca

redução dos crescimentos e baixo poder de conservação dos frutos.

- **Magnésio**

Um sintoma característico da **carência** de Mg é a clorose internerval (entre nervuras ou veias) que ocorre primeiro nas folhas mais velhas, que se inicia na margem das folhas (periferia) até à nervura central, conduzindo, nalgumas espécies, a uma clorose em V invertido. Esta clorose resulta do fato da clorofila (molécula constituída por Mg) das nervuras não ser afetada, mantendo-se com um tom normal de verde, enquanto a clorofila entre as nervuras (mesófilo) fica de um verde pálido que pode evoluir para amarelo quando a clorose é mais grave. Nalgumas espécies, a deficiência de magnésio manifesta-se através do avermelhamento dos limbos, como é o caso das castas tintas da videira e, noutros casos, como nas folhas do milho, através do amarelecimento do tecido entre as nervuras da folha, devido aos seus baixos teores de clorofila (Figura 15). Na Figura 17 apresenta-se um aspeto da evolução desta carência em folhas de vinha. O **excesso** de magnésio é raro.



Figura 17 - Sintomas de carência de Mg observadas em folhas de vinha
Fonte: LQARS

- **Enxofre**

O enxofre (S), tal como o N, é constituinte das proteínas. Assim, muitos dos sintomas de **carência** são semelhantes aos apresentados pela carência de N, incluindo **clorose**, redução no crescimento e acumulação de antocianinas. A clorose, no entanto, aparece primeiro nas **folhas mais jovens**, consequência da baixa mobilidade do S em algumas plantas. Todavia, em algumas outras, a **clorose** ocorre ao mesmo tempo em **todas as folhas** ou pode até iniciar nas **folhas mais velhas**. Em situações mais graves, toda a planta se mostra amarelecida.

- **Sódio**

As plantas com deficiência de sódio, exibem cloroses e necroses e deixam de florescer.

- **Silício**

Plantas deficientes em silício são mais suscetíveis à acama e a infeções provocadas por fungos.

- **Ferro**

A **carência** de Fe, tal como a de Mg, apresenta-se como uma clorose entre nervuras. A de Fe, no entanto, ocorre primeiro nas **folhas mais novas** devido à sua baixa

mobilidade. A deficiência (designada por clorose férrica) surge em solos de pH elevado, sendo frequente em solos com carbonatos ou que foram sujeitos a calagens excessivas (sobre calagem). Outros fatores, geralmente associados à ocorrência de sintomas de deficiência de ferro, referem-se a eventuais desequilíbrios existentes no solo entre os teores de ferro e os de molibdénio, cobre ou manganês, teores excessivos de fósforo ou baixos níveis de matéria orgânica. Os sintomas de deficiência caracterizam-se, de um modo geral, pelo amarelecimento das folhas, mantendo as nervuras verdes.

- **Manganês**

O principal sintoma de **carência** de Mn é uma **clorose entre nervuras** associada ou não a pequenas manchas necróticas. Esta clorose pode ocorrer em folhas jovens ou velhas, dependendo da espécie vegetal. A carência de manganês ocorre, geralmente, em solos com valores elevados de pH e em solos com elevados teores de matéria orgânica. Pode, igualmente, encontrar-se associada a teores excessivos de fósforo. Na Figura 18 apresentam-se sintomas de carência de Mn observadas em folhas de soja. Por outro lado, os solos ácidos apresentam muitas vezes teores muito elevados de manganês, podendo causar problemas de **toxicidade** em várias culturas.



Figura 18 - Sintomas de carência de Mn em folhas de soja |
Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1- Sintomas-de-deficiencia-de-manganes-em-soja-A-disponibilidade-de-Mn-aumenta_fig1_305659319

- **Zinco**

A **carência** de zinco é caracterizada pela redução no crescimento internodal, isto é do crescimento de entre nós consecutivos, associado à produção insuficiente de auxinas. A carência de zinco ocorre com frequência em solos pobres no micronutriente, especialmente se forem muito ricos em fósforo, de elevado pH ou em solos arenosos ou sujeitos a erosão severa. Uma vez que o zinco é relativamente imóvel na planta, os sintomas de carência surgem geralmente, em primeiro lugar, nas folhas mais jovens,



Figura 19 - Carência de Zn em folhas de batateira | Fonte:
<https://www.haifa-group.com/pt/guia-de-cultura-necessidades-nutricionais-da-batata>

com clorose entre nervuras. Reduz o tamanho das folhas mais jovens, provocando por vezes a sua deformação. Na Figura 19 apresenta-se uma imagem desta insuficiência na batateira.

- **Cobre**

O sintoma inicial de **carência** de cobre é existência de **folhas verde-escuras**, que podem conter **manchas necróticas**. Sob deficiência severa as folhas podem cair prematuramente. A ocorrência de situações de deficiência são raras. As situações de excesso, quiçá de **toxicidade**, ocorrem com certa frequência nos solos ácidos, com baixos teores de matéria orgânica, ocupados há longos anos com vinha, pomares ou olivais, associadas à aplicação de produtos fitofarmacêuticos à base de cobre. Alguns elementos nutritivos, como o zinco, o fósforo e o ferro, se presentes em elevadas concentrações no solo, podem diminuir a absorção deste nutriente.

- **Boro**

As plantas com **carência** em boro exibem uma variedade de sintomas, dependendo da espécie e da idade da planta. Um sintoma característico é a clorose **de folhas jovens**, bem como posterior necrose de folhas e de **gemas terminais**, o que reflete a baixa mobilidade em muitas espécies de plantas. A dominância apical pode também ser perdida e a planta pode ficar muito ramificada. Deficiente floração e vingamento dos frutos. Além disso, estruturas como frutos e tubérculos podem exibir necroses ou anomalias relacionadas com a degradação de tecidos internos. As situações de carência surgem, assim, com certa frequência, nos solos arenosos, onde os teores de boro são baixos, ou em solos calcários, com uma relação Ca/B desfavorável. A formação de entrenós curtos e a deformação das folhas que podem apresentar um aspeto “enconchado” são alguns aspetos que podem igualmente manifestar-se em situações de carência, tal como a apresentação de frutos pequenos, deformados e sem valor comercial. São ainda relativamente frequentes as situações de **toxicidade**, frequentemente associadas a aplicações excessivas do nutriente. Alguns sintomas como a clorose e posterior necrose de folhas podem ser confundidos com a apresentada em situações de carência.

Na Figura 20 apresentam-se dois aspetos da carência de boro na videira, afetando a primeira as folhas que apresentam o aspeto “enconchado” acima referido e a segunda os bagos de um cacho, alguns dos quais se apresentam “rachados”.



Figura 20 - Carência de boro em videira, em folhas e bagos | Fonte: LQARS

- **Cloro**

Em face de sua alta solubilidade e distribuição nos solos, não se tem sido verificado a **carência** de Cl^- em plantas. Em ambientes salinos as plantas podem **acumular** cloreto nas folhas a níveis **tóxicos**, produzindo a **necrose** de tecidos foliares.

- **Molibdênio**

A **carência** de molibdênio pode parecer-se como de azoto se a fonte deste for o nitrato ou se a planta depende da fixação biológica de N_2 (simbiose). A carência de molibdênio origina fraca nodulação das raízes. A carência de molibdênio é referida com alguma frequência nalgumas culturas, muitas vezes como resultado de desequilíbrios na fertilização praticada, com doses elevadas de nitratos e sulfatos. Embora a necessidade das plantas em Mo seja pequeno, tem-se verificado a sua **carência** no campo, especialmente em solos de reação ácida, ao contrário do que acontece com a de outros micronutrientes como o Fe, Mn ou Zn.

- **Níquel**

A **carência** de Ni raramente é observada em condições de campo. Sendo a urease a única enzima que necessita de Ni como cofator enzimático nas plantas superiores, plantas deficientes em Ni acumulam **ureia** nas folhas, o que pode causar **necrose** no ápice.

- **Cobalto**

A **carência** de cobalto manifesta-se pelo aparecimento de cloroses nas folhas mais novas. Ocorre em solos muito arenosos, solos derivados de rochas ígneas ácidas, solos muito calcários ou solos turfosos. A carência é favorecida em solos de reação neutra ou alcalina.

Na Figura 15 pode observar-se que para além de sintomas de carência de nutrientes como o azoto, fósforo, potássio e magnésio, surgem outro tipo de perturbações nas folhas como a resultante da falta de água, da incidência de uma doença provocado por um fungo (ferrugem) ou em consequência de uma aplicação menos cuidada de químicos. Estes aspetos sublinham a relativa fragilidade desta forma de diagnóstico de sintomas, pois para além dos já referidos não se pode excluir a ocorrência de mais do que um desequilíbrio, quer por insuficiência quer por excesso ou ambos, e a multiplicidade de situações que podem conduzir a aspetos anómalos nas plantas (frio, gelo, ventos fortes, pragas, etc.), que mais do que permitir uma identificação segura da causa real de tais anomalias, se deve considerar como um **alerta** sobre algo que não está bem com a cultura. Tenha-se presente que o diagnóstico de sintomas de desequilíbrios efetuada exclusivamente por apreciação visual é, para quem tem menos experiência, uma conhecida fonte de erros pelo que, mesmo para os mais conhecedores, não dispensa que tal **confirmação** seja feita através do recurso a outros meios de diagnóstico, nomeadamente da **análise foliar** (ou de tecidos vegetais), desejavelmente complementada por outros como seja a **análise de terra**. Acresce que, casos existem em que os sintomas de carência podem ser similares aos de excesso. O do boro, na oliveira, é um destes casos. Porém, o concurso de dois ou mais meios de diagnóstico é sempre recomendável, pois todos eles, não obstante as suas virtualidades, têm as suas limitações.

I.1.11. MATÉRIAS FERTILIZANTES

Segundo o Decreto-Lei 103/2015, consideram-se **matérias fertilizantes** os adubos, os corretivos e os produtos especiais. Dentro daquelas, e segundo o mesmo diploma, são **matérias fertilizantes não harmonizadas**, as matérias fertilizantes que não sejam alvo de regulamentação específica da União Europeia e que pertençam a algum dos tipos incluídos no anexo I ao presente diploma, do qual faz parte integrante. Neste está contemplado o composto ou compostado.

Dito isto, é necessário esclarecer que nos últimos anos as regras a que o país tinha de obedecer sobre a colocação no mercado de matérias fertilizantes, assegurando a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 2003/2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de outubro de 2003, relativo aos adubos minerais, constavam no Regulamento acima identificado, enquanto as restantes matérias fertilizantes se regiam pelo disposto no citado Decreto-Lei n.º 103/2005 (<https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/103-2015-67485179>). A partir de 16/07/2022 entrará plenamente em vigor o Regulamento (UE) 2019/1009 do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de junho de 2019, contemplando agora os fertilizantes orgânicos, para além dos fertilizantes minerais e outros (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/%20PDF/?uri=CELEX:32019R1009&from=LT>).

Com a entrada em vigor deste Regulamento que estabelece regras relativas à disponibilização no mercado de produtos fertilizantes UE e que altera os Regulamentos (CE) n.º 1069/2009 e (CE) n.º 1107/2009, não só será revogado o Reg. (CE) n.º 2003/2003, como é expectável que, a nível nacional, o Decreto-Lei n.º 103/2015 venha a ser revisto. De notar, por exemplo, que o Regulamento (UE) 2019/1009 passará a incluir uma classe de matérias fertilizantes denominada *Bioestimulante* microbiano para plantas, que pode integrar microrganismos como o rizóbio e as micorrizas, amplamente referidos em I.1.6.2. e que há várias décadas são utilizados no nosso país, respetivamente, na inoculação de sementes de leguminosas com estirpes selecionadas de rizóbios adequadas à cultura em causa ou, porventura com bem menor expressão, em videiras e fruteiras previamente micorrizadas, antes da sua plantação. A este propósito refira-se que o Decreto-Lei n.º 103/2015 apenas contemplava a possibilidade de uso do rizóbio, classificado como um *biofertilizante*.

Após esta introdução e seguindo o mesmo princípio utilizado em I.1.10., far-se-á uma chamada da atenção para alguns diplomas legais a ter em devida conta na utilização das diferentes matérias fertilizantes, para além dos referidos até agora.

Tendo presente que os solos nacionais são predominantemente ácidos e que houve uma alteração na legislação sobre a forma de cálculo do valor neutralizante dos corretivos alcalinizantes desde a publicação do Reg. (UE) n.º 463/2013 da Comissão e do Decreto-Lei n.º 103/2015, sugere-se que para a aplicação daqueles corretivos se tenha em devida conta o expresso em Rebelo et al. (2021).

No que respeita às matérias fertilizantes orgânicas, é de referir que a utilização dos efluentes pecuários não se encontra subordinada à legislação sobre as matérias fertilizantes (Decreto-Lei n.º 103/2015), mas sim à Portaria n.º 631/2009 de 9 de junho

(<https://files.dre.pt/1s/2009/06/11100/0358003594.pdf>). O mesmo acontece, aliás, com as lamas de depuração, cuja valorização agrícola se encontra regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 276/2009 (<https://files.dre.pt/1s/2009/10/19200/0715407165.pdf>).

De mencionar, ainda, que qualquer destes diplomas (Portaria 631/2009 e DL 276/2009) se encontra em fase de revisão.

No que se refere às lamas de depuração, o cálculo da quantidade de nutrientes que veiculam nem sempre tem sido pacífico. As dúvidas existentes encontram-se, no nosso entender, esclarecidas por Sempiterno et al. (2021).

I.1.12. DESERTIFICAÇÃO

Como tem sido referido ao longo do texto, a matéria orgânica do solo é extremamente importante como forma de sequestro de carbono (recorde-se que 58% daquela é carbono), assim como é relevante para a biodiversidade do solo (FAO, 2017), bem como para a biodiversidade animal acima deste (FAO, 2021). Normalmente menos falado, embora já referido no presente texto, um dos riscos a que o solo está sujeito é o da *desertificação* (I.1.; I.1.7.).

Segundo o ICNF, 2015, de acordo com a *Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos Países Afetados por Seca Grave e ou Desertificação, particularmente em África (CNUCD)*, a “desertificação” corresponde à **degradação das terras** nas zonas áridas, semiáridas e sub-húmidas secas, em resultado da influência de vários fatores, incluindo a variabilidade climática e as atividades humanas. A desertificação, enquanto forma extrema de degradação do solo, resulta em graves prejuízos para todas as funções do solo.

Portugal, no âmbito da CNUCD declarou-se afetado pela desertificação. A suscetibilidade à desertificação, afetou 58 % do território do Continente nos últimos três decénios (1980/2010), enquanto na série de 1960/90 tal afetação era de 36 %, sendo incluídas nesta expansão de 22% sobretudo as áreas do Sul e do interior Centro e Norte. Por outro lado, numa série climática para o último decénio (2000/2010) **é considerado como suscetível à desertificação cerca de 63 % do território do Continente** (ICNF, 2015).

A questão da desertificação deve ser ainda encarada nas suas múltiplas dimensões. Segundo o ICNF, 2015 há a considerar: a) as questões climáticas, em particular a aridez e as secas; b) a degradação dos solos, influenciando a perda de produtividade das terras; c) a pobreza, fator socioeconómico mais relevante da desertificação, associando-se a fenómenos de despovoamento humano e a migrações. Está-se, pois, perante um problema que só pode ser considerado como relevante.

Dentro dos objetivos estratégicos do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação – PANCD - (cf. a Resolução do Conselho de Ministros n.º 78/2014, de 24/12 (<https://files.dre.pt/1s/2014/12/24800/0624206259.pdf>), entre outros existe o ponto 3.1 - *Proteger e conservar o solo, em que uma das linhas de ação é Promover a valorização dos efluentes pecuários, de lamas de depuração e de subprodutos de agroindústrias como matérias fertilizantes.*

O enriquecimento do solo em matéria orgânica através do recurso a práticas culturais adequadas, não só contribuirá para o aumento do sequestro de carbono por aquele, bem como pelas culturas/vegetação existente, em particular pelas culturas permanentes. Através da fotossíntese as plantas a partir do CO₂ da atmosfera fixam o carbono e libertam o oxigénio. Não esquecer, como referido em I.1.9., que as plantas são constituídas em cerca de 40% por carbono, dando o seu contributo para o combate e ou mitigação do efeito das *alterações climáticas*, contribuindo, simultaneamente, para o aumento da *biodiversidade*, quer no solo quer acima deste. Acresce que, com o recurso às melhores técnicas disponíveis, a aplicação de matérias fertilizantes orgânicas como compostos, ou compostados, efluentes pecuários, lamas de depuração, ou outros fertilizantes orgânicos de qualidade, contribuirá para o aumento da fertilidade do solo, combatendo ou mitigando, simultaneamente, a tendência para a *desertificação*. Deste modo, o **enriquecimento do solo em matéria orgânica** constitui uma medida de mitigação/combate às *alterações climáticas*, à

perda da *biodiversidade* e ao combate à *desertificação*, sendo assim uma medida comum às três **Convenções do Rio** de Janeiro que, sob o nome de Cimeira da Terra, decorreu nesta cidade em junho de 1992.

O solo, para além de todas as suas outras funções, é responsável pela produção de 95% dos nossos alimentos. Estima-se que em 2050 a população seja de 9,3 mil milhões de pessoas, o que implicará a necessidade de um acréscimo de cerca de 60% da produção agrícola. A par desta necessidade, constata-se que existe uma percentagem apreciável de solos degradados, num processo que urge conter, primeiro, e recuperar, depois. Por outro lado, é de ter presente que a fertilização foi responsável por 55% dos acréscimos de produção nos países em desenvolvimento, observados nos últimos 30 anos do século XX (FAO, 1998).

Uma agricultura responsável só o será se, para além da produção de bens, tenha em devida conta a preservação ou melhoria da qualidade dos solos e respeito pelo ambiente.

I.2 – O CLIMA

Clima, refere-se ao estado físico característico da atmosfera de um dado local ou região durante um período alargado de tempo, geralmente, 30 anos ou superior, sendo descrito por estatísticas tais como médias e medidas de dispersão dos valores dos elementos meteorológicos (Abreu, 2018), designadamente a temperatura e a humidade do ar, a precipitação, a nebulosidade e o vento. Por seu lado o Clima poderá traduzir-se pelo conjunto de todos os estados que a atmosfera pode ter num determinado local, durante um tempo longo, mas definido, em geral 30 anos.

A classificação principal de Koppen (Figura 21) divide o clima da Terra em 5 regiões:

- Clima Tropical Húmido;
- Clima Seco;
- Clima Temperado com inverno suave;
- Clima Temperado com inverno rigoroso;
- Clima Polar.

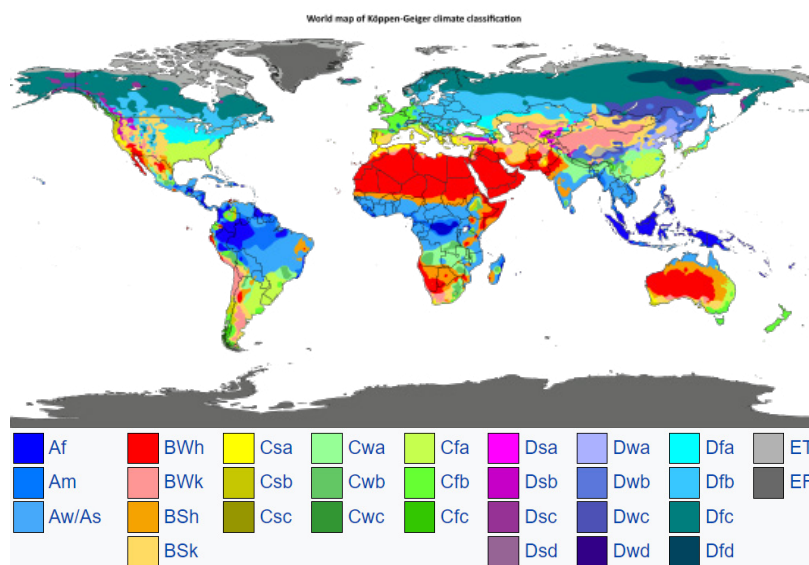


Figura 21 - Distribuição atualizada dos tipos de clima segundo a classificação Köppen-Geiger
Fonte: Peel et al., 2007

A classificação é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente. Assim, as fronteiras entre regiões climáticas foram selecionadas para corresponder, tanto quanto possível, às áreas de predominância de cada tipo de vegetação, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresenta elevada correlação (Alvares *et al.*, 2013). Cada grande tipo climático é denotado por um código, constituído por letras maiúsculas e minúsculas, cuja combinação denota os tipos e subtipos considerados.

Conforme convencionado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), o clima é caracterizado pelos valores médios dos vários elementos climáticos num período de 30 anos, designando-se valor normal de um elemento climático o valor médio correspondente a um número de anos suficientemente longo para se admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado.

O fato de a atividade agrícola ser na sua grande maioria a céu aberto, faz com que o sucesso da sua rentabilidade esteja facilmente dependente entre outros fatores, das condições meteorológicas.

Tal situação poderá traduzir-se em perdas de produção no campo, por exemplo, pela redução da taxa fotossintética, pela intensificação da respiração e transpiração ou até na alteração do ciclo das culturas.

Para conhecimento do clima de um dado local o IPMA disponibiliza atualmente informação de 150 estações meteorológicas automáticas, sendo que estes dados podem ser sempre corrigidos com a existência das estações meteorológicas em casa do agricultor.

Com diferentes modelos e características, hoje uma estação (Figura 22) montada na exploração agrícola é um equipamento multifuncional que permite, além de detetar valores como a direção do vento, velocidade do vento, temperatura, humidade relativa e índice de pluviosidade, realizar também o registo ou memorização de tais valores. Pode seleccionar o intervalo de medição da estação meteorológica, transferir os dados memorizados desde a estação a um computador ou aplicativo móvel e criar avisos de alerta para determinadas condições definidas. É também frequente este tipo de equipamento permitir a ligação de sensores para avaliação das condições de temperatura e humidade do solo.



Figura 22 - Exemplo de estação meteorológica local para medição de temperatura, precipitação, velocidade e direção do vento | Fonte: Anónimo f.s.d

Outra alternativa é a contratação de serviços de estações meteorológicas online que reúnem informação de várias estações físicas e a disponibilizam-na consolidada. A qualidade desta informação pode naturalmente depender da proximidade ou afastamento do local às estações de referência.

1.2.1. ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

Os elementos meteorológicos são variáveis que caracterizam o clima de uma determinada região, ou seja, são os fenômenos que compõem o clima, nomeadamente a temperatura, humidade do ar, precipitação, pressão atmosférica, nebulosidade, radiação solar e o vento. Estes elementos, por sua vez, afetam a agricultura de várias maneiras, ora contribuindo para o aumento da produção, ora dificultando um bom desempenho das culturas. Além disso, a combinação desses elementos pode intensificar efeitos negativos sobre a agricultura. Assim, por exemplo, a combinação de ventos fortes com baixas temperaturas pode trazer sérios danos à vegetação em desenvolvimento. Por sua vez, e dependendo da época do ano, temperaturas muito elevadas associadas à baixa pluviosidade (pouca chuva) podem condicionar a floração e o crescimento dos frutos. Dessa forma, os excessos ou a baixa incidência desses fatores podem facilmente representar quebras na produção agrícola. Além disso, a intensidade das perdas é variável consoante as culturas, isto é, algumas sofrem mais que outras sob determinadas condições.

Segue-se uma breve descrição dos principais elementos meteorológicos:

a) Temperatura

A temperatura do ar é um parâmetro fundamental para os processos biológicos relacionados com o desenvolvimento dos estados fenológicos das culturas e o bem-estar dos efetivos pecuários.

A temperatura não é uma medida de calor, mas pode expressar-se pela sensação de calor ou frio sentida pelo corpo humano resultado da transferência de energia térmica entre dois ou mais sistemas. A unidade básica de temperatura no Sistema Internacional de Unidades é o kelvin (K), sendo frequente o registo em graus Celsius (°C) (0 K equivale a -273,15 °C) ou Fahrenheit (°F) (1 K equivale a -457.87 °F).

i) Instrumentos de medição

Termómetro e termógrafo – Aparelho que mede a temperatura ou mede e regista a temperatura, respetivamente. Torna-se assim possível conhecer as temperaturas máximas e mínimas em cada dia (Figura 23).

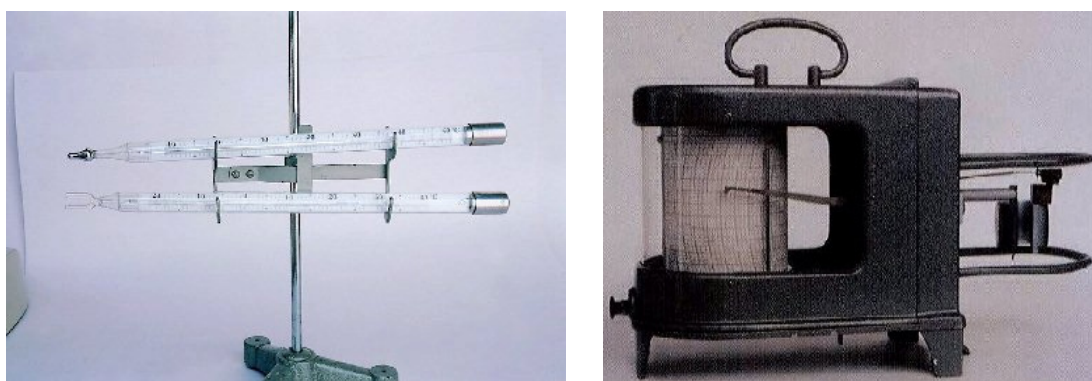


Figura 23 – Termómetro à direita e Termógrafo à esquerda | Fonte: <https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/files/2014/08/termmaxmin.jpg> | <https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/files/2014/08/termografo.jpg>

Amplitude térmica é a diferença entre o valor da temperatura máxima e a temperatura mínima determinadas num dado momento e num dado local.

Ou seja, se a temperatura máxima foi de 15 °C e a mínima de 3 °C, a amplitude térmica desse dia será de 12 °C, já que $15^{\circ} - 3^{\circ} = 12^{\circ}$.

Se os valores considerados forem os valores das temperaturas médias então a amplitude térmica é também o valor médio desse parâmetro.

O ano de 2020 foi o 4º ano mais quente dos últimos 90 anos em Portugal continental (Figura 24), classificando-se como muito quente e seco, com uma temperatura média do ar de 16,22 °C, mais 0,96 °C em relação ao valor normal 1971-2000 desde 1931.

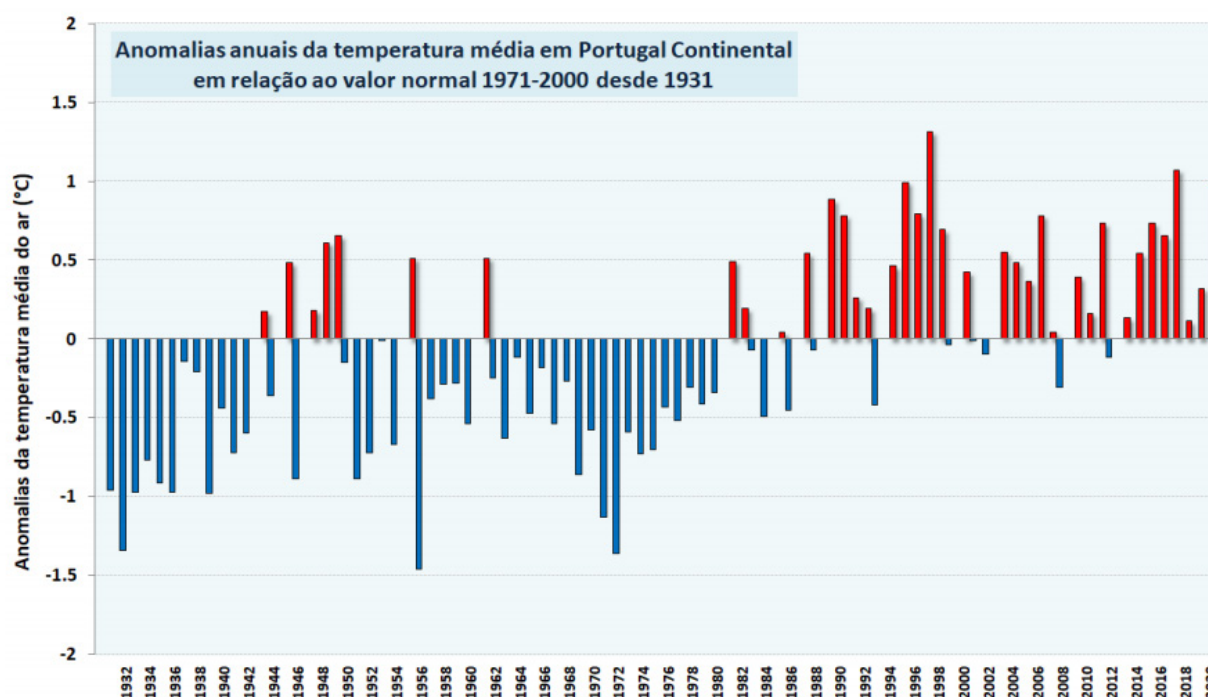


Figura 24 - Anomalias da média da temperatura do ar média anual, em Portugal continental, em relação aos valores médios no período 1971-2000 | Fonte: IPMA, 2020b

Segundo os dados do IPMA, o ano de 2020, registou valores de temperatura mínima de -5,6°C em Sabugal, no dia 6 de janeiro e uma temperatura máxima de 43,9°C em Santarém, no dia 17 de julho. Ocorreram ainda sete ondas de calor em Portugal continental, uma no inverno (fevereiro), uma na primavera (maio), quatro no verão (julho e agosto) e uma no outono (setembro).

ii) Temperatura acumulada

O método das temperaturas acumuladas permite a análise do efeito da temperatura do ar na ocorrência dos estados fenológicos das culturas (ex. floração ou frutificação). A Figura 25 mostra a título de exemplo os valores da temperatura acumulada para as regiões agrícolas em que é possível observar os maiores valores a Sul e ao Litoral.

A título de exemplo, na Tabela 13, podemos verificar que as culturas no distrito de Portalegre poderão registar cerca de 2,6 dias de avanço em setembro de 2019 ($T_b=6^{\circ}\text{C}$).

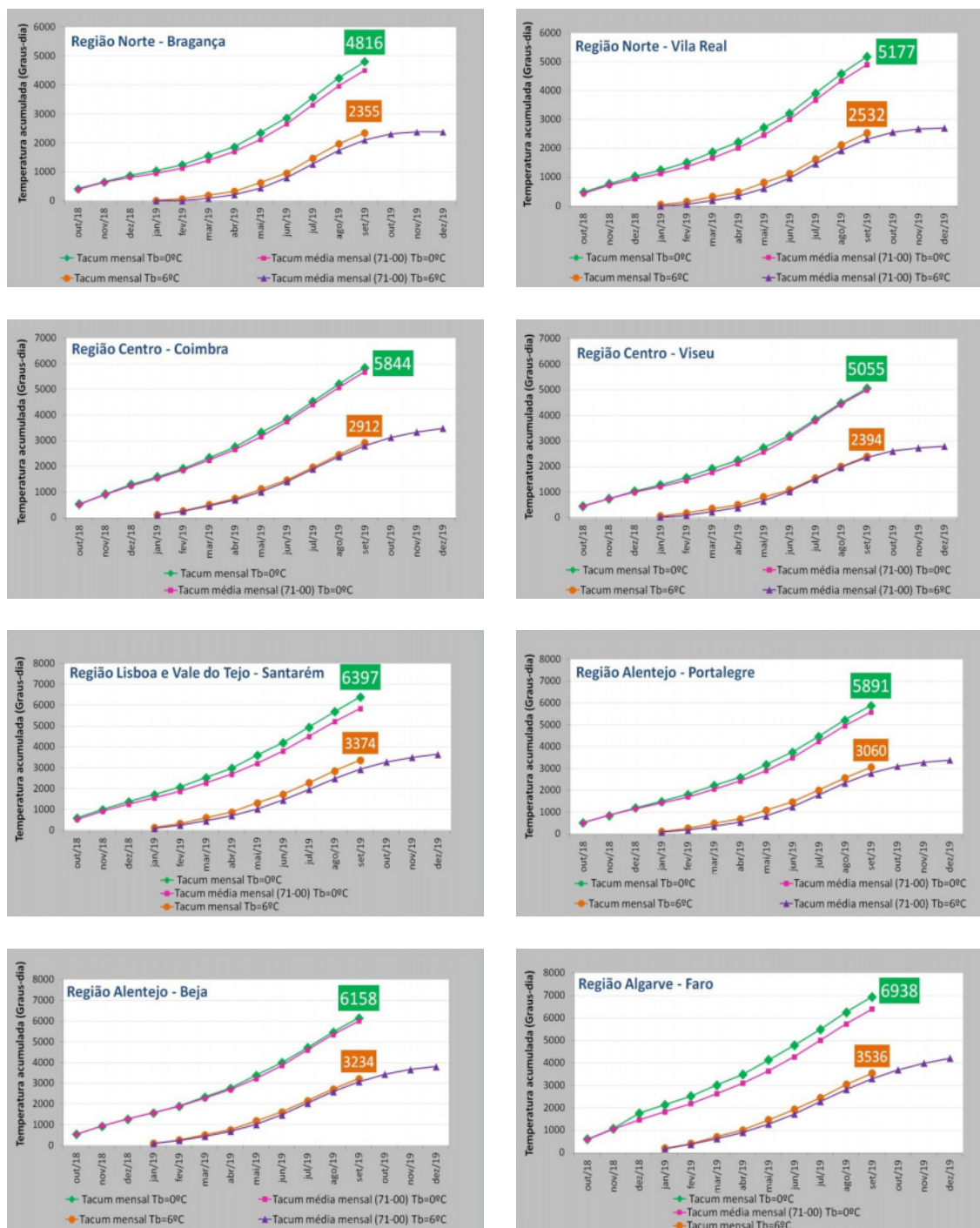


Figura 25 - Temperaturas acumuladas 2018 no período de outubro de 2018 a dezembro de 2019 - Boletim Meteorológico para a Agricultura - Temperaturas acumuladas calculadas para a temperatura base de 0 °C para o ano hidrológico (outubro de 2018 a dezembro de 2019) | Fonte: IPMA, 2019a

	Tb=0°C	N.º dias avanço/atraso	Tb=6°C	N.º dias avanço/atraso
Bragança	562,7	1,0	382,7	1,6
Vila Real	599,8	0,9	419,8	1,3
Coimbra	639,9	1,6	459,9	2,3
Viseu	573,5	0,5	393,5	0,7

	Tb=0°C	N.º dias avanço/atraso	Tb=6°C	N.º dias avanço/atraso
Portalegre	674,8	1,9	494,8	2,6
Beja	680,9	0,5	500,9	0,7
Faro	686,3	1,1	506,3	1,6

Tabela 13 - Temperaturas acumuladas (graus-dia) e número de dias potencial do avanço e atraso das culturas no mês de setembro de 2019 para diferentes temperaturas base | Fonte: IPMA, 2019b

iii) Número de horas de frio

Muitas plantas nomeadamente as fruteiras de folha caduca para quebrarem a dormência em que imergem no outono, necessitem de ser submetidas a um período de frio, mais ou menos consecutivo, e mais ou menos longo, consoante o clima da região de onde essas variedades são originárias. Em especial, os fruticultores conhecem bem a importância dos "requisitos de frio" ou "vernalização", que na prática se traduzem por todo o período de 60 minutos consecutivos em que a temperatura atmosférica é inferior a 7,2°C.

Reveste-se de igual importância, conhecer o histórico de ocorrência de geadas (temperatura do ar próxima do 0°C ou abaixo), em especial a data média da última geada de cada ano que aponta o fim do inverno (período de maior risco). As geadas reduzem a eficiência da polinização e podem provocar a queima de rebentos ou flores. Este parâmetro agrometeorológico permite a criação de mapas (Figura 26) para o zonamento de culturas e variedades de acordo as necessidades de frio.

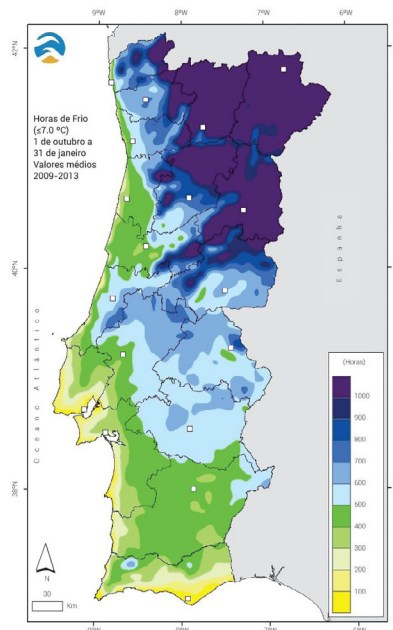


Figura 26 - Mapa do número de horas de frio acumulado entre 01 de outubro de 2018 e 30 de abril de 2019 em Portugal continental
Fonte: (IPMA, 2019a)

Assim, se por exemplo uma variedade de mirtilo, framboesa ou de groselha, exigir 800 horas de frio, ela não deve ser plantada numa região onde, em média, ocorra uma acumulação de, 600 horas abaixo de 7,2°C no período Invernal. A título de exemplo a Tabela 14 mostra os requisitos de horas de frio necessárias para algumas fruteiras.

Fruteira	Variedade	Horas de Frio
Pêra	Pêra Rocha	500-550 horas (de outubro a março)
Mirtilo	"Sul"	100 – 700 horas
	"Norte"	> 800 horas
	"rabbiteye"	450 – 750 horas
Framboesa	-----	250 – 900 horas
Amora	-----	250 – 900 horas
Groselheiras	-----	700 – 1500 horas
Cerejeiras	-----	700 – 1500 horas

Tabela 14 - Requisitos de frio de fruteiras | Fonte: Madeira, 2014

b) Humidade do ar

A humidade do ar é a quantidade de água presente no ar atmosférico em forma de vapor.

i) Ocorrência de orvalho

O orvalho consiste na condensação de água sobre uma superfície a partir do ar confrontante quando se atinge o ponto de saturação (Abreu, 2019). Sempre que a temperatura da superfície for mantida negativa e mais baixa do que a do ponto de saturação do ar ocorre a deposição de gelo por congelamento do orvalho. Esta deposição de gelo ou geada branca tem tendência a ocorrer durante a noite sempre o balanço da radiação da superfície é muito negativo, existem condições de humidade atmosférica alta e velocidade do vento baixa, mas com alguma renovação do ar junto à superfície. Como consequência, a duração do período molhado de uma superfície é determinante para prever a probabilidade de ocorrência de determinada doença e permitir definir a aplicação de tratamentos preventivos.

Chama-se precipitação ou pluviosidade à água em forma de gotículas ou de cristais de gelo que provém da atmosfera e atinge a Terra. A precipitação pode ter a forma de: chuva, chuvisco, neve, granizo, saraiva, nevoeiro, neblina, orvalho, geada ou sincelo.

A precipitação acumulada permite compreender a disponibilidade de água e melhorar a sua gestão na exploração agrícola.

Em Portugal Continental, no ano de 2020 o valor médio de precipitação total anual, foi de 746,8 mm, o que corresponde a cerca de 85% do valor normal no período de 1971-2000 (Figura 27). O maior valor da quantidade de precipitação (em 24h) foi registado em Portalegre, 150.1 mm (outubro).

A evapotranspiração resulta da combinação dos fenómenos de evaporação¹ e transpiração²

1 **Evaporação** (físico): Passagem da água superficial e humidade do solo (líquido) para o estado gasoso. Fatores condicionantes: Existência da energia suficiente (radiação solar) para a alteração de fase; temperatura do ar e da superfície água; velocidade do vento; pressão atmosférica; substâncias contidas na água. Fatores meteorológicos: Textura do solo; características físicas e químicas; teor de água e distribuição da humidade no solo

2 **Transpiração** (físico-biológico): Perda de água dos seres vivos para a atmosfera. Fatores: plantas-espécie, densidade e tipo de folhagem, estágio de desenvolvimento e localização em relação à disponibilidade da água.

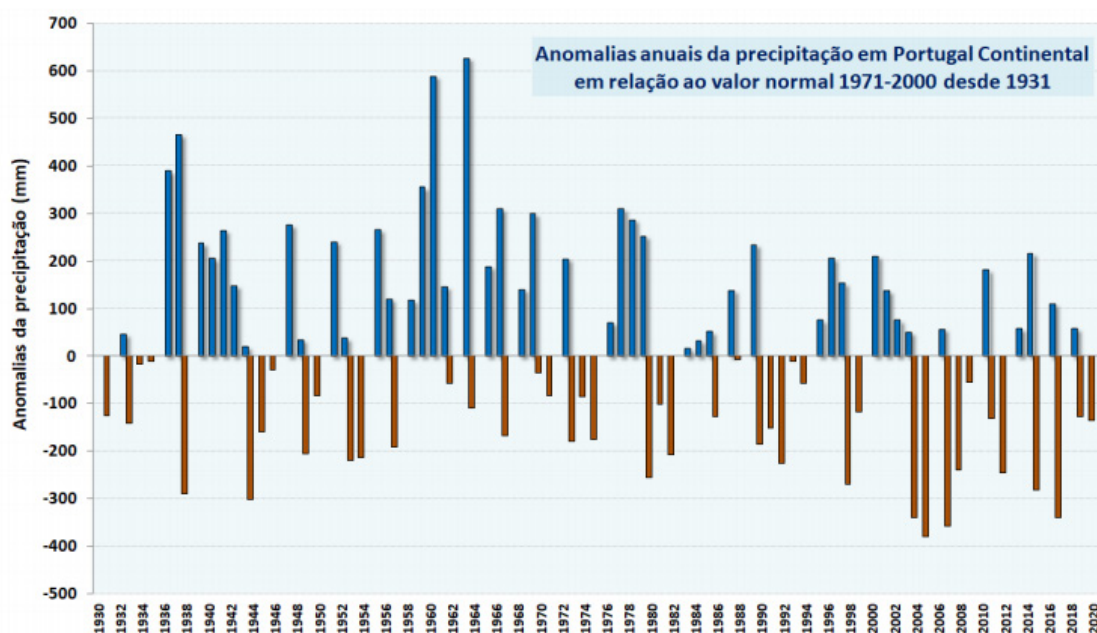


Figura 27 - Anomalias anuais da precipitação, em Portugal continental, em relação aos valores médios no período 1971-2000 | Fonte: IPMA, 2020b

das plantas, que se traduz na quantidade de água que poderá passar para a atmosfera, ou seja, na prática representa o consumo de água de uma cultura. Os valores de evapotranspiração oscilam com a latitude, a estação do ano, a hora do dia, a nebulosidade, a altitude, a velocidade do vento, a disponibilidade de água e com as características do solo e da vegetação.

Em Portugal Continental e através da análise de um ano hidrológico de 2018/2019 (Figura 28), conclui-se que os níveis de evapotranspiração no país apresentam bastante heterogeneidade na sua distribuição regional e que os maiores valores de evapotranspiração ocorrem a Sul e no interior.

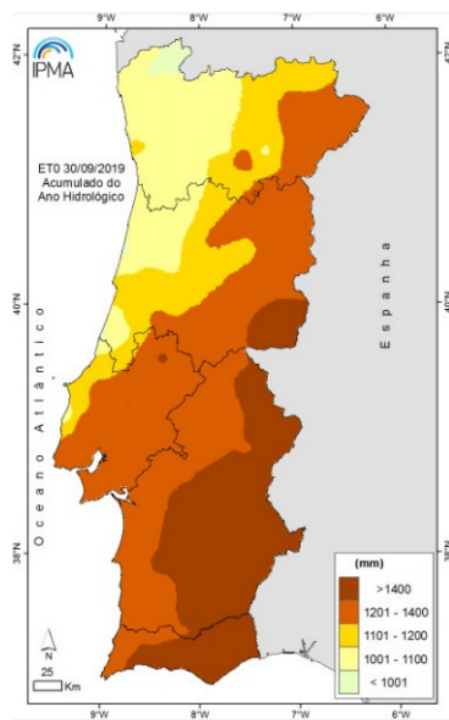


Figura 28 - Evapotranspiração de referência acumulada de 1 de outubro de 2018 a 30 de setembro de 2019 | Fonte: IPMA, 2020d

ii) Instrumentos de medição da humidade do ar e do orvalho

A humidade relativa do ar e o ponto de orvalho podem ser lidos por instrumentos que se chamam psicrómetros ou higrómetros, e registada por higrógrafos.

O psicrómetro é o instrumento para medir a humidade do ar, em regra situado no abrigo meteorológico à altura de 1,5 m. O psicrómetro de aspiração ou de Assmann é constituído por dois termómetros idênticos colocados um ao lado do outro, que irão servir para avaliar a quantidade de vapor de água encontrada no ar. A diferença entre esses termómetros é que um deles trabalha com o bulbo seco e o outro com o bulbo húmido. O termómetro de bulbo húmido tem o bulbo coberto por uma malha porosa (geralmente de algodão), imersa em água destilada. Esta malha fica permanentemente húmida devido ao efeito de capilaridade. Assim a evaporação da água contida na malha que envolve o termómetro retira-lhe energia, fazendo com que o termómetro de bulbo húmido indique uma temperatura mais baixa do que a do outro termómetro; que nos informa a temperatura ambiente. Essa redução na temperatura de bulbo húmido, é tanto maior quanto mais seco está o ar atmosférico, e é nula quando a atmosfera está saturada de vapor de água.

Atualmente existem modelos eletrónicos que permitem de forma mais fácil e após calibração a leitura de temperatura e humidade, bem como o registo desta informação ao longo do tempo em ficheiros eletrónicos (Figura 29).



Figura 29 – Exemplo de psicrómetro de Assmann à direita (Anónimo a s.d) e psicrómetro eletrónico à esquerda (Kern et al., s.d)

c) Precipitação

Segundo o IPMA pode definir-se precipitação a todo o conjunto de partículas de água, quer no estado líquido, no estado sólido ou nos dois, que caem da atmosfera e que atingem a superfície do globo. A chuva, a neve e o granizo, são, portanto, diferentes formas de precipitação. A neve resulta da queda de cristais sólidos sobre a superfície da Terra sem que haja fusão devido à baixa temperatura que se faz sentir em altura.

A chuva é a precipitação de partículas de água no estado líquido, que caem sob a forma de gotas de diâmetro geralmente superior a 0,5 mm, com velocidade em geral superior a 3 m/s e em regra de forma bastante uniforme. O aguaceiro, que é afinal um período de chuva, é caracterizado por começar e terminar de forma brusca, frequentemente com variações rápidas de intensidade e pela alternância rápida do aspeto do céu.

i) Instrumentos de medição e registo da precipitação

Para medir e registar a precipitação de um dado local são utilizados udómetros (pluviómetros) e ou

udógrafos, respetivamente (Figura 30). Este instrumento é constituído por um funil colocado sobre um recipiente cilíndrico fixo a um suporte. O funil tem uma boca circular, de diâmetro conhecido e horizontal. A precipitação que cai através desta abertura é recolhida num recipiente colocado dentro do cilindro.

A quantidade de precipitação que se encontra no recipiente é medida em intervalos de tempo regulares. A determinação da quantidade de precipitação recolhida no udómetro faz-se recorrendo a uma escala graduada, geralmente em milímetros.

A sua expressão é dada pela altura h de água precipitada em milímetros (l/m^2), enquanto a intensidade é medida por unidade de tempo (mm/h).



Figura 30 – Exemplo udómetros (pluviómetros) e ou udógrafos | Fonte: Anónimo e s.d

A grande variação no espaço deste parâmetro deve obrigar à colocação de vários instrumentos de medida num intervalo que pode ir de 5 a 30 km de distância entre eles.

Ainda assim é espectável que surjam erros de medição que podem ter em conta o desvio de entrada da precipitação nos instrumentos de medida causado por ação do vento. Os erros totais devem ser inferiores a 0,1 mm com precipitação até 10 mm e 2% para precipitação superior em estações convencionais, e inferiores a 0,5 mm para valores até 5 mm ou 10% para valores superiores em estações automáticas (Abreu, 2018).

d) Pressão atmosférica

A pressão atmosférica pode definir-se como a força exercida pela atmosfera sobre a superfície da Terra.

As diferenças de pressão têm uma origem em diferenças de temperatura estando diretamente relacionadas com a radiação solar e os processos de aquecimento das massas de ar. O ar quente fica mais dilatado e o ar frio mais comprimido. Com aumento da temperatura do ar, a pressão diminui em virtude de o ar se dilatar. Com redução da temperatura do ar, a pressão aumenta porque o ar fica mais comprimido, ou seja, reduz-se o seu volume.

Entre outros fatores naturais que afetam a pressão atmosférica num dado local, contam-se a proximidade ou afastamento do mar, latitude e altitude.

A pressão atmosférica, cujo seu valor médio junto ao nível médio das águas do mar é de

1013 milibares (mbar) ou hectopascas (hPa), diminui com o aumento da altitude e aumenta com a diminuição da altitude.

i) Instrumentos de medição da pressão atmosférica

Os instrumentos utilizados para medir a pressão atmosférica denominam-se de barômetros e para medir e registar de barógrafos. Apesar do Pascal (Pa) ser a unidade de padrão no Sistema Internacional de Unidades, nos instrumentos de medida é frequente a existência de escalas em milímetros de mercúrio (mm Hg), milibares (mb) ou em hectopascal (hPa).

Existem dois tipos de barômetros que funcionam de maneira diferente para medir a pressão atmosférica, os barômetros de mercúrio e aneroides (Figura 31). Os primeiros funcionam ao variar a altura da coluna de mercúrio conforme a altitude em que se realiza a medida, e os segundos (sem fluido) consistem numa pequena caixa de metal flexível chamada cápsula aneróide, hermeticamente fechada para que as mudanças na pressão atmosférica fora da caixa causem uma expansão e contração de alavancas e molas dentro da caixa e, em seguida, essas mudanças sejam transmitidas para um mostrador.



Figura 31 - Barômetro aneróide (à esquerda) (Anónimo b s.d) e de mercúrio (à direita)
Fonte: Anónimo c s.d

Além destes, existem hoje instrumentos digitais que recorrem a um sensor integrado conhecido como piezoresistivo.

e) Vento

O Vento é o ar em movimento, e tem origem no deslocamento das massas de ar, ou seja, o ar movimenta-se horizontalmente (em superfície e em altitude) e também verticalmente, por causa das diferenças de temperatura e pressão atmosférica.

Os ventos sopram das áreas de alta pressão (dispersoras de ventos) para as áreas de baixa pressão (recetoras de ventos). A pressão atmosférica condiciona o movimento dos ventos, ou seja, quanto maior for a diferença de pressão entre as regiões, maior será a velocidade do vento, podendo ocasionar vendavais ou ventos mais fortes.

À semelhança dos outros elementos do clima, o vento exerce uma extrema importância para a produção agrícola, devido, ao fato de, na sua composição, transportar humidade e calor, influenciando nas taxas de evapotranspiração.

O vento é igualmente facilitador da polinização, ou seja, a dispersão de pólen (células

reprodutoras masculinas) na deposição do mesmo nos estigmas (porção do aparelho reprodutor feminino das flores); da transpiração; bem como controlador da turgidez e a pressão osmótica de forma a que água sirva como um meio de condução dos nutrientes a todos os tecidos da planta. Da mesma forma é também controlado a formação de geada. Ainda assim, na instalação de pomares em fruticultura, por exemplo, o produtor deve ter o cuidado de escolher áreas que tenham uma menor ocorrência de ventos frios, contínuos e intensos que no caso das regiões a Norte de Portugal ocorrem principalmente nas encostas orientadas a Norte.

Bem como deve ser dada atenção a outras consequências que podem resultar em danos mecânicos, anatómicos e fisiológicos, que causam:

- Queda de flores e frutos, provocando a redução na produtividade da cultura afetada;
- Quebra de ramos e galhos em fruteiras, provocando a diminuição da área produtiva da planta e quebras na produtividade, além de expor as plantas ao ataque de patógenos (microrganismos causadores de doenças) e pragas que penetram nas plantas através das lesões;
- Ressecamento do solo (ventos quentes e constantes);
- Erosão eólica e/ou desertificação, contribuindo para a expansão das áreas desertificadas;
- Impedimento e/ou dificuldade na aplicação de produtos fitofarmacêuticos, o que, por sua vez, dificulta a deposição do produto pulverizado sobre o solo ou sobre as plantas. Por consequência, podem ser transportadas partículas do produto em suspensão no ar para áreas vizinhas onde podem causar problemas de fitotoxicidade (danos ou morte de culturas suscetíveis) e ainda a contaminação do ambiente (solo, água), de pessoas e de animais;
- Disseminação de patógenos e pragas, como já foi referido anteriormente, provocando disseminação de doenças e a infestação de novas áreas de cultura;
- Disseminação ou dispersão de sementes de espécies invasoras, contribuindo para a infestação de novas áreas.

i) Instrumentos de medição do vento

O vento tem direção, sentido e módulo que podem ser medidos e registados. A direção do vento é determinada por meio de aparelhos denominados cata-ventos (Figura 32) e a sua velocidade é determinada pelo anemómetro – aparelho que permite medir a velocidade do vento (km/hora) (Figura 33).

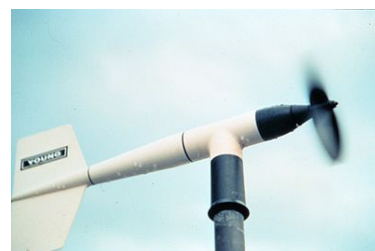


Figura 32 - Catavento – Aparelho que permite medir a direção do vento
Fonte: Anónimo d s.d



Figura 33 -
Anemômetro
– Aparelho que
registra a velocidade
do vento | Fonte:
Anônimo, 2021a

Tanto o catavento, como o anemômetro são atualmente substituídos, com vantagem, por anemógrafos, que registam a direção e velocidade do vento em simultâneo (Figura 34).

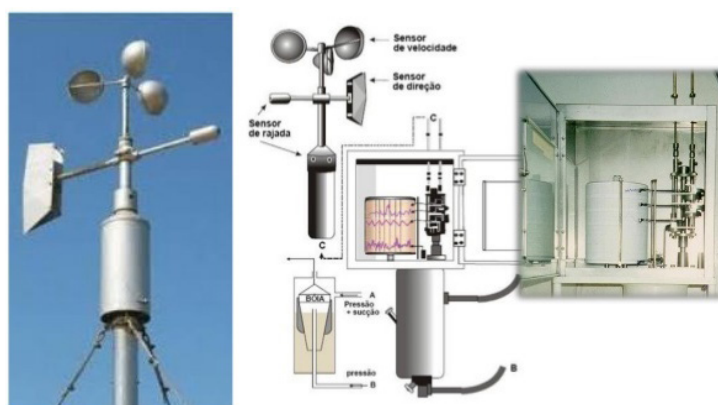


Figura 34 - Anemógrafo – Aparelho que registra a direção e velocidade do vento em simultâneo | Fonte: Geografia “xou”, 2016

f) Radiação solar

A radiação solar é a energia emitida pelo Sol através de ondas eletromagnéticas o, imprescindível para manter o aquecimento do nosso planeta e, assim, controlar as temperaturas para propiciar a manutenção da vida. Contudo, apesar da estabilidade da quantidade e qualidade da radiação enviada pelo Sol, a quantidade e qualidade da que chega à superfície terrestre varia de forma quase periódica ao longo do dia e ao longo do ano, sendo que uma grande parte é absorvida ou refletida pela atmosfera.

Esta variação influencia grande parte das culturas agrícolas pois condicionando o número de horas/luz (insolação) determina o seu desenvolvimento em função de diversos fatores, nomeadamente, da latitude, da época do ano, assim como da orientação e exposição da parcela.

Também podemos destacar o efeito da radiação solar na qualidade dos frutos. Uma elevada disponibilidade de radiação favorece a concentração de açúcares e também a intensificação da coloração vermelha da casca, por exemplo no caso de algumas variedades de maçã e do tomate de indústria.

Contudo, o excesso de radiação solar pode conduzir a que a planta utilize um volume maior de água para regular a temperatura, o que, conseqüentemente, pode levar à desidratação e emurchecimento da mesma, ou até ao “escaldão” dos frutos.

i) Instrumentos de medição da radiação solar

A medição da radiação solar é realizada pelos aparelhos chamados - Piranómetro e ou Actinómetro (em kcal/cm²/min) (Figura 35).



Figura 35 – Piranómetro termoelectrico de alta precisão
Fonte: Anónimo, 2021b

- Heliógrafo – mede o número de horas por dia de radiação solar direta – Insolação (Figura 36).



Figura 36 - Instrumento utilizado para medir a insolação – Heliógrafo
Fonte: Anónimo, 2020

g) Evaporação e evapotranspiração

Em Meteorologia o termo evaporação é usado para designar a transferência de água para a atmosfera sobre a forma de vapor. Evapotranspiração é a perda de água do solo por evaporação e a perda de água da planta por transpiração.

A evaporação e a evapotranspiração são indicadas nas mesmas unidades da precipitação, utilizando-se a altura da linha de água, expressa em milímetros. Um milímetro de evaporação, ou de evapotranspiração, equivale à transferência para a atmosfera de um litro de água para cada metro quadrado da projeção da superfície evaporante.

A sua importância reside no fato de também tornar possível quantificar melhor as linhas de água usadas na irrigação e os respectivos turnos de rega, minimizando os desperdícios e mantendo o solo num teor de humidade adequada às plantas. A combinação de períodos com baixa precipitação e elevadas temperaturas tem quase sempre como consequência o

aumento das taxas de evapotranspiração com a consequência negativa que isso representa para as culturas quando não é feita a compensação necessário por via de rega.

A avaliação destes parâmetros pode exatamente resultar da informação de temperatura e precipitação ou ser determinado (nomeadamente o caso da evaporação) por dois tipos de instrumentos, as tinas evaporimétricas ou atmómetros (Figura 37). A avaliação de evapotranspiração não tão frequentemente realizada nas condições da exploração agrícola, mas também o pode ser nalgumas estações meteorológicas, através da montagem de lisímetros de drenagem ou pesagem automática.

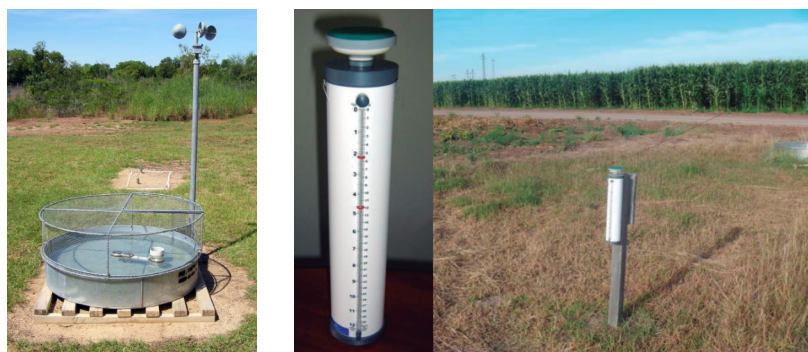


Figura 37 - Exemplo de atmómetro (à esquerda) e de tina evaporimétrica (à direita)
Fonte: Perez et al., 2019

I.2.2. O CLIMA DE PORTUGAL CONTINENTAL

Os últimos resultados das normais climatológicas que compreendem o período de 1971-2000, permitem também identificar os diferentes tipos de clima, tendo-se utilizado para Portugal Continental a classificação de Köppen-Geiger, que corresponde à última revisão de Köppen em 1936. Os resultados obtidos pela cartografia, para esta classificação climática, permitem confirmar que na maior parte do território Continental o clima é temperado, do Tipo C, verificando-se o Subtipo Cs (Clima temperado com verão seco) e as seguintes variedades (Figura 38):

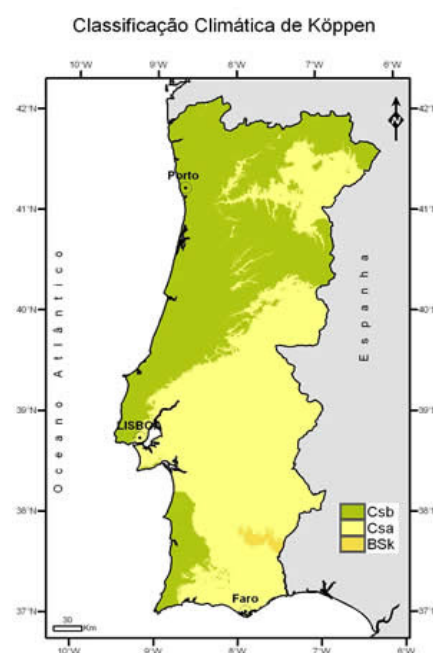


Figura 38 - Classificação climática de Köppen para Portugal continental | Fonte: IPMA, 2020c

- Csa, clima temperado com verão quente e seco nas regiões interiores do vale do Douro (parte do distrito de Bragança), assim como nas regiões a Sul do sistema montanhoso Montejunto-Estrela (exceto no Litoral Oeste do Alentejo e Algarve).
- Csb, clima temperado com verão seco e suave, em quase todas as regiões a Norte do sistema montanhoso Montejunto-Estrela e nas regiões do Litoral Oeste do Alentejo e Algarve.
- BSk, clima árido de estepe fria de latitude média, numa pequena região do Baixo Alentejo, no distrito de Beja.

Em relação ao Arquipélago da Madeira e Açores verifica-se que Madeira é do tipo Csa, clima temperado com verão quente e seco; os Açores no Grupo Oriental é do tipo Csb clima temperado com verão seco e suave, e no Grupo Oriental e nos Grupos Central e Ocidental é do tipo Cfb, ou seja, clima oceânico, também por vezes chamado clima temperado marítimo, é um clima temperado húmido com verão temperado e que ocorre em regiões afastadas das grandes massas continentais.

De acordo com o IPMA a análise espacial baseada nas normais de 1961/90 mostra a temperatura média anual a variar entre cerca de 7°C nas terras altas do interior Norte e Centro e cerca de 18°C no Litoral Sul. Com base nos mesmos dados mostra-se que a precipitação média anual tem os valores mais altos no Minho e Douro Litoral e os valores mais baixos no interior do Baixo Alentejo (Figura 39).

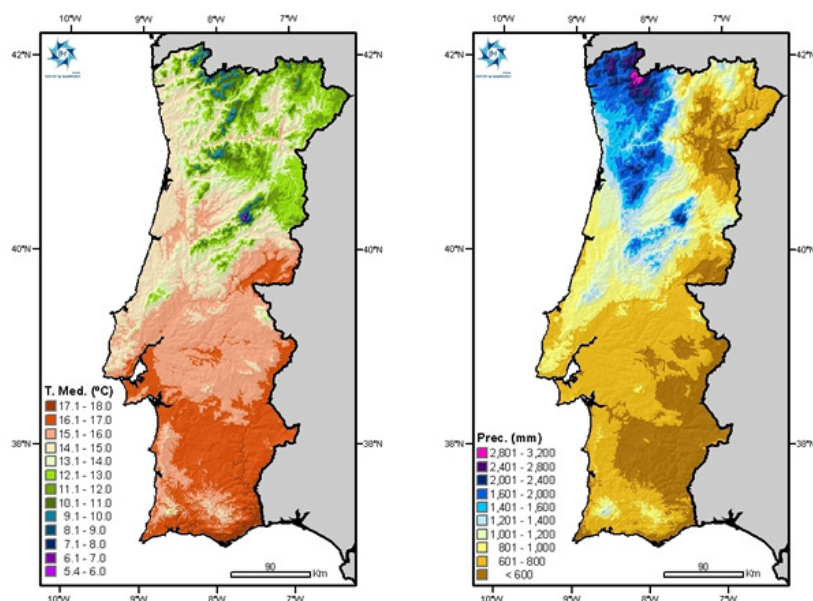


Figura 39 - Mapas da Temperatura média anual (à esquerda) e da precipitação acumulada anual (à direita) para a normal de 1961/90 | Fonte: IPMA

Num dado local a influência, nomeadamente da latitude, altitude, relevo, continentalidade e maritimidade pode interferir nos elementos climáticos já abordados anteriormente (temperatura, humidade, pressão atmosférica, radiação solar e vento).

A latitude interfere na incidência de raios solares recebidos por uma determinada região. As latitudes a Sul mais próximas da linha do Equador recebem maiores quantidades de raios solares por unidade de área da superfície terrestre, o que, consequentemente, faz com que as temperaturas médias desses locais sejam superiores. Quanto mais afastado do Equador for o local, menor será a temperatura média.

Assim a distribuição da radiação solar incidente e da temperatura sobre a superfície terrestre condicionam em grande medida as espécies e cultivares agrícolas de uma dada região.

Apesar do clima temperado de Portugal as culturas de outono/inverno, como a fava, nabo, ervilha, cereais (todas semeadas durante o outono início de inverno) crescem e desenvolvem melhor sob temperaturas mais baixas, com alguma diferenciação de temperaturas em certas regiões, devido à latitude e outros fatores do clima, o mesmo acontece com as culturas de primavera/verão como batata, milho, tomate, melão, melancia. No milho também as temperaturas e as horas luz levam a que quanto mais a Norte, os ciclos³ cultivados sejam mais curtos de 200/300/400 e a Sul, já se façam ciclos mais longos de 500/600/700.

Geralmente quanto maior for a altitude, menor será a temperatura média, situação que se deve principalmente ao fato do ar ficar cada vez menos denso à medida que se sobe em altitude. Assim, à medida que a altitude aumenta, os gases como o dióxido de carbono, o oxigénio, o vapor de água e as partículas que retêm o calor existem cada vez em menor quantidade e o ar perde capacidade para aquecer, também porque se vai reduzindo a quantidade de radiação que é emitida pela superfície da Terra.

Para a mesma latitude, num local com maior altitude a radiação solar é mais intensa do que num lugar com menor altitude. Esta situação é explicada pelo fato de a camada atmosférica ser menor, logo filtrar menos os raios solares. No entanto, estes locais são mais frios porque o ar é mais rarefeito, sendo menor o efeito de estufa e menor a absorção da radiação e também porque se verifica mais reflexão da radiação solar pelas nuvens, sendo também menor a quantidade de radiação terrestre que chega a estes locais.

Tanto a altitude como a latitude têm efeito sobre os elementos meteorológicos, como a temperatura do ar e a radiação solar incidente, que afetam diretamente a fotossíntese das plantas. Culturas como a maçã, a uva, a pera, o pêsego, ou o kiwi apresentam maior produtividade em locais com maior altitude devido à ocorrência de temperaturas mais baixas que lhes proporciona maior número de horas de frio, e que são importantes para a entrada da planta em repouso vegetativo (dormência), bem como para a quebra da dormência e floração. Em locais com altitudes e latitudes elevadas ocorre uma maior variação de temperatura entre o dia e a noite, já que durante o dia aquecem enquanto à noite arrefecem mais facilmente. Isto é de crucial importância para a produção de frutas de qualidade, pois, com temperatura mais altas durante o dia e baixas durante a noite, as fruteiras conseguem acumular maior teor de açúcares, ácidos e pigmentos no fruto.

O relevo estando associado à altitude, influencia a temperatura e a humidade ao facilitar ou dificultar a circulação das massas de ar. Regiões localizadas próximas ou em regiões mais acidentadas possuem um clima que é fortemente influenciado pelo relevo. A orografia condiciona a deslocação das massas de ar, influenciando a humidade e o índice pluviométrico da região. A título de exemplo, num ponto localizado entre elevações montanhosas, pode fazer mais calor do que num local próximo, pois, o vento tem maior dificuldade em dispersar o ar quente nos locais cercados por pontos mais altos. Em determinadas regiões, o relevo também pode constituir uma barreira natural à chegada de massas de ar húmidas, tornando-as em regiões, mais secas.

3 Ciclo cultural, vulgarmente referenciada pelo ciclo FAO (200 a 800), o que está dependente da potencialidade climática da estação de crescimento do local (somatório de graus dia entre as datas possíveis de sementeira e colheita) devendo-se escolher as plantas de ciclo mais curto em sementeiras mais tardias, sendo plantas de menor estatura e por isso com valores ótimos de densidade de povoamento mais elevados (Moreira, 2002).

Em lugares localizados no interior do território do continente, mais distantes da influência atlântica, há uma variação da temperatura ao longo do dia, com elevadas taxas de amplitude térmica. O calor específico da água é maior que o da Terra e, em consequência, a água demora mais a aquecer, enquanto o solo terrestre aquece rapidamente. Por outro lado, a água retém o calor por mais tempo e demora mais a irradiar a energia absorvida.

A continentalidade e a maritimidade afetam as condições do clima já que o clima das regiões mais distantes do mar geralmente é mais seco do que o das áreas mais próximas do Litoral, uma vez que as primeiras sofrem pouca ou nenhuma influência das massas de ar húmidas.

Em Portugal, a influência da latitude, do oceano Atlântico, da massa continental da Península Ibérica e da altitude faz com que exista alguma diversidade climática. Assim, no Norte atlântico, predomina o clima temperado mediterrânico de influência atlântica, com maior quantidade de precipitação e menor duração da estação seca. No Norte transmontano, predomina o clima temperado mediterrânico de influência continental, com menor quantidade de precipitação e maior amplitude térmica anual. Nas áreas de montanha mais elevadas, como a serra da estrela, a altitude faz com que se registem temperaturas mais baixas e precipitações mais abundantes, por vezes, com queda de neve, no inverno. No Sul de Portugal Continental, as características do clima temperado mediterrânico são mais acentuadas (verões quentes e secos; invernos frescos e húmidos).

1.2.3. AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, EFEITOS, ADAPTAÇÃO E MITIGAÇÃO NA ATIVIDADE AGRÍCOLA

As práticas agrícolas ocuparam sempre um lugar importante na história do Homem tratando-se de um passo decisivo para o desenvolvimento humano e para a melhoria do padrão de vida. Inicialmente a agricultura praticada era de subsistência, praticada ao nível familiar e de acordo com as necessidades dos próprios. Ao longo do tempo a agricultura intensificou-se, de forma a dar resposta aos mercados de procura e oferta de produtos animais e vegetais para o que muito contribui a mecanização agrícola, a utilização de produtos químicos para a fertilização e fitossanidade, associada à resolução de problemas. Se por um lado se atingiram altos índices de produtividade, por outro levantaram-se problemas de fertilidade do solo ou do tempo de produção. Um dos problemas mais importantes na atualidade e que é transversal à agricultura está associado às alterações climáticas e o futuro passa pelo desafio de continuar a produzir mitigando os seus efeitos, sobretudo negativos, para o agricultor.

As temperaturas do ar mais elevadas já afetaram a duração do período de cultivo em grandes partes da Europa e as datas de floração e colheita dos cereais ocorrem vários dias mais cedo, prevendo-se que estas mudanças continuem em muitas regiões.

De acordo com a Agencia Europeia do Ambiente (AEA, 2015) a produtividade agrícola do Norte da Europa poderá aumentar graças ao período de cultivo mais prolongado e à menor ocorrência de geada. Além disso, as temperaturas mais quentes e os períodos de cultivo mais longos abrem oportunidade a novas culturas. No Sul da Europa, porém, as ondas de calor e a redução da precipitação e da água disponível são suscetíveis de prejudicar a produtividade das culturas sendo igualmente previsível uma maior variação anual do seu rendimento devido a fenómenos meteorológicos extremos e a outros fatores, como as pragas e as doenças.

Em certas zonas da região mediterrânica, algumas culturas estivais poderão passar a ser cultivadas no inverno, devido ao calor extremo e ao stresse hídrico nos meses de verão. Noutras zonas, como o Oeste da França e o Sudeste da Europa, prevê-se uma redução do rendimento das culturas devido aos verões quentes e secos e à impossibilidade de transferir a produção para o inverno.

A alteração das temperaturas e dos períodos de cultivo também pode influenciar a proliferação e a propagação de algumas espécies, nomeadamente insetos, de ervas daninhas invasivas ou de doenças, que por sua vez poderão afetar o rendimento das culturas. As potenciais perdas poderão ser, em parte, compensadas por práticas agrícolas como a rotação de culturas em função da disponibilidade de água, o ajustamento das datas das sementeiras à temperatura e aos padrões de precipitação e a utilização de variedades mais adequadas às novas condições (por exemplo, culturas resistentes ao calor e à seca).

- Os impactos do aquecimento global na fenologia, reduzindo a duração do ciclo das culturas e, portanto, a produtividade.
- O aumento de CO₂ na eficiência fotossintética das culturas, que por sua vez aumenta a taxa fotossintética de algumas culturas e, portanto, a sua produtividade.
- Com a concentração da precipitação, em episódios de precipitação intensa, verificar-se-á um maior risco de perda de solo por erosão;
- Na produção animal, as condições meteorológicas e a ocorrência de eventos extremos afetam a saúde, o bem-estar, o crescimento e a reprodução das espécies pecuárias por exemplo pela maior dificuldade que pode existir na dissipação do calor corporal que conduz a stress térmico e a alterações no comportamento alimentar reprodutivo.
- Maior necessidade de rega, uma vez que com o aumento da temperatura haverá mais perdas por evaporação do solo e maior evapotranspiração das culturas;
- O aumento do nível médio da água do mar, terá consequências para as zonas agrícolas junto do Litoral, onde, muitas vezes, se verifica uma grande proximidade entre o nível freática e a superfície. Em alguns casos, chega mesmo a haver intrusão da água do mar em estuários e aquíferos que nestas circunstâncias pode ter como resultado quer a subida do nível freático, quer do total alagamento das parcelas, quer do aumento da salinidade.

As medidas de mitigação e ou adaptação às alterações climáticas na atividade agrícola podem contemplar diferentes respostas a estímulos climáticos verificados ou esperados, de forma a moderar danos ou a explorar oportunidades benéficas. Entre elas, citem-se:

- O melhoramento genético nas espécies / cultivares mais suscetíveis a fatores relacionados com necessidades térmicas e de vernalização e melhor resistência ao stress hídrico;
- O recurso a pastagens que privilegiem a consociação de diversas espécies;
- A recalendarização das operações culturais (por exemplo datas de sementeira e datas de colheita) em função dos padrões climáticos e se necessário a localização noutra lugar mais favorável ao desenvolvimento das culturas;

- A adoção de tecnologias e práticas de rega mais eficientes de uso da água, conjugadas nomeadamente com informação sobre o teor de água e temperatura do solo, armazenamento da água da chuva e a conservação da água no solo por exemplo, através da gestão de resíduos da cultura;
- Recorrer a tecnologias de agricultura de precisão que permitam um uso racional dos fatores de produção assente na monitorização do desenvolvimento dos ciclos das culturas; alterar taxas de fertilização em consonância com a alteração do potencial produtivo;
- Melhorar a eficiência e eficácia do controlo de pragas, doenças e infestantes através de práticas de produção integrada;
- Utilizar estruturas de acondicionamento animal para fazer face a períodos de maior stress térmico, sempre que possível privilegiar a criação de animais de raça autóctone;
- Utilizar sistemas de previsão climática para reduzir o risco associado às decisões de gestão;
- Diversificar o rendimento integrando outras atividades, agrícolas ou complementares destas como atividades de turismo e lazer que contemplem o ecossistema agrícola.

I.3 A PLANTA

O aparecimento da vida no nosso planeta surge com o aparecimento de algas azuis ou cianobactérias com um sistema fotossintético constituído por clorofila a. Através da realização da fotossíntese e libertação de oxigénio, foi se acumulando ao longo dos anos o oxigénio e permitindo que parte dele se transformasse em ozono que retém parte da radiação ultravioleta e permite assim a evolução de organismos mais sensíveis a esta radiação. Este processo permitiu o aparecimento dos organismos eucariotas. Estes colonizaram a Terra e foram evoluindo tirando partido da oxigenação progressiva da atmosfera. (Lousã et al., s.d).

De acordo com estes autores alguns passos evolutivos essenciais dão-se nos períodos:

- Ordovícico a passagem dos organismos vegetais para as zonas emersas.
- Silúrico e no Devónico a evolução dos tecidos condutores
- Pérmico surgem e diversificam-se as plantas vasculares com sementes
- Cretácico surgem as plantas vasculares com sementes cujas flores têm perianto

As plantas são a base de sustentação da vida na Terra. São elas que, juntamente com as algas, produzem o oxigénio necessário à respiração dos seres vivos. Ao transformarem a matéria mineral em matéria orgânica, através da fotossíntese, as plantas estão na base das cadeias alimentares. De uma forma direta ou indireta fornecem o alimento aos animais, incluindo o Homem.

Se as plantas não existissem, os herbívoros morreriam e os carnívoros que deles se alimentam morreriam também. A Terra seria, então, um planeta sem vida.

Existe uma grande variedade de plantas, com tamanhos diferentes. De acordo com a classificação dos organismos vivos o Reino *Plantae* tem 12 divisões (Raven et al., 2005):

- Briófitos - musgos, hepáticas e antocerotas;
 - Pteridófitos - psilotófitos, licófitos, cavalinhas e fetos;
 - Gimnospérmicas - cicadas, ginkgo, coníferas e gnetófitos
- e
- Angiospérmicas

Os órgãos principais das plantas são: as raízes, as folhas, o caule, as flores e frutos (Figura 40). Cada órgão desempenha uma função essencial para a planta, comparável ao que acontece com os órgãos do corpo humano.

De forma resumida pode dizer-se que as folhas são responsáveis pela respiração e pela fotossíntese; as raízes absorvem substâncias do solo e conferem fixação da planta ao solo, o caule sustenta a parte aérea da planta; e as flores e frutos estão relacionados com a reprodução.

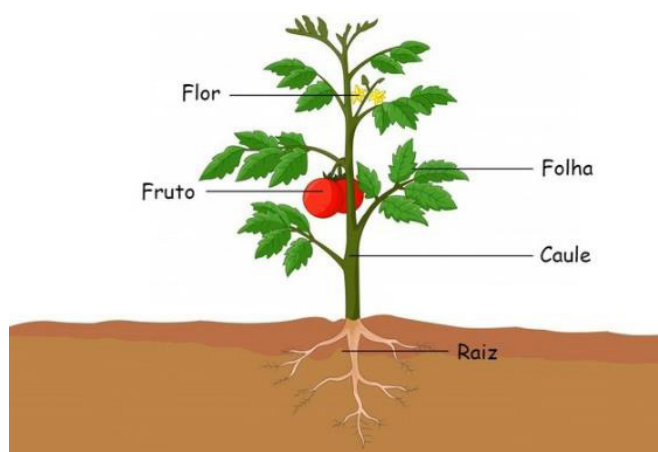


Figura 40 - Órgãos das plantas | Fonte: Diana, s.d

a) Fatores do ambiente que influenciam a vida das plantas

O crescimento e desenvolvimento das plantas estão relacionados com fatores externos, nomeadamente a água, luz, temperatura e solo.

i) Água

A água é determinante na reação fotossintética pelo que constitui a base da vida das plantas determinando a base química da vida, a circulação e a absorção de nutrientes do solo, determina a distribuição e a fisionomia da vegetação. A quantidade de água utilizada para a produção de 1 kg de trigo é de aproximadamente 1000 kg, para 1 kg de arroz ou de frutas secas é de 2500 kg, e para a produção de 1 kg de fibra de algodão é de 5000 kg. Contudo, neste quilo produzido somente 0,15 kg é composto de água, sendo que o restante atravessa a planta para a atmosfera, através da transpiração (Teare e Peet, 1983).

A principal origem do fornecimento de água às plantas é a água que se encontra no solo. Quando há disponibilidade de água no solo, esta movimenta-se por difusão do solo para a planta e da planta para a atmosfera, no sistema contínuo solo-planta-atmosfera (Angelocci,

2002). Assume aqui um importante papel a raiz e os respectivos pelos radiculares que a constituem, que em condições normais de estrutura do solo será capaz em profundidade de procurar a existência de água para satisfação das necessidades da planta. Efetivamente o sistema radicular pode compreender 2/3 da biomassa das plantas. Esta é uma adaptação para a manutenção do balanço hídrico das plantas. Por sua vez, através da transpiração as plantas perdem pelos estomas uma elevada percentagem de água para a atmosfera da que absorvem, a quantidade varia em função da intensidade da luz, temperatura, humidade, velocidade do vento e teor de CO_2 na atmosfera. O movimento da água das raízes até as folhas é explicado pela teoria de tensão e coesão segundo a qual ao aumento da absorção de água resultante do aumento da transpiração e perda de água se gera a força necessária para a sua absorção.

A importância da água prende-se pelo fato de ser através dela que outros nutrientes dissolvidos podem ser assimilados pelas plantas

De acordo com a sua necessidade em água há plantas que vivem sempre na água (nenúfar); há plantas que necessitam de muita humidade (fetos, musgos); há plantas que têm necessidade moderada de água (pereira, pessegueiro); há plantas que conseguem viver em locais secos, adaptadas à secura (catos) e há plantas que vivem na margem de rios, ribeiros e linhas de água (planta ribeirinha, ripícola).

ii) Ação da luz e radiação solar

A ação da luz e radiação solar constitui a fonte de energia para os processos físicos-químicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre, interferindo assim em vários aspetos das plantas das quais se destacam as seguintes:

- Taxa fotossintética;
- Regulação do comprimento dos entre nós do caule e da dimensões, forma, recorte e anatomia das folhas;
- Fotoperíodo, isto é, a duração do período de luz necessária para uma planta florir:
 - Plantas de dias curtos: só florescem se o fotoperíodo é menor que o tamanho crítico (dia com menos de 14 h, florescem no outono ou no fim de verão);
 - Plantas de dias longos: só florescem se o fotoperíodo é maior que o tamanho crítico (dia com mais de 14 h, florescem na primavera e no início de verão);
 - Plantas de dias neutros: não necessitam de fotoperíodo.
- Época de brotamento, floração, perda de folhas e germinação de sementes.

Por depender da luz do sol, a fotossíntese é a forma como as plantas se alimentam durante o dia, transformando o CO_2 da atmosfera e assimilando água que transformam em glicose e libertam oxigénio.

Segundo a adaptação à luz as plantas podem ser heliófilas quando exigem luz plena (por exemplo o girassol e o milho), e umbrófilas quando adaptadas à sombra ou deficiência de luz (caso dos musgos e fetos).

iii) Temperatura

Para se desenvolverem, as plantas também precisam de temperatura adequada, caso contrário podem mesmo morrer ou por queima dos tecidos no caso de geada ou temperatura muito elevada. Se a temperatura não for a adequada pode também comprometer-se as produções. Neste sentido, cada espécie tem um limite máximo, um limite mínimo e um ótimo de temperatura para efetuar as diversas fases do seu ciclo vegetativo.

Efeitos de temperatura baixa

- Redução da atividade enzimática;
- Indução da floração;
- Quebra de dormência da semente;
- Perda de folhas, que só voltam a crescer aquando da chegada da primavera.

Efeitos de temperatura alta

- Dormência secundária de sementes;
- Danos celulares;
- Aumento da transpiração;
- Interrupção do crescimento;
- Inibição da fotossíntese antes da respiração.

As espécies frutíferas de clima temperado, de folhas caducas apresentam um período de repouso invernal, durante o qual as plantas não apresentam crescimento vegetativo. Esse repouso é condicionado pelas condições climáticas, que atuam sobre os reguladores de crescimento, nomeadamente a temperatura. Um novo ciclo vegetativo/reprodutivo será iniciado somente após as plantas sofrerem a ação das baixas temperaturas, sendo que a quantidade de frio requerida para o término do repouso é conhecida como número de horas de frio que pode situar-se abaixo dos 7°C ou dos 13°C consoante o tipo de planta.

Outro conceito importante a ter em conta na influência da temperatura na planta é o de Grau-dia. Este pode definir-se como a acumulação diária da temperatura que se situa acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta (Ometto, 1981). A condição mínima ou máxima é definida como temperatura-base e a energia acumulada nesse intervalo de condição (graus-dia ou soma térmica) é a energia necessária para a planta completar determinada fase fenológica ou, mesmo, o seu ciclo total de desenvolvimento.

iv) Solo

À exceção das plantas aquáticas o meio de suporte das plantas é o solo. O solo influencia o desenvolvimento das plantas através das suas:

- Propriedades físicas de textura, estrutura, porosidade e arejamento, poder de retenção para a água, temperatura;

- Propriedades químicas relacionadas com o pH, capacidade de troca catiónica, condutividade elétrica- salinização, teor de matéria orgânica, macro e micronutrientes;
- Propriedades biológicas, nomeadamente a sua atividade microbiana, tornando os solos mais férteis e produtivos para as plantas, relações simbióticas e atividade enzimática;

A planta e as suas necessidades

As necessidades da planta podem dividir-se em fisiológicos e nutritivos, conforme a Tabela 15.

Necessidades Fisiológicas		Necessidades Nutritivas			
Fator	Função	Fator	Função	Fonte natural	Aplicação
Parte aérea					
Luz	Fotossíntese/ Floração	Dióxido de carbono (CO ₂)	Carbono para a matéria orgânica da planta	Ar	CO ₂ em estufa (raro em Portugal)
Oxigénio	Respiração				
Calor/Frio	Crescimento/ multiplicação das células - Floração				
Raiz					
Oxigénio	Respiração raízes e sementes em germinação	Água	Oxigénio e hidrogénio para a matéria orgânica da planta	Chuva	Rega
Calor	Crescimento/ multiplicação das células	Nutrientes solúveis (N, P, K, Ca, etc.)	Constituintes das células e sucros celulares	Solo, Ar, (azoto)	Fertilizantes minerais e orgânicos
Água	Germinação Transporte da seiva "bruta" e "elaborada"	Substâncias orgânicas	Fatores de crescimento e resistência às doenças e pragas	Solo	Fertilizantes orgânicos

Tabela 15 - Necessidades fisiológicas e nutritivas da planta | Fonte: Soltner, 1989

Segundo Soltner, os principais elementos que constituem as plantas são oxigénio, carbono e hidrogénio, em 98%, encontrando-se o oxigénio e o hidrogénio principalmente na água da planta (cujo teor é em geral superior a 80%) e o carbono na matéria seca da fração orgânica. Restam pois cerca de 2% de elementos minerais, aqueles com que o agricultor em geral se preocupa como o azoto, o fósforo, o potássio, o cálcio ou o magnésio.

I.3.1. NOÇÕES DE BOTÂNICA AGRÍCOLA

A botânica é um ramo da biologia que estuda a fisiologia e a morfologia das plantas, dos

fungos e das algas. O estudo de todas as características desses organismos é imprescindível, pois a importância deles para o meio ambiente e para o homem é indiscutível, não nos esquecendo de que é através da manutenção da flora que temos a conservação de inúmeras espécies de animais (Figura 41).

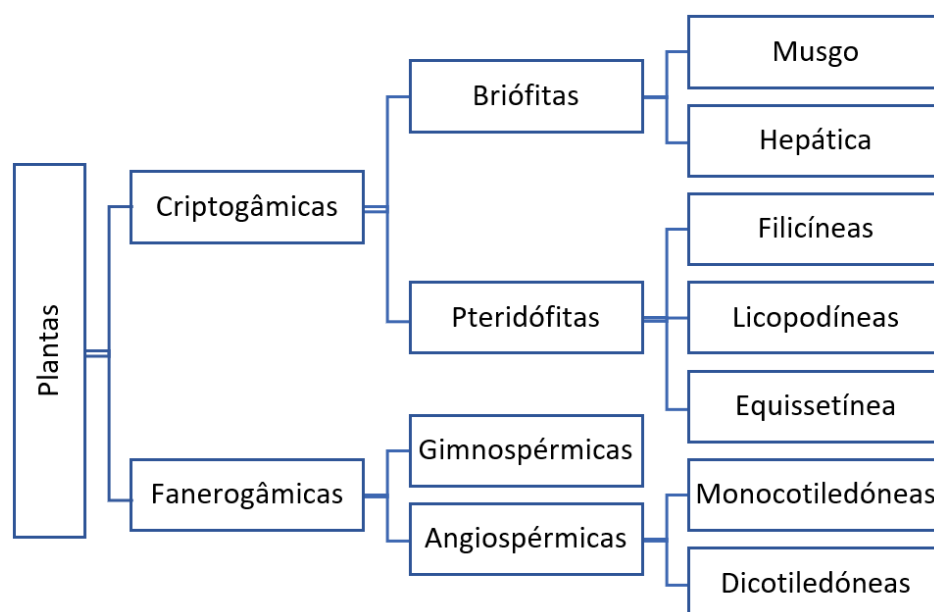


Figura 41 - Características das plantas | Fonte: Lousã et al., s.d

As plantas dividem-se em diversos grupos, conforme as suas características:

Fanerogâmicas - são aquelas que produzem sementes, frutos e flores. Nessas plantas as estruturas reprodutivas são identificadas e visíveis, os óvulos (gametas femininas) e o pólen (gameta masculino).

As plantas **Fanerogâmicas** são divididas em dois grupos: **Gimnospérmicas** e **Angiospérmicas**

As Plantas Gimnospérmicas apresentam como características:

- Plantas com folhas do tipo agulha ou escama, como os pinheiros e os ciprestes;
- São plantas terrestres, vasculares, que produzem flores e sementes, contudo as suas sementes ficam nuas, isto é, não são envolvidas pelos frutos (ovários desenvolvidos - ovários abertos na polinização);
- Possuem caule, raízes e folhas. Algumas espécies possuem folhas alteradas chamadas de estróbilos – em algumas espécies os estróbilos são chamados de cones;
- As flores não têm perianto (cálice + corola), ou seja, são aclamídeas ou nuas e são unissexuais (ou masculinas ou femininas);
- Cotilédones dois a muitos;
- O pólen germina diretamente no ápice do nucelo do óvulo;
- Têm crescimento secundário, devido à atividade do câmbio vascular, com anéis de crescimento anual;

- O lenho é formado por traqueídeos e sem vasos. A capacidade para a produção de lenhina, incorporada nas paredes celulares permite lhes dar rigidez e atingirem grandes alturas.

As Plantas Angiospérmicas apresentam como características:

- Variam desde gramíneas a grandes árvores, representando o maior grupo de plantas existentes tais como as magnólias, macieiras ou o trigo;
- A grande diferença entre as plantas angiospérmicas e gimnospérmicas é a presença das flores e dos frutos (protegem as sementes);
- As principais características das plantas angiospérmicas são: o fato das plantas apresentarem raízes, tronco, folhas, sementes, flores e frutos;
- As plantas angiospérmicas são vasculares (possuem vasos condutores), são fanerógamas (flor com estrutura reprodutiva visível) e não dependem da água para o processo reprodutivo;
- O processo reprodutivo das plantas angiospérmicas caracteriza - se por ser feita através da polinização, que pode ser realizada por intervenção de polinizadores e ou do vento;
- Na época da reprodução as flores desenvolvem se para atrair os agentes polinizadores;
- Nas Angiospérmicas as flores podem não ter perianto ou este ser haploclamídeo (só pétalas ou só sépalas) ou diploclamídeo (com sépalas e pétalas);
- Quanto ao sexo podem ser unissexuais ou hermafroditas (ou os dois tipos, na mesma inflorescência), frequentemente com perianto. Óvulos encerrados num pistilo fechado;
- Formado por ovário, estilete e estigma.

As plantas Angiospérmicas estão divididas em dois subgrupos (Tabela 16):

Monocotiledóneas – são plantas que possuem raiz fasciculada, as folhas apresentam nervuras paralelas, as sementes são simples – 1 cotilédone, possuem um ciclo de vida curto e crescem de forma primária. Exemplos: as gramíneas, milho, centeio, cevada, trigo, alho, cebola e outras espécies;

Dicotiledóneas – são plantas que apresentam raízes aprumadas, as folhas possuem nervuras geralmente reticuladas, as sementes possuem 2 cotilédones, algumas possuem um ciclo de vida longo, e crescimento secundário do caule e da raiz e podem ter tronco lenhoso. Exemplos: amendoim, soja, feijão, ervilha, fava, batata, roseira, lentilha e couves, videira, árvores de fruto. Etc.

Órgão	Monocotiledóneas	Dicotiledóneas
Raiz	<p>Em feixe (fasciculada)</p>  <p>Raízes fasciculadas</p>	<p>Pivotante ou aprumadas</p>  <p>Raiz secundária, Raiz terciária, Raiz principal, Raiz axial ou pivotante</p>



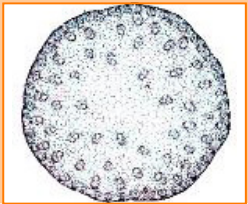
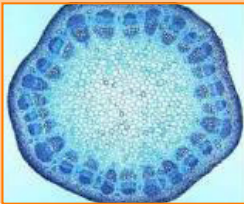




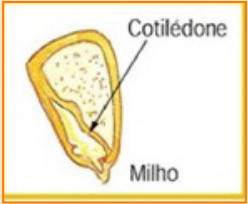
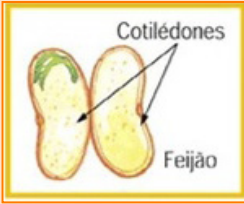
Órgão	Monocotiledóneas	Dicotiledóneas
Caule	Normalmente sem crescimento em espessura: herbáceas, colmos, rizomas e bolbos 	Normalmente com crescimento em espessura. São comuns caules lenhosos 
	Feixes vasculares dispostos irregularmente 	Feixes vasculares dispostos em círculo 
Folha	Bainha geralmente desenvolvida. Nervuras paralelas 	Bainha quase sempre reduzida. Nervuras reticuladas 
Flor	Sépalas e pétalas em geral organizada em base 3 (trímeras) 	Sépalas e pétalas em geral organizada em base 5 (pentâmeras) 
Semente	Um cotilédone reduzido, sem reserva 	Dois cotilédones com ou sem reserva 

Tabela 16 - Diferenças entre Monocotiledóneas e Dicotiledóneas, quanto morfologia externa

Criptogâmicas – Plantas que não produzem sementes, frutos e flores.

As plantas criptogâmicas foram divididas em dois grupos para melhor as classificar: Plantas Briófitas e Plantas Pteridófitas.

Plantas Briófitas - são plantas de pequeno porte (1 mm a mais de 1 m), são “folhosas” ou “espalmadas, sendo encontradas em locais húmidos e sombreados (musgos, hepáticas e antóceros), ao longo dos solos húmidos e linhas de água. (Figura 42)

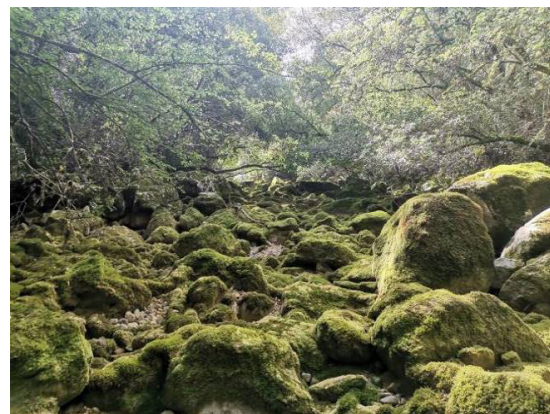


Figura 42 - Exemplo de uma planta briófitas, musgo

Estas plantas apresentam-se caracterizadas por:

- Cor verde devido à presença de clorofila *a* e *b*, são pequenas e compactas;
- São organismos autotróficos;
- Crescem muito lentamente;
- Não apresentam tecidos vasculares e tecidos lenhosos bem desenvolvidos (exceções);
- Não têm folhas, caules e raízes verdadeiras, mas sim estruturas semelhantes na forma e funções;
- A maioria absorve humidade e nutrientes em solução diretamente através da parede das células;
- Os nutrientes minerais são provenientes da humidade atmosférica ou da água situada à superfície do substrato;
- Necessitam de água para a reprodução sexuada, contudo a maioria são assexuados.

Plantas Pteridófitas - plantas que possuem vasos condutores (xilema e floema) e tecidos, mas não apresentam sementes, são caracterizados por esporófitos vasculares, herbáceos ou lenhosos, frequentemente com raiz, caule e folhas, por vezes de tamanho considerável (exemplo das avencas, samambaias, salvinia e selaginelas) (Figura 43).

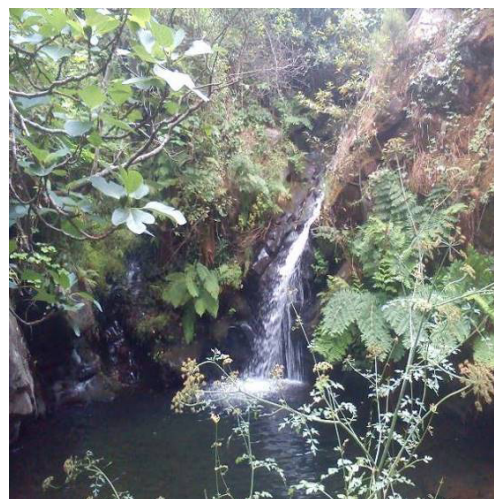


Figura 43 - Exemplos de plantas pteridófitas

A evolução dos sistemas condutores de fluidos (xilema e floema), permite o transporte de água e alimentos através da planta. Elas têm a capacidade de se ramificarem profusamente devido à atividade de meristemas apicais nas extremidades de caules e ramos. Alguns ptéridofitos propagam-se vegetativamente (assexuadamente) por meio de rizomas rastejantes ou por bulbilos produzidos nas folhas, como no feto-da-nostalga. (Lousã et al., s.d).

a) Caracterização dos órgãos principais das plantas

Os órgãos vegetativos das plantas são as raízes, as folhas e o caule, e os órgãos reprodutivos das plantas são as flores, frutos e sementes.

i) Raiz

A raiz tem duas funções principais: servir como meio de fixação ao solo e como órgão responsável pela absorção de água e nutrientes nela dissolvidos como os compostos nitrogenados e outras substâncias minerais como potássio, fósforo e todos os macro e micronutrientes necessários as plantas e também atuam como reserva (Figura 44);

A sua localização normal é na base da planta, ficando sob a terra;

Colo – entre raiz e caule;

Zona suberosa – parte mais velha, não tem absorção de água;

Zona pilosa – possui pelos, absorção de água e sais;

Zona lisa – mais jovem, crescimento da raiz;

Coifa – Serve como proteção, impedindo entrada de microrganismos.

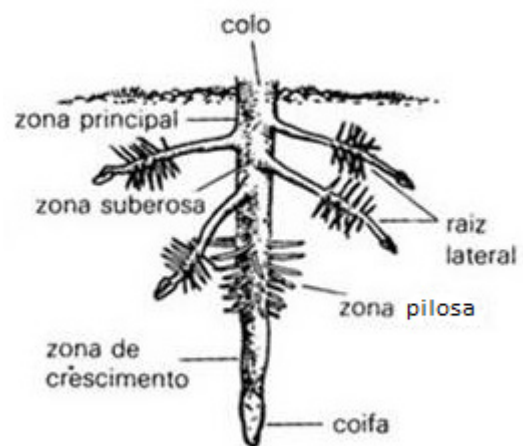


Figura 44 - Constituição de uma raiz | Fonte: Anônimo c, s.d

Existem diferentes tipos de raízes, mas de modo geral, ou há uma raiz primária principal apumada e várias ramificações que são as raízes laterais, ou um conjunto de raízes adventícias sem distinção da principal.

As raízes podem apresentar especializações para realizar as mais diversas funções. As raízes tuberosas, por exemplo, têm a capacidade de armazenar nutrientes, como a beterraba, a cebola o rabanete etc., as raízes sugadoras, presentes em plantas parasitas sugam os nutrientes da planta hospedeira.

Outra característica morfológica funcional das raízes é a possibilidade nas espécies de leguminosas associação entre bactérias dos gêneros *Rhizobium*, originando nódulos radiculares fixadores de azoto atmosférico de extrema importância para o desenvolvimento da planta. Outro exemplo são as micorrizas, que são associações de raízes e fungos. Os fungos convertem minerais e matéria orgânica degradada presentes no solo em formas assimiláveis para a planta, e a planta produz açúcares, aminoácidos e outros materiais orgânicos acessíveis ao fungo.

Tipos de raiz

Tuberosa - contém grande reserva de substâncias nutritivas, e por essa característica é muito utilizada na nossa alimentação (batata-doce, cenoura, beterraba, rabanete) (Figura 45).

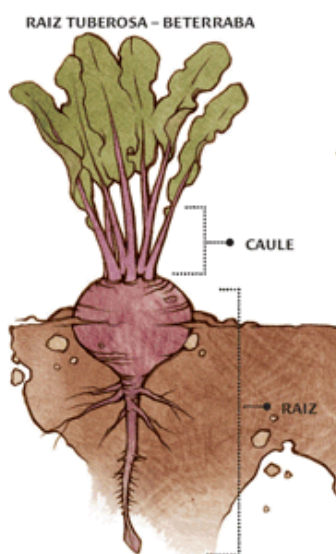


Figura 45 - Raiz tuberosa

Fasciculada – esses sistemas são formados pelas raízes adventícias que se originam no caule, sem apresentar uma raiz principal, pois a raiz primária, geralmente desenvolve-se por um período curto de tempo. Subdividem-se em várias partes todas de igual desenvolvimento, características das plantas monocotiledóneas, como as gramíneas (Figura 46).



Figura 46 - Raiz fasciculada | Fonte: Anônimo b, s.d

Aprumada - caracterizam-se por haver um eixo principal vertical, no prolongamento do caule, do qual saem outras raízes, chamadas laterais, geralmente menos desenvolvidas, este tipo de sistema radicular é geralmente encontrado em plantas dicotiledóneas e gimnospermas (Figura 47).



Figura 47 - Raiz Aprumada
Fonte: Anônimo a.s.d

ii) Caule

O caule é o órgão vegetativo da planta que corresponde à zona aérea da planta, sendo o pilar onde se desenvolvem os ramos, as folhas, as flores e os frutos. O caule é o órgão da planta que tem como funções:

- Suportar as folhas, flores e depois os frutos;
- Estabelecer a ligação entre a raiz e as folhas, fazendo a circulação da água e sais minerais da raiz até às folhas e os alimentos das folhas para a raiz;
- Nalguns casos, acumulam substâncias de reserva.

Estrutura de um caule

As principais estruturas do caule são, gemas, zona de alongamento, axilas, nós e entrenós (Figura 48).

Gemas ou gomos, são formadas por células que podem se multiplicar e passar por um processo de alongamento e são responsáveis por originar novos ramos, folhas e flores. As gemas podem ser do tipo: **apical** (também conhecida como **terminal**), que é o broto localizado na ponta do galho, no ápice da planta, que permite o crescimento vertical do caule, ou **laterais**, que são brotos dos quais se originam ramos laterais, folhas e flores.

Quanto à natureza podem ser:

- Folheares – dão origem a folhas;
- Florais ou botões – dão origem a flores;
- Mistos – dão origem a ramos com folhas e flores;

A zona de alongamento - é a região onde ocorre o alongamento dos entrenós;

Axilas – onde cada folha ou ramo se liga ao caule;

Nós – são as saliências de onde partem as folhas e os ramos, ou seja, são os locais onde estão inseridas uma ou mais folhas e as flores;

Entrenós – são os espaços que separam os nós, ou seja, é região entre dois nós sucessivos, a qual não forma gemas.

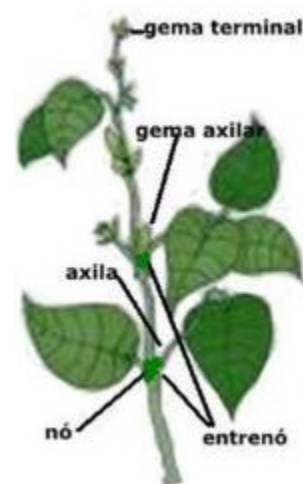


Figura 48 - Constituição de um caule
Fonte: Carrilho, s.d

Tipos de caule:

A Figura 49 mostra os tipos de caule quanto ao habitat da planta.

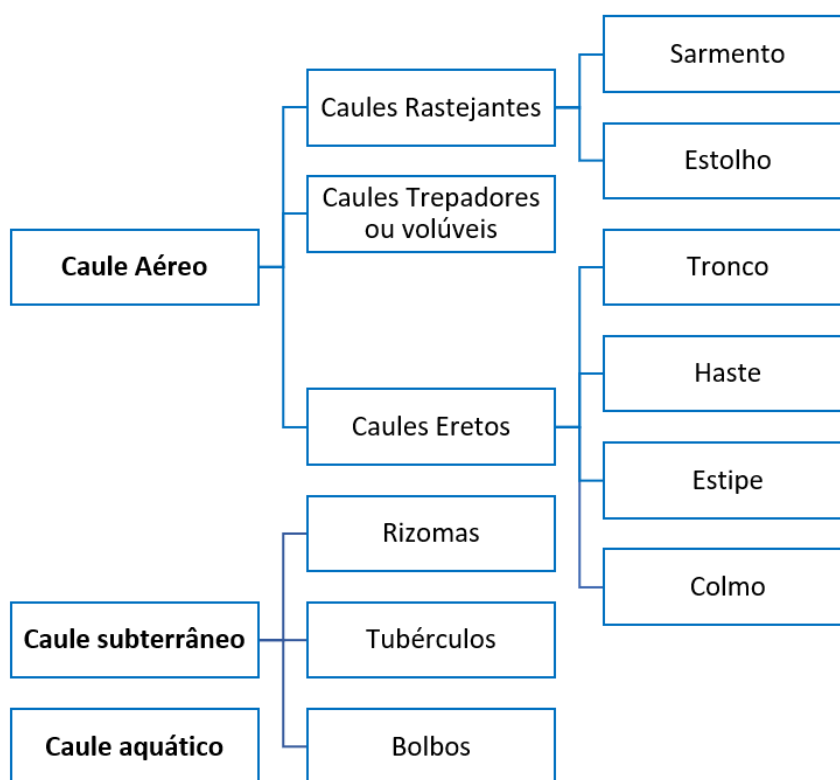


Figura 49 - Tipos de caules considerando-se o habitat da planta

Tipos de Caules Aéreos

Os caules aéreos são estruturas finas e longas que se desenvolvem acima do solo e são os mais abundantes e diversos entre as plantas.

Segundo a sua forma de crescimento os caules classificam-se como rastejantes, trepadores e eretos.

- Caules rastejantes - são caules pouco resistentes que crescem apoiados no solo, como o caule da melancia, melão ou abóbora (Figura 50). Estes caules, segundo o seu habitat são classificados em **sarmento** e **estolhos**.



Figura 50 - Caules rastejantes - abóbora

- i) Sarmento - é um caule lenhoso, delgado e flexível, trepador (videira, kiwi, etc.) (Figura 51), que se caracteriza por apresentar apenas um ponto de fixação da raiz, podendo ser cheio de ramos ou folhas modificadas chamadas de **gavinhas** (Figura 53). Esse tipo de caule consegue subir em suportes.



Figura 51 - Caule sarmento, exemplos de caules trepadores

- ii) O estolho é um tipo de caule que cresce paralelo ao chão, formando gemas de espaço em espaço, podendo originar plantas novas com raízes e folhas, exemplo o morangueiro. (Figura 52)



Figura 52 - Caule estolho, exemplo morangueiro

- b) Caules trepadores ou volúveis - são estruturas finas e longas que crescem enroladas nos mais variados tipos de suporte, exemplos como chuchu, jasmims, videira, feijão etc. Nestes caules pode desenvolver uma adaptação caulinar chamado de **gavinhas** que

servem para fixação das plantas trepadeiras. Ao encontrar um substrato adequado, a **gavinha** fixa-se e enrola-se a ele. Essas adaptações têm forma de mola, o que impede que ela se parta com facilidade. (Figura 53)



Figura 53 - Caule trepador, exemplo a) feijão b) gavinha de um maracujá

- c) Caules eretos, são aqueles que crescem perpendicularmente ao chão. São classificados de acordo com o seu tipo de habitat:
 - i) Tronco – é um tipo de caule aéreo, lenhoso, mais grosso na base, com ramos a partir de uma certa altura, exemplo pinheiro, oliveira (Figura 54). Podem ser encontrados em dicotiledóneas, na maioria das árvores e arbustos do grupo das gimnospermas.



Figura 54 - Caule ereto de classificação tronco, oliveira

- ii) Estipe – caule lenhoso de forma cilíndrica e estreita, não possui ramificações, com as folhas localizadas na parte superior, sendo o caule típico de palmeiras (Figura 55).



Figura 55 - Caule ereto de classificação estipe - palmeira

- iii) Colmo – caule oco ou com medula, cilíndrico e com nós salientes. Pode ser oco como no bambu ou ser preenchido, como na cana-de-açúcar, milho (Figura 56).



Figura 56 - Caules ereto de classificação colmo - milho e bambu

- iv) Haste – é um caule ereto, de estrutura maleável, verde (clorofilados), fino e ramificada, característico de plantas herbáceas, como o feijão a couve, etc. (Figura 57)



Figura 57 - Caules ereto de classificação haste - couve

Tipos de Caules Subterrâneos

Os caules subterrâneos são aqueles que se desenvolvem em baixo da terra e são ricos em substâncias nutritivas. Há três tipos de caules subterrâneos: **rizoma**, **tubérculo** e **bolbos**.

- a) Rizoma - são caules subterrâneos que se desenvolvem horizontalmente debaixo do solo, junto à superfície, emitindo algumas folhas, apresentam gemas laterais e possuem raízes e ramificações na sua estrutura, exemplo gengibre, bananeira, samambaia. (Figura 58)





Figura 58 - Caule subterrâneo de classificação rizoma, a) samambaia e bananeira; b) Rizoma alongada, com folhas escamiformes

- b) Tubérculo – o caule é praticamente todo de baixo da terra, onde armazenam substâncias nutritivas, sendo utilizados muito para alimentação, como o caso das batatas, rabanetes, etc., (Figura 59). Outra característica dos tubérculos é a sua rigidez e espessura, devido ao armazenamento de nutrientes que eles absorvem do solo. Este tipo de caule compõe a maior parte da planta, sem que haja a presença de folhas alteradas na planta.



Figura 59 - Tubérculo volumoso e sem raiz, caule de uma batata

- c) Bolbos – é um caule redondo, formado por folhas modificadas, na sua parte inferior há raízes e na posterior, folhas com reservas nutritivas. São muito utilizados na alimentação humana, como o alho e a cebola. (Figura 60). Do bolbo partem as raízes fixadoras da planta ao solo. Em geral, acumulam substâncias nutritivas.



Figura 60 - Caule de uma cebola, Bolbo globosa com folhas escamiformes
1) Folhas | 2) Bolbo | 3) Raiz

Tipo de caules aquáticos

Os caules aquáticos são, aqueles que se desenvolvem dentro da água (Figura 61). A sua maioria, são pouco desenvolvidos e fotossintetizantes. Possuem estruturas que armazenam ar, o que facilita a respiração e a flutuação da planta no ambiente aquático.



Figura 61 - Caules aquáticos

Outros tipos de caules

Espinhos - alguns caules, como o do limoeiro, da laranjeira e de outras plantas, apresentam espinhos que são ramos pontiagudos. Estas modificações do caule crescem nas axilas das folhas, são estruturas rígidas, pontiagudas e não fotossintetizantes. Esses espinhos são vantajosos para a planta como proteção contra os herbívoros (Figura 62).



Figura 62 - Laranjeira e limoeiro com caule em espinhos

Acúleos - na roseira, o que se pensa em ser espinhos, são, na verdade, **acúleos**, isto é, estruturas afiadas que se originam de tecidos superficiais da epiderme, revestimento externo da planta (Figura 63). É de salientar que os acúleos não são modificações de caules nem de folhas, são projeções do córtex e da epiderme da planta.



Figura 63 - Roseira com acúleos

Cladódios - são caules que se parecem com folhas verdes achatados, e com espinhos. Estes caules são encontrados em plantas que durante a sua evolução perderam as folhas, com o objetivo de evitar a perda de água para o ambiente, são típicos de plantas que se desenvolvem principalmente em regiões de clima muito seco, exemplo catos. Nestes tipos de caules ao contrário das folhas, conseguem economizar a água (através do seu armazenamento) que seria perdida por evaporação e a realização da fotossíntese (Figura 64).



Figura 64 - Caules cladódios, exemplo catos

Quanto ao número de caules classificam-se em:

Unicaules (fruteiras) – apresenta apenas um caule, que tende a crescer na vertical, dando ramos laterais, que se alargam e se afastam muito do eixo central, com uma vida secundária sem tendência para crescer na vertical (Figura 65).

Multicaules (groselha e framboesa) – da raiz saem muitos caules, que se alargam copadas em ramos (Figura 65).



Figura 65 - Exemplos de plantas unicaules a) e multicaules b)

iii) Folhas

As folhas são órgãos vegetativos das plantas que crescem a partir do caule (Figura 66). Têm normalmente, cor verde por possuírem clorofila.

Funções das folhas:

- As folhas são as “fábricas de alimentos” das plantas porque possuem clorofila, que capta a energia solar, usa dióxido de carbono do ar, água e sais minerais do solo, produz os alimentos da planta e liberta oxigénio;
- As plantas transpiram pelas folhas (transpiração) perdendo água (vapor), que origina a humidade do ar;
- Defesa contra herbívoros e patógenos;
- Especializadas na realização da fotossíntese;
- A síntese de substâncias orgânicas que ocorre na fotossíntese influencia todo o funcionamento do ecossistema, pois faz com que as plantas sejam as produtoras primárias das cadeias tróficas;
- Além da importância para a planta, as folhas também possuem grande valor económico, pois são utilizadas na alimentação de animais e da espécie humana.

Bainha - é a porção da folha que envolve parte do caule

Pecíolo - normalmente se chama o pé da folha

Limbo - é a parte larga e pouco espessa da folha

No limbo distinguem-se:

Margem - extremidade do limbo

Nervura - vasos condutores

Página superior - voltada para a luz

Página inferior - voltada para o solo

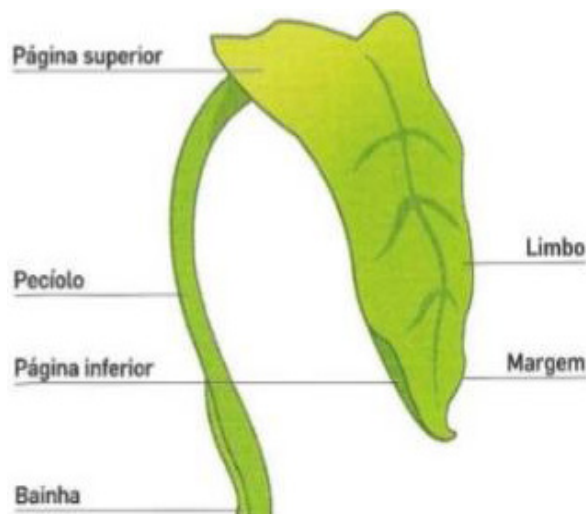


Figura 66 - Constituição de uma folha | Fonte: <https://www.slideshare.net/00367p/planta-folha-43047541/12>

Classificação das folhas - Pela disposição das nervuras

- Uninérvea - uma só nervura não ramificada (Figura 67);
- Paralelinérvea - com várias nervuras principais paralelas (Figura 68);
- Peninérvea - com uma nervura principal donde partem várias secundárias (Figura 69);
- Palminérveas - com várias nervuras principais que saem da base da folha (Figura 70);



Figura 67 - Folha uninérvea, exemplo pinheiro-manso



Figura 68 - Folha paralelinérvea – Folha de milho



Figura 69 - Folha peninérvea



Figura 70 - Folha Palminérveas

As folhas apresentam formas de limbo muito variadas, na Tabela 17, está contemplada a sua classificação.

Folhas simples - são aquelas em que o limbo não é dividido.

Folhas compostas - apresentam o limbo dividido em pequenas porções chamadas de folíolos. Cada folíolo pode ter ainda um pequeno pecíolo, que, nesse caso, é chamado de peciólulo.

Folhas Simples	Folhas Compostas
<p>Cordiforme</p> 	<p>Digitada</p> 
<p>Elíptica</p> 	<p>Penatipartida</p> 
<p>Oboval</p> 	<p>Palmada</p> 
<p>Peltada</p> 	<p>Trifoliada</p> 
<p>Lanceolada</p> 	<p>Ternada</p> 
<p>Orbicular</p> 	<p>Pinulada</p> 

Tabela 17 - Classificação da folha pela forma do limbo

iv) Flores

A flor é o principal órgão reprodutivo das plantas e não passa de conjuntos de folhas

adaptadas a funções de reprodução constituindo o androceu e gineceu, e de proteção destes (perianto).

Flores que apresentam órgãos reprodutores de ambos os sexos, masculino e feminino, são chamadas de **hermafroditas** (plantas monóicas).

Flores que apresentam órgãos reprodutores de apenas um dos sexos (masculino ou feminino) são chamadas de plantas **dióicas**, exemplo milho pendão (bandeira; capucha) órgão reprodutor masculino; espiga órgão reprodutor feminino.

Androceu: órgão reprodutor masculino da flor formado por um conjunto de **estames**, cujo número varia de nenhum a dezenas, dependendo da espécie da flor. Os estames são formados pelo **filete** e pela **antera**. É na antera que encontramos os grãos-de-pólen (Figura 71).

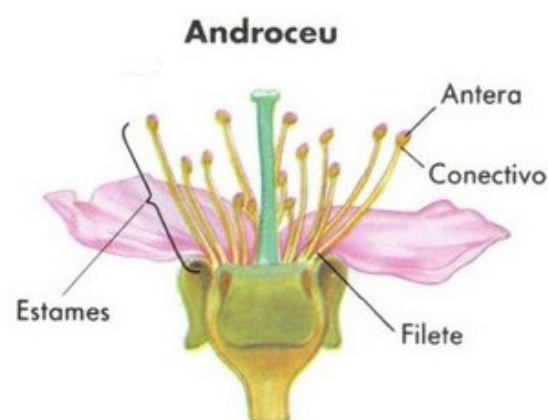


Figura 71 - Imagem ilustrativa do órgão reprodutor masculino da flor – Androceu | (Fonte: <http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=2004&evento=3>)

Gineceu: órgão reprodutor feminino da flor (Figura 72)

É formado por folhas modificadas chamadas de **pistilos** ou **carpelos**;

Uma flor pode ter um ou mais carpelos;

Na base dilatada encontramos o **ovário** da flor e em seu interior podemos encontrar um ou mais óvulos, dependendo da espécie;

No lado oposto ao ovário encontramos o **estigma**, que recebe os grãos-de-pólen na polinização e que é ligado ao ovário pelo **estilete**.

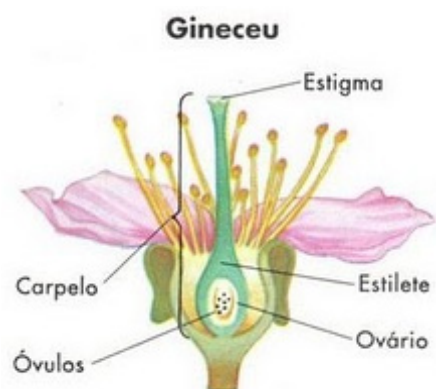


Figura 72 - Imagem ilustrativa do órgão reprodutor feminino da flor – Gineceu | Fonte: Anônimo, 2015

Perianto

É o nome dado aos invólucros da flor, isto é, o conjunto do cálice e da corola, que envolvem os órgãos de reprodução deste tipo de plantas (Figura 73).

Uma das funções do perianto é atrair insetos e pássaros, que desempenham um papel importante na polinização das flores.

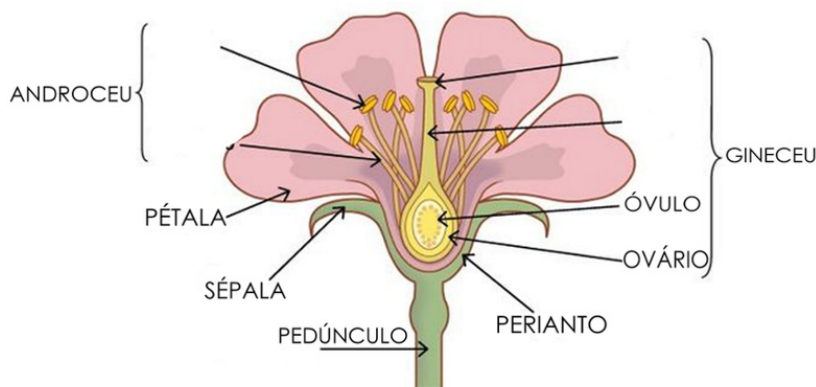


Figura 73 - Imagem ilustrativa do Perianto | Fonte: Rodrigues, s.d

Cálice e corola

Cálice: conjunto de folhas modificadas de cor verde chamadas de sépalas;

Corola: folhas modificadas chamadas de pétalas, que podem ser de variadas cores;

Podemos encontrar flores isoladas (como as rosas) ou em conjuntos chamados de inflorescências.

Inflorescências – disposição das flores numa planta. A haste de uma inflorescência é denominada pedicelo (Figura 74).



Figura 74 - Vários exemplos de inflorescências

Tipos de inflorescências:

- Inflorescências definidas (Cimeiras), a primeira flor a abrir é a que fica por cima ou no centro do conjunto (Tabela 18);
- Inflorescências indefinidas, abrem primeiro as flores inferiores ou exteriores, enquanto o resto da inflorescência continua a crescer e formar novas flores (Tabela 19).

Escorpióide – as flores estão ramificadas e dispostas apenas de um dos lados da raque.



Cimeira Multípala – as flores brotam sempre de gemas lateralizadas em volta do mesmo nó, inclinadas em relação à raque (o eixo principal).



Cimeira Bípara – as suas flores estão opostas uma à outra, graças ao desenvolvimento de suas gemas laterais.



Tabela 18 - Inflorescências definidas

Racemo – possui o pedicelo e uma raque simples.



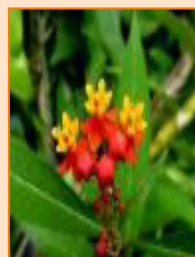
Espiga – as flores estão arranjadas em uma raque simples.



Panícula – as flores aparecem geralmente apenas nas ramificações e no topo da raque.



Umbela – as flores estão arranjadas sob o mesmo ponto no topo da raque.



Capítulo – as flores estão dispostas ao redor de um receptáculo arredondado que é protegido por brácteas, em forma aproximada de um disco na espessura e no diâmetro.



Tabela 19 - Inflorescências Indefinidas

v) Frutos

Os frutos são estruturas formadas a partir do desenvolvimento do ovário da flor e podem ser divididos em duas partes principais: pericarpo (parte exterior) e semente. São estruturas que protegem as sementes nas Angiospérmicas. Depois da fecundação dos óvulos no interior do ovário há um crescimento do fruto, que se dá por ação das hormonas vegetais. É nessa fase que se inicia o processo de composição do fruto (Figura 75): estrutura, cores, consistência e sabores.

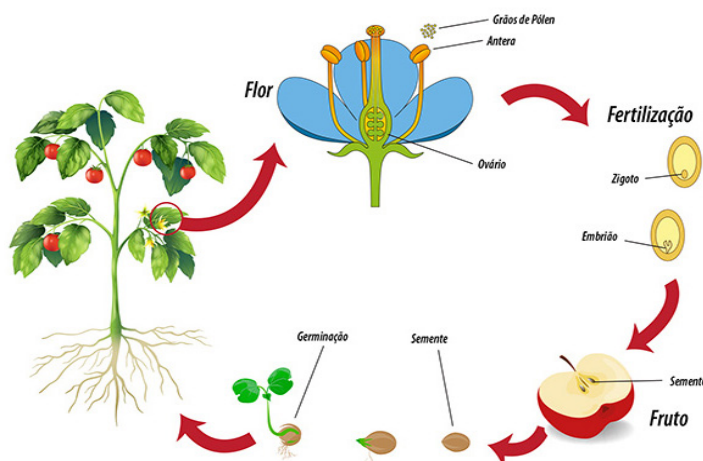


Figura 75 - Imagem Ilustrativa do desenvolvimento do fruto | Fonte: Diegpl, 2018

Todos os frutos apresentam uma estrutura básica (Figura 76):

Epicarpo: é a porção mais externa do fruto, oriunda da epiderme da folha carpelar. Normalmente é uma camada membranácea e muito fibrosa vulgarmente chamada de casca.

Mesocarpo: é a porção intermediária (entre o epicarpo e o endocarpo). Às vezes armazena alguma substância de reserva. Oriunda dos parênquimas da folha carpelar, vulgarmente chamada de polpa.

Endocarpo: é a porção (camada) mais interna, geralmente mais rígida, envolve a semente. Oriunda da epiderme interna do ovário.

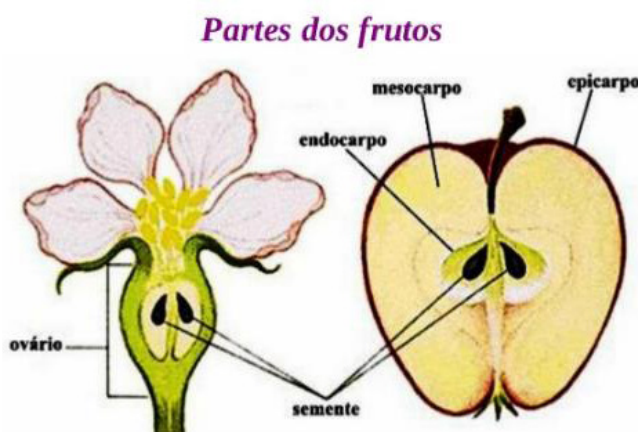


Figura 76 - Constituição do fruto | Fonte: <https://www.slideshare.net/edvaldosilvajunior/angiospermas-flor-fruto-e-semente>

Classificação dos Frutos quanto à composição:

- **Frutos simples:** provenientes de uma só flor com um só pistilo, ex.: limão, pêra, maracujá, maçã, pêssego, noz, kiwi; laranja; pêssego, ameixa; cereja etc.
- **Frutos múltiplos:** provenientes de uma flor com vários pistilos (inflorescência) ex.: abacaxi, framboesa, groselha.
- **Frutos agregados ou infrutescências:** São formados a partir de vários carpelos ou pistilos separados de uma única flor. ex.: figo, amora, morangos e uva.

vi) Sementes

As sementes têm origem a partir do desenvolvimento do óvulo maduro fecundado das plantas gimnospermas ou angiospermas e é formado por tegumento ou casca, embrião e o endosperma que o envolve (Figura 77). No caso das plantas angiospermas, as sementes estão protegidas por frutos, ao contrário das plantas gimnospermas, que possuem sementes nuas ou desprotegidas de frutos.

É através da dispersão e distribuição das sementes que é possível a propagação das plantas, das quais com o tempo desenvolveram muitas maneiras de dispersão da sua população, podendo ser por terra, na água no caso das plantas aquáticas e até em rochas.

As sementes também possuem um mecanismo de proteção da próxima geração, evitando que a planta germine em condições desfavoráveis ao crescimento. A título de exemplo, em áreas de invernos rigorosos, as sementes podem passar o inverno todo debaixo da neve,

dormentes, e só germinam na primavera, ou quando existem condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento, nomeadamente, água e a temperatura.

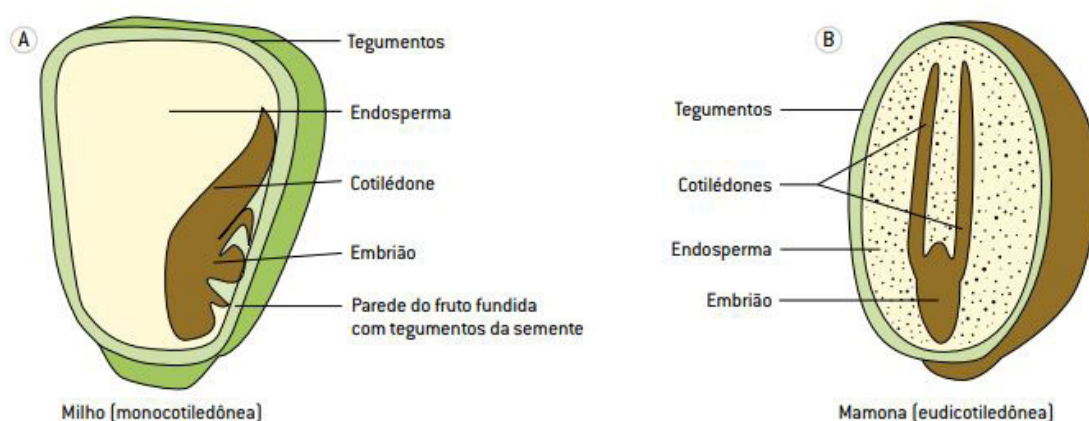


Figura 77 - Morfologia interna de uma semente Dicotiledônea | Fonte: <https://www.coladaweb.com/biologia/botanica/angiospermas>

I.3.2. FISILOGIA VEGETAL: PRINCIPAIS PROCESSOS FISIOLÓGICOS

A fisiologia vegetal é o estudo dos processos vitais das plantas, ou seja, é o estudo de todos os fenômenos e estruturas que contribuem para manutenção da vida na planta. O objetivo é compreender como funciona o metabolismo, desenvolvimento, reprodução, nutrição, e até mesmo avaliar como as plantas reagem às influências do meio em que estão inseridas.

Os processos vitais são transformações físico-químicas que ocorrem dentro da célula ou do organismo ou qualquer troca entre a célula ou organismo e seu meio.

Nos processos químicos nas plantas, temos a fotossíntese, respiração, digestão, síntese de substâncias diversas, armazenamento, entre outros.

Nos processos físicos nas plantas, temos a absorção de CO_2 e perda e a absorção da água.

Que tipo de processos fisiológicos realizam as plantas?

I.3.2.1 FOTOSSÍNTESE

A fotossíntese é o consumo de dióxido de carbono e liberação de oxigênio, que é realizado pelas plantas para produção do seu próprio alimento. Trata-se de uma transformação de energia luminosa em energia química, atuando a clorofila como catalisador (Figura 78).

As folhas são os órgãos especializados, onde se processa a maioria da fotossíntese, mas os caules também realizam uma parte importante, quando jovens e, nalgumas plantas sem folhas (catos).

A origem da matéria-prima para a fotossíntese está no solo e no ar, onde a água e os sais minerais são retirados do solo através da raiz da planta e chega até as folhas pelo caule em forma de seiva – seiva bruta.

A luz do sol, por sua vez, também é absorvida pela folha, através da clorofila, que é responsável pela coloração verde das folhas.

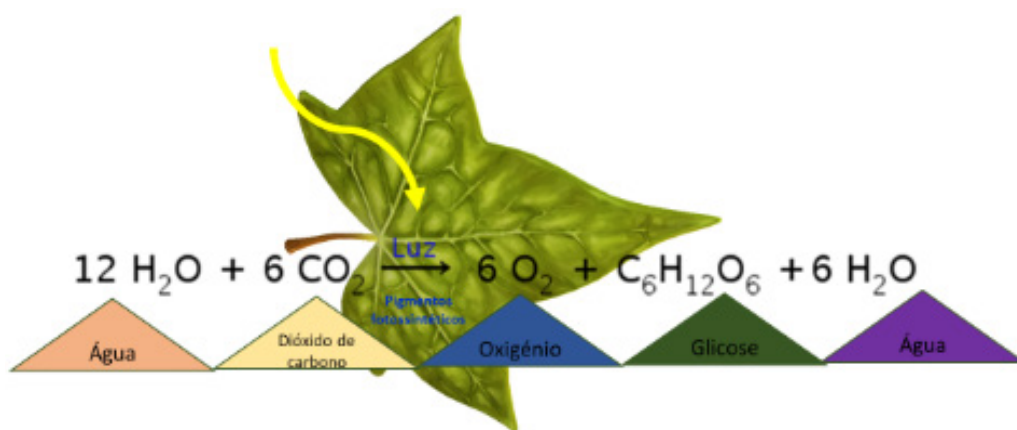


Figura 78 - Processo de fotossíntese

A equação da Figura 78, explica que quando há luz e clorofila, o CO_2 e a água são convertidos em glicose e água e há liberação de oxigênio.

Podemos concluir que para a fotossíntese ocorrer há necessidade de luz, água e dióxido de carbono (CO_2), basicamente porque precisamos de energia ATP¹ (adenosina trifosfato) (Figura 79).

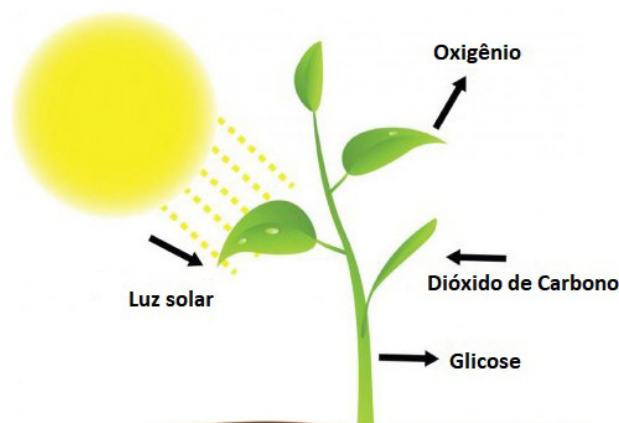


Figura 79 - Imagem ilustrativa do processo Fotossíntese | Fonte: <https://www.iguiecolgia.com/como-funciona-fotossintese/>

Principais fatores que afetam o processo fotossintético

A atividade fotossintética de folhas intactas ou mesmo de plantas é um processo integral que depende de inúmeras reações bioquímicas.

Como fatores que podem afetar o processo fotossintético em diferentes níveis, para além dos fatores ambientais, como a luz, temperatura, gases e água não podemos deixar de considerar também a anatomia foliar (que serão discutidos a seguir), onde é considerada especializada no processo de absorção de luz, além das propriedades das células do mesófilo (parênquimas paliçádico e esponjoso) permitirem uma absorção uniforme de luz pela folha. Em adição, outros fatores relacionados às folhas ainda temos os movimentos de cloroplastos e sua arquitetura. (Vieira et al, 2010).

- i) Luz: é um fator primordial para o processo fotossintético, pois dela depende a conversão da energia luminosa em energia química.

¹ ATP (adenosina trifosfato) é a principal molécula transportadora de energia nos seres vivos. A maior parte da energia química que os organismos necessitam para realizar seu metabolismo é proveniente das reações de hidrólise dessas moléculas.

Não esquecer que em relação à luminosidade existem plantas que necessitam de muita luz, plantas de “Sol” e plantas que devem ser protegidas da luz solar, plantas de “sombra”. Desta forma, podemos perceber que as folhas também são diferentes de acordo com esta característica da planta.

- ii) Temperatura: A temperatura influencia diretamente as reações bioquímicas. O limite de temperatura para a realização do processo de fotossíntese seria aproximadamente 35°C, visto que a partir desta temperatura a fluidez da membrana onde está presente a clorofila será alterada.
- iii) Gases: As plantas contam, naturalmente, com duas fontes principais de CO_2 : o gás proveniente da atmosfera, que penetra nas folhas através de pequenas aberturas chamadas estomas, e o gás libertado na respiração celular. Sem o CO_2 , a intensidade da fotossíntese é nula.
- iv) Água: A água é fundamental como fonte de hidrogénio para a produção da matéria orgânica. Em regiões secas as plantas têm a água como um grande fator limitante.

Morfologia foliar: As folhas de muitas espécies apresentam modificações, associadas a adaptações às diferentes condições ambientais.

1.3.2.2 RESPIRAÇÃO CELULAR

Respiração celular é o processo pelo qual os organismos obtêm energia para realizar as mais diversas atividades. Esse procedimento pode ocorrer tanto na presença de oxigénio, sendo aeróbio e também na sua ausência, anaeróbio.

Na respiração, ainda ocorre a libertação de dióxido de carbono e energia da qual uma parte é armazenada na forma de moléculas de ATP (adenosina trifosfato) e a outra parte é libertada sob a forma de calor e o consumo de oxigénio e glicose, ou outra substância orgânica.

O órgão responsável por essa respiração é a mitocôndria, da qual depende do cloroplasto para completar o processo e é neste sentido que a respiração celular e a fotossíntese são processos diferentes, mas interligados. Conforme podemos verificar pela Figura 80. Na respiração celular, ocorre a libertação de energia para ser utilizada pelo organismo, no entanto, essa energia é produzida por outro processo, que é a fotossíntese.

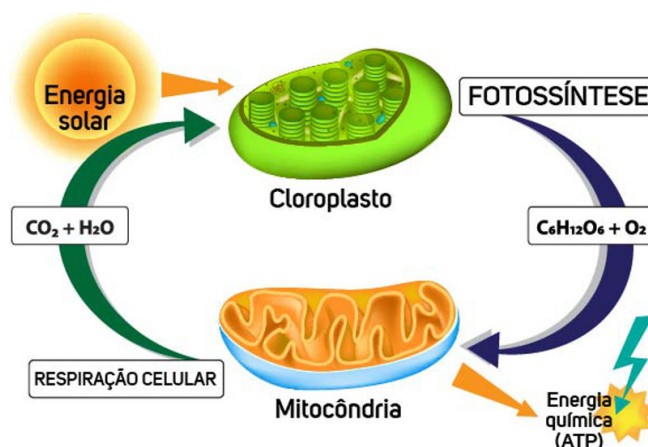


Figura 80 - Estrutura da Mitocôndria

Fonte: <https://www.biologianet.com/biologia-celular/respiracao-celular.htm>

I.3.2.3 TRANSPIRAÇÃO

De toda a água absorvida pelo sistema radicular apenas uma pequena fração fica retida na planta. A maior parte é evaporada pela parte aérea para o ar circundante. A esta perda de água pelas plantas, na forma de vapor, dá-se o nome de transpiração.

A transpiração é responsável por diversos eventos na fisiologia das plantas superiores:

- i) Pode levar as plantas a uma situação de deficiência hídrica, sendo letal em situações mais graves;
- ii) A perda da turgescência pelas células estomáticas e, consequente fecho estomático, causa diminuição das trocas gasosas (CO_2 e H_2O), afetando a produtividade das plantas;
- iii) Participa da elevação dos nutrientes e compostos sintetizados na raiz;
- iv) Dissipação do calor, através das perdas de vapor de água pelas folhas.

Quais os benefícios da transpiração?

- i) Transporte de nutrientes está associado a processos de equilíbrio osmótico, que se verifica através das perdas de água nos tecidos;
- ii) Manutenção da turgescência ideal;
- iii) O efeito refrigerante da transpiração que consegue dissipar grande quantidade de calor quando o vapor de água é difundido para a atmosfera.

Principais fatores que afetam a transpiração

- i) Disponibilidade de água: Quando a disponibilidade de água numa planta é reduzida por seca ou baixa temperatura, a absorção será menos intensa que a transpiração, o que levará a planta a uma situação de deficiência hídrica – **Redução da taxa de transpiração**;
- ii) Temperatura: Com o aumento da temperatura do ar e da folha vai levar a um aumento na taxa de transpiração;
- iii) Vento: O movimento do ar sobre a superfície da folha tende a remover o vapor de água;
- iv) Humidade do ar: Com o ar seco maior é a transpiração;
- v) Luz: A radiação solar é a fonte primária de energia para a transpiração. Grande parte da energia absorvida pelas plantas é dissipada na forma de aquecimento e evaporação;
- vi) Tamanho e forma das folhas: Folhas de tamanho menor, tendem a transpirar mais;
- vii) Orientação e exposição das folhas: O ângulo de incidência dos raios solares sobre as folhas atua sobre o aquecimento e taxa de transpiração;
- viii) Características da superfície foliar: A presença de cutícula é uma das principais características e resistência contra a perda de água. Plantas de sombra apresentam cutícula fina, podendo a transpiração chegar a 30%. Nas suculentas a transpiração cuticular é praticamente nula. A presença de pelos e escamas pode aumentar a reflexão

da radiação solar, reduzindo a evaporação e consequentemente a taxa de transpiração;

- ix) Estrutura anatômica: Folhas de sol contêm camada a mais de células paliçádicas e compactadas. Sistema vascular mais desenvolvido, cutícula mais espessa, folhas menores e mais grossas, o que conferem uma melhor retenção e circulação de água dentro da planta;
- x) Área foliar: A transpiração está associada ao balanço energético da própria folha, sendo que este balanço depende da intercetação de radiação solar pelas folhas.
- xi) Relação área de raízes/área foliar: Se a relação área de raízes/área foliar for baixa, pode haver desenvolvimento de um estado de deficiência hídrica mais acentuada.

A transpiração nas plantas pode ser:

- Cuticular: realizada através da cutícula;
- Lenticular: realizada através de lentículas;
- Estomática: consiste na saída de vapor de água da planta, através dos estomas situados na epiderme duma folha ou caule verde e representa um dos processos de maior importância na interação entre a planta e o ambiente.

Estomas

Estomas são estruturas celulares de pequenas aberturas ou poros no tecido vegetal, que têm a função de realizar trocas gasosas entre a planta e o meio ambiente (auxiliam na transpiração). Estão localizadas na epiderme inferior da folha, auxiliando na redução da perda de água, fechando quando as condições são quentes ou secas, evitando o excesso de transpiração devido à intensidade de luz que atinge a epiderme superior (Figura 81). Contudo, também podem ser encontrados em alguns caules. Os estomas permitem que a planta absorva o dióxido de carbono, necessário para a fotossíntese.

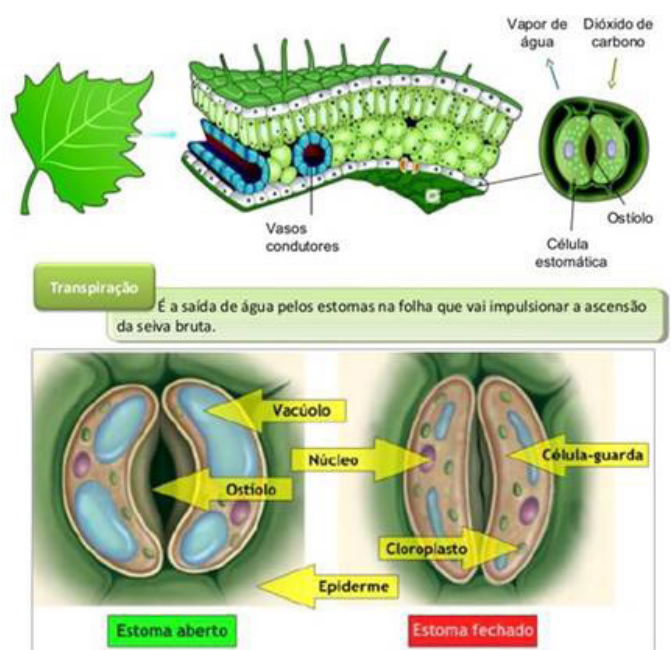


Figura 81 - Imagem das funções dos estomas | Fonte: <https://www.passeidireto.com/arquivo/55638604/transpiracao-a-transpiracao-cuticular-e-um-processo-fisico-que-nao-e-regulado-pe>

1.3.2.4 CIRCULAÇÃO DA SEIVA

A seiva é um líquido que circula nas plantas vasculares, sendo através dela que é feita a nutrição da planta, ou seja, é realizado o transporte de nutrientes para todas as células do vegetal. Estes nutrientes são necessários para o crescimento e redistribuição de substâncias orgânicas produzidas pelo processo de fotossíntese. Pode dizer-se que ela é o equivalente ao sangue dos seres humanos. A condução da seiva é realizada através de tecidos vegetais com a designação de xilema e floema (Figura 82). A principal diferença entre estes vasos condutores é que o xilema transporta a água (seiva bruta) e o floema conduz substâncias orgânicas (seiva elaborada).

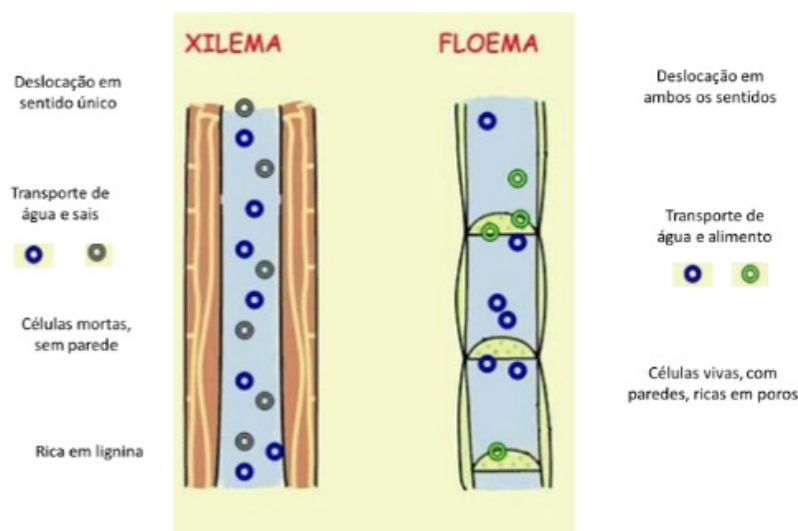


Figura 82 - Circulação da Seiva – Xilema e Floema | Fonte: Ad. <https://brainly.lat/tarea/11865071>

A seiva pode ser classificada de dois tipos:

- Seiva bruta – constituída pela água e sais minerais presentes no ambiente, é utilizada pela planta para a produção de substâncias orgânicas e para a transformação em seiva elaborada.
- Seiva elaborada – constituída por substâncias orgânicas produzidas pelas plantas no processo de fotossíntese. A seiva elaborada é formada, principalmente, por glicose produzida no processo de fotossíntese. Através dos vasos do floema, a seiva elaborada é levada para todos os tecidos da planta, possibilitando a alimentação das células (Figura 83).

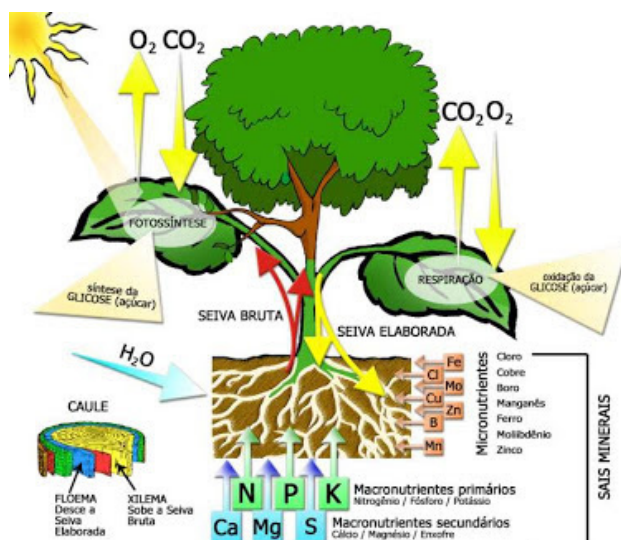


Figura 83 - Imagem ilustrativa da circulação da seiva | Fonte: Eu quero biologia, s.d

I.3.3. ESTADOS FENOLÓGICOS E DURAÇÃO DO CICLO DAS CULTURAS

A Fenologia é o estudo de como a planta se desenvolve ao longo de suas diferentes fases: germinação, emergência, crescimento e desenvolvimento vegetativo, florescimento, frutificação formação das sementes e maturação. O clima influencia de forma mais ou menos acentuada todos estes processos fenológicos.

A data de floração tem um controlo endógeno e exógeno. Nas fruteiras de clima temperado depende das necessidades em horas de frio durante o período de repouso e das necessidades em calor depois da quebra da dormência.

A amendoeira, por exemplo, tem menos necessidades em frio e calor do que a macieira. Atrasam o abrolhamento na primavera, outonos quentes (as necessidades em frio são satisfeitas tardiamente) e finais de inverno e primaveras frias (as necessidades em calor são satisfeitas tardiamente). Por ordem a sequência de floração das árvores fruteiras temperadas é a seguinte: amendoeira (ainda em janeiro), cerejeira, pessegueiro, pereira, macieira e, muito mais tarde, no final de junho, o castanheiro.

Muitas árvores, cultivadas para fruto ou não, sofrem uma queda acentuada de flores não fecundadas no período de vingamento².

O crescimento vegetativo de primavera inicia-se com o abrolhamento dos gomos foliares. Nos pomares geralmente é interrompido com as temperaturas altas a meio do verão (35-40°C) ou pela ação conjugada de temperaturas altas e falta de água no solo. Os ciclos fenológicos das plantas têm um forte controlo genético. Embora sejam distintos de espécie para espécie, e possam variar a nível da sua cultura, os ciclos fenológicos anuais respondem a diversos fatores ambientais, sobretudo de ordem climática.

Os fatores ambientais que exercem um controlo mais significativo nos ciclos fenológicos anuais após a quebra da dormência são o número de horas de luz, a precipitação e a temperatura que permitem estabelecer momentos mais precisos para a rega, fertilizações, plantações, podas, tratamentos fitossanitários, corte e polinização artificial.

Para exemplificar os vários estados fenológicos das plantas, apresentam-se no Anexo I, imagens da evolução fenológica do mirtilo, castanheiro, milho e videira.

I.3.4. PRINCIPAIS FAMÍLIAS DE PLANTAS CULTIVADAS

Ao observarmos uma árvore um arbusto, uma erva ou uma flor, um fruto ou um tronco perguntamos a nós próprios que espécie será esta, a que família pertencerá e qual será o seu interesse económico. Com que base é que os organismos se podem distinguir uns dos outros à vista desarmada? Sabemos que, em Portugal, as pessoas do campo conhecem grande parte das plantas com que convivem por determinados nomes vernáculos ou vulgares que variam conforme a região (Lousã et al, s.d). Nas seguintes Tabelas 20 - 26, estão descritas, as classificações e algumas informações técnicas sobre as principais culturas cultivadas em Portugal, das quais podemos destacar as Solanáceas, Gramíneas, Brássicas, Liliáceas, Cucurbitáceas, Leguminosas, etc.

² Vingamento - o período inicial de diferenciação dos frutos evidenciado por um intumescimento visível do ovário.

i) Principais culturas cultivadas em Portugal

Famílias Cucurbitáceas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Abóbora (<i>Cucurbita pepo</i>) Abóbora-menina (<i>Cucurbita maxima</i>)	Planta que gosta de calor e de humidade, mas sem excesso.	Semear em lua crescente em conjuntos de 3-4 sementes a 1x1m de distância. Sacha, rega, depois palhagem a fim de não voltar a regar nem remexer a terra.	Milho, feijão e ervilha. Evitar a vizinhança da batata, do rabanete e do funcho.	Em tempo seco, antes dos primeiros frios importantes.	Oídio; lesmas; Pilgões; Mildio; Antracnose; Podridão cinzenta; Fusariose.
Meloa (<i>Cucumis melo</i>)	Muito exigente em calor, necessita que lhe suprimam alguns rebentos, gosta de rega e sobretudo de palhagem, para guardar a humidade do solo e preservar a limpeza dos frutos. O primeiro corte deve ser feito por baixo da 2ª folha. O segundo corte sobe a 6ª folha, dos dois caules secundários.	Sementeira em quarto crescente, em grupos de três grãos. Plantação espaçada de 80x80 cm, em buracos preparados e enriquecidos com composto. Tem exigências elevadas em fósforo e magnésio. Moderar a fertilização azotada. Cultura exigente nas rotações e aprecia solos argilo-siliciosos.	São favoráveis, o feijão e a couve. O pepino e a abóbora diminuem o sabor dos frutos que são menos açucarados e menos perfumados.	Realiza-se, quatro meses após a sementeira, logo que cheire a maduro, e que tenha um anel bem demarcado à volta do pedúnculo.	Pulgão; Tripes; Oídio; Antracnose; Mosca branca.
Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	Exige muito calor e deve ser cultivado em solos que aqueçam rapidamente. É muito sensível ao frio. Tem sistema radicular superficial.	Semeia-se em lua crescente. Em grupos de 4-5 sementes afastadas de 50 cm, em linhas afastadas de um metro. Fazer cobertura com palha para manter a humidade do solo e os "frutos" limpos. Exige uma fertilização orgânica abundante. Gosta de terriço e suporta o composto mal "curtido".	Com ervilha, feijão, rabanete, cebola, alface, couve, girassol, milho. Evitar a vizinhança do tomateiro.	Logo que os pepinos estejam com 2/3 do seu desenvolvimento e fora das horas quentes.	Oídio; Lesmas; Pulgão; Mildio, Antracnose, Virose.

Tabela 20 - Famílias Cucurbitáceas | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

Famílias das Rosáceas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Alface-de-cordeiro/ Canónigos (<i>Valerianella olitoria</i>)	Cultura de fim de outono, a semear após uma colheita (ex. alho ou cebola). Trabalho com sacha seguida de passagem de ancinho. Receia o excesso de calor. Não utilizar as sementes do ano porque germinam mal.	Semear em linha, com espaços de 20-25 cm (1-2 gramas/m ² , segundo a dimensão do grão), ou semear a lança, entre as culturas existentes. Cobrir com uma ligeira camada de palha ou de erva seca (a semente). Semear em quarto minguate. Gosta de solos frescos, um pouco argilosos.	Couves, cenouras, alho-porro, cebola branca, nabo.	No outono, caso se tenha semeado em julho. No inverno, caso se tenha semeado em setembro. Na primavera, caso se tenha semeado em outubro.	Ferrugem; Oídio.

Famílias das Rosáceas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Morangueiro (<i>Fragaria vesca</i>)	Rústico, resistente aos grandes frios (no entanto, as flores temem as geadas primaveris). Tem os excessos de humidade e secura. Um "mulching" realizado com agulhas de pinheiro, abeto ou outras coníferas, melhora o aroma dos frutos (colocar depois da floração).	Plantação em setembro/outubro (no fim do inverno), a partir dos estolhos emitidos pelos pés-mãe, à distância de 40x40 cm. Sacha. Prefere solos ricos, ligeiramente ácidos, e teme os solos calcários. É esgotante devido à sua longa duração (4 anos), não devendo voltar ao mesmo talhão antes de 8/10 anos.	Com alho ou cebolinho, permite aumentar a capacidade de resistência dos morangos contra a podridão cinzenta. Dá-se bem com o feijão, a alface e o espinafre. Evitar a proximidade da couve.	Os frutos devem ser colhidos bem maduros.	Podridão cinzenta; viroses, mosaico, amarelecimento e emurchecimento; Oídio; Ralo; Lagarta amarela; Pulgão verde; Lesmas.

Tabela 21 - Famílias das Rosáceas | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

Famílias das Liliáceas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Alho (<i>Allium sativum</i>)	Plantar os dentes de alho com a ponta para cima, a 2 ou 3 cm de profundidade. Utilizar somente os dentes da periferia da cabeça do alho. Plantar os dentes de 10 em 10 cm ou 15 em 15 cm em cada linha. As linhas são espaçadas de 30 cm.	Variedade de outono; em outubro, novembro e dezembro; Variedade de primavera: em janeiro, fevereiro e março. Não regar, só em caso de seca prolongada, teme a humidade em excesso e a matéria orgânica mal decomposta (estrume fresco, por exemplo).	Beterraba, cenoura, morangueiro, alface, tomate – roseiras. Evitar feijão, ervilhas.	Quando as folhas amarelecem, arrancar com tempo seco. Deixar sobre o solo durante um ou dois dias antes de colocar no local de conservação.	Ferrugem; Podridão cinzenta; Tina (lagarta verde das folhas); "Anthomic" da cebola (lagarta branca do bolbo), queima os bolbos atingidos; Antracnose.
Alho – porro (<i>Allium porrum</i>) Conhecido por "Alho francês"	Planta resistente ao frio, o que lhe permite passar o inverno na terra.	Semear em quarto minguate. Cultura normal: Semear em fevereiro/março; Cultura tardia: Semear em maio, transplantar em agosto. Antes da plantação, deixar "secar" no solo durante 36 horas para o endurecer um pouco, o que protege contra os ataques da lagarta. Planta exigente em fertilizações orgânicas abundantes. Suporta mal as fertilizações mal decompostas. A lagarta ataca com frequência se o solo for carente em Magnésio.	Com cenoura (o alho porro repele a lagarta da cenoura e a cenoura a lagarta do alho porro). Boa vizinhança com cebola, aipo, tomate, espinafre. Desaconselhado aperto da acelga e do feijão.	Normalmente colhe-se em agosto/setembro. Tardiamente colhe-se de dezembro a abril.	Tinha da lagarta; A borboleta cinzenta; Míldio; Podridão.

Famílias das Liliáceas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Cebola (<i>Allium cepa</i>)	Teme os solos húmidos e demasiado ácidos. Prefere os solos "firmes". A cebola é tanto mais doce quanto mais quente for o clima onde é cultivada.	Sementeira em quarto minguate. Em fevereiro/março: cebola de cor Em outubro/dezembro: cebola branca (também possível na primavera). Evitar a matéria orgânica fresca.	Benéficas: beterraba, cenoura, (afasta a mosca da cenoura e da cebola), alface-de-cordeiro, rabanete. Evitar: ervilhas, feijões e favas.	Cebola de cor: ao colhê-lo, deixá-lo secar, durante 1 dia, no local. Cebola branca: colheita em maio/junho.	Gordura é devido a uma bactéria. O bolbo escurece e depois apodrece. Evitar os solos húmidos e a matéria orgânica não compostada. Mosca phorbia; Mildio; Traça (Acrolesia assectella); Podridão do bolbo.
Espargo (<i>Asparagus officinalis</i>)	Desenvolve-se a partir de um rizoma subterrâneo de onde partem as raízes. Os espargos combustíveis desenvolvem-se a partir de rebentos fechados no rizoma. Podem ficar no mesmo sítio 15 a 20 anos. Produzem a partir de 3º ano.	Uma semana antes da plantação, espalhar composto bem decomposto (1 carro de mão para 10 m²), cinzas de madeira ou um adubo orgânico. Em março, em trincheiras de 20 cm de profundidade e 40 cm de largo, dispostas de metro em metro, os rizomas são espalhados sobre um monte de terra fina. Exige drenagem, teme a humidade. Necessita de muito espaço: 10 m² para produzir 5 kg de espargos por estação.	Proceder à plantação por uma cultura de alhos-porros. Assim a rhizoctonia (doença que faz apodrecer as raízes) é evitada. Benéfico com tomate, salsa, feijão rasteiro, alho francês, cebola...	Começam no 3º ano. Os espargos são recolhidos quando saem da terra com cerca de 15 cm. A colheita dura duas a quatro semanas no 3º ano e pode estender-se até oito semanas nos anos seguintes.	Ferrugem do espargo (mancha sobre as folhas); Criocer do espargo (<i>Platyparea poeciloptera</i>), coleóptero; Mosca do espargo (<i>Phaorbia platura</i>), postura em abril/maio; Podridão cinzenta (<i>Botrytis cinerea</i>); Esclerotinia.

Tabela 22 - Famílias das Liliáceas | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

Famílias das Solanáceas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Beringela (<i>Solanum melongena</i>)	Multiplica-se por sementeiras em lua crescente. Um mês depois da plantação, a necessidade de "poda" (supressão dos ramos que crescem na axila das folhas da base).	Em maio, a 30/40 cm x 30/40 cm ou 50/60 cm x 50/60 cm. Necessita de calor e pede solo rico em húmus e matéria orgânica. Depois da plantação, cobrir o solo de folhas de consolda ou de composto, e, mais tarde, de erva seca ou de palha. Regar com chorume de urtigas diluídas ajuda no crescimento.	Benéfico: feijão rasteiro Ervilha, estragão e tomilho são estimulantes.	Em zonas frias a colheita é muito reduzida. Os melhores rendimentos são obtidos em zonas quentes ou em estufas.	Mildio; O escaravelho da batata; Esclerotina; Cercosporiose; Podridão cinzenta; Aranhaço vermelho.
Pimento (<i>Capsicum annum</i>)	Pimento (variedade de frutos grandes não picantes) e malaguetas (variedade de pequenos frutos picantes) são de cultura idêntica. As exigências são semelhantes às da beringela.	Sementeira em lua crescente. Transplantação em lugar com boa exposição. Prever um intervalo de 50 cm x 50 cm. Exigente em calor: 20° C na sementeira, 15° C na plantação. Prefere as terras ricas em húmus.	Feijão, beringela, ervilha, manjeriço, orégão.	A colheita realiza-se quando estiver maduro.	Mosca branca; Pulgões; Mildio; Podridão cinzenta; Esclerotinia.

Famílias das Solanáceas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	Poda: Os rebentos adventícios que crescem na axila das folhas são suprimidos à medida que vão aparecendo e podem eventualmente ser plantados com estacas (reprodução vegetativa), ou utilizados como repulsores dos parasitas de certas plantas.	Sementeiras em lua crescente sobre camas quentes ou em lugares abrigado. Repicagem quando as plântulas têm cinco folhas (15 dias ou mais). Plantação a 50 x 70 cm. "Mulch" no local desde a plantação, escolher uma exposição Sul-Sudoeste. Demolhar as sementes num preparado de valeriana. Pede fertilizante orgânica abundante. Necessita de solo quente ou que aqueça rapidamente. Pulverização com chorume sobre o "mulch" ou na água da rega.	Recomendada com a consolda, aipo, manjerição, cenoura, cebola, couve, salsa, tetragónia, rabanete. Não é recomendado, o pepino, funcho, couve – rábano, feijão, batata, beringela.	Em fim de estação: suprimir as folhas da parte inferior do caule para permitir a entrada de mais claridade a fim de favorecer a maturação.	Míldio; Gangrena dos frutos; Pulgões; Ralos; Mosca branca; Podridão cinzenta.
Batata (<i>Solanum tuberosum</i>)	Plantação em terra aquecida, arejada. Escolher os tubérculos que tenham o tamanho de um ovo e que tenham quatro rebentos (gomos) no momento da plantação. Profundidade: 7-10 cm, em terra pesada; 10 – 12 cm em terra ligeira. Compasso: 30 – 40 cm x 50 – 60 cm, para as variedades precoces, 40 cm x 60 – 70 cm, para as variedades tardias.	Gradagem antes da nascença, para destruir – no estado cotiledonário – as infestantes que tenham nascido. Sacha, alguns dias após a nascença, com sachador de precisão ou cultivador. Amontoa: logo que as plantas tenham 15 – 20 cm de altura. Não se deve realizar mais tarde para não cortar os estolhos de interligação. Uma outra amontoa é possível 15 dias antes da floração. Corte dos caules, duas a três semanas antes da colheita (melhoram a conservação dos tubérculos e a sua firmeza na cozedura). A batata é uma cultura que necessita de muito húmus, não resistindo quase nenhuma matéria orgânica. Deve-se adicionar Fósforo e Composto sobre o precedente da cultura: - 50 kg de Fósforo natural para 1000 m ² ; - 2t de Composto para 1000 m ² ; Antes da plantação, fornecimento de adubos orgânicos	Milho; Ervilha; Couve; Abóbora-menina, feijão, beringela, plantação de cânhamo assim como o rícino nas proximidades afastará os escaravinhos pelo odor.	Arrancar os tubérculos em tempo seco, deixando-os ao sol antes de os ensacar. Conservação: Para evitar o enverdecimento, guardá-las num lugar seco, escuro, sendo a temperatura ideal de 4 a 8°C. Juntar ramos de louro para afastar os ratos. Para evitar o desenvolvimento de rebentos, efetuar uma conservação com: - Ausência de luz; - Baixa temperatura, sempre estável, até ficar quase frio.	Na cultura: - Folhas enroladas, provocadas por uma virose transmitida pelas picadas dos pulgões; - Mosaico (imitação de mármore) da folhagem: é uma virose transmitida pela picada dos insetos. - Se o gérmen não se desenvolveu no período da germinação é possível aparecer a podridão do tubérculo, a podridão seca, a presença de pústulas à superfície do tubérculo ou a sarna prateada. - Necroses nos caules; - Míldio; Ferrugem: manchas cinzentas sobre os folíolos; - Escaravelho, este coleóptero pode destruir em parte ou a totalidade da folhagem; Na colheita e durante a conservação: - Lagarta amarela; - Larva de besouro; - Larva de nóctua, provocam mordeduras nos tubérculos; - Lesmas, abrem cavidades; - Sarna prateada; - Sarna comum;

Famílias das Solanáceas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
		compostados. Durante a vegetação, fertilização foliar com lithothamnium, dolomita ou pó de rocha na dose de 10 – 15 kg/1000m ² . Não efetuar calagem, nem aplicar potássio.			<ul style="list-style-type: none"> - Míldio; - Podridão seca: no corte nota-se uma podridão castanha, o tubérculo desidrata-se, mumifica e fica muito duro; - Gangrena: localiza-se quase sempre na base dos tubérculos. - Podridão húmida: manchas castanhas sobre os tubérculos que se transformam numa massa líquida.

Tabela 23 - Famílias das Solanáceas | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

Famílias das Crucíferas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Couve Brócolo (<i>Brassica oleracea itálica</i>)	Este tipo de couve dá-se mal com o frio.	Semear em viveiro. Semear raro (2-4 cm entre cada semente). Plantação a 50-60 cm de distância. Não se desenvolve bem em solos muito ácidos e em clima seco, sobretudo no início do crescimento. Cobertura do solo com composto maduro no decurso da vegetação.			<p>Hérnia: doença criptogâmica que provoca nodosidades na coroa das folhas e no colo da raiz (fragilidade em quebrar);</p> <p>Podridão da coroa (da folha) e do colo (da raiz): as plantas jovens apodrecem na zona da coroa e do colo. Evitar plantar as couves na mesma parcela em anos consecutivos.</p> <p>Míldio das crucíferas, tipo penugem: manchas esbranquiçadas e com penugem sob as folhas.</p> <p>Mosca da couve: esta mosca cinzenta põe os ovos no colo ou no talo das couves.</p> <p>Piéríde/lagarta da couve: a borboleta os seus ovos amarelos vivos sob as folhas e as lagartas roem as folhas.</p> <p>Altica – espécie de escaravelho, perfuras as folhas.</p> <p>Gorgulho: as larvas deste pequeno inseto (falsa potra) roem os tecidos e formam “bugalhos” sobre o pé.</p> <p>Pulgão de cinza: este parasita suga a seiva.</p> <p>Noctuela: esta lagarta devora as plantas jovens.</p>

Famílias das Crucíferas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Couve-flor (<i>Brassica oleracea botrytis</i>)	Planta que não deve sofrer carências vegetativas e, sobretudo nunca sofrer de seca. Necessita da amontoa durante o seu crescimento.	Semear em zona protegida. Plantar no estado de quatro folhas. Precisa de um solo muito fértil e de uma humidade regular. Deve aplicar-se composto maduro. Rega abundante e regular no verão.	As folhas do tomateiro têm um efeito repulsivo contra as lagartas.	A sua colheita é feita antes da abertura da flor.	Idêntica às das outras couves, mas principalmente a altica, piéride e a hérnia.
Couve-nabo (<i>Brassica campestris napo-brassica</i>)	Muito rustica e produtiva. Mas recebe a seca.	Semear em quarto mingunte, em linha, com 35 cm de afastamento. Em lugar definitivo a 40 cm. Prefere os solos húmidos. Evitar o excesso de fósforo, que aumenta o parasitismo. Evitar as fertilizações orgânicas excessivas que alteram a conservação.	Cenoura, cebola, ervilha, saladas. Evitar associações com o morangueiro.	Ao fim de 100 dias após a sementeira e até ao fim do inverno. Não colher muito tarde, senão corre o risco de endurecer.	Idêntica às das outras couves, mas principalmente a altica, piéride, tentredo (inseto) do rábano (as larvas roem as folhas até às nervuras), mosca da couve (as raízes são atacadas).
Couve repolho (<i>Brassica oleracea</i>)	Tal como as outras couves, gosta de terras frescas, profundas, um pouco argilosas e ricas em húmus.	Sementeira em viveiro ou no local definitivo, bem espaçada. O enlameamento das raízes é particularmente recomendado.	Cultura em linha, de couve e de alho-porro ou aipo. Como prevenção contra as lagartas, podem empregar-se as folhas de tomate retiradas da poda que se espalha no solo.	Aproximadamente quatro meses após a sementeira.	Idêntica às das outras couves, mas principalmente, pulgões e lagartas.

Tabela 24 - Famílias das Crucíferas | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

Famílias das Papilionáceas (leguminosas)	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Ervilha (<i>Pisum sativum</i>)	Os grãos redondos são mais resistentes ao frio e à humidade. Os grãos enrugados suportam melhor o calor. É preciso respeitar um intervalo de quatro anos antes de replantar as ervilhas no mesmo local. Teme muito a seca, o que proíbe a sua cultura durante os meses mais quentes.	Sementeira em lua crescente de novembro a fevereiro, em linhas distanciadas de 30 cm (variedades anãs) e de 40 cm (variedades semianãs). Sachar as ervilhas depois da germinação. Manter o solo fresco. Teme os solos demasiadamente húmidos e calcários. Suporta mal as fertilizações orgânicas pouco decompostas.	Cenoura, nabo, rabanete, pepino, batata. Evitar a proximidade de alho, cebola e chalota.	Colheita desde que as vagens estejam bem cheias. Colheita em seco.	Oídio; Míldio; Pulgões; Podridão cinzenta; Tripos. Antracnose: manchas acinzentadas sobre as folhas, caules e vagens. Ferrugem: manchas avermelhadas sobre as folhas. Pírale da ervilha: lagarta acinzentada no interior das vagens.

Famílias das Papilionáceas (leguminosas)	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Fava (<i>Vicia faba</i>)	É um dos primeiros legumes de primavera. Teme a seca e os calores extremos, o que desaconselha a sua cultura em pleno verão. Suporta o frio até -3/-4°C.	Sementeira em quarto crescente, em linhas distando 40 cm, e, com grão de 15 em 15 cm, com 4-5 cm de profundidade. Prefere os solos ricos em húmus fresco.	Alcachofra, milho, batata, aipo, alface. Evitar alho, cebola, chalota.	Colhidas tenras, as favas podem ser consumidas na totalidade com as vagens. Colhidas maduras, só os grãos é que podem ser consumidos.	Pulgão; Mildio; Tripes; Gorgulho das favas: larvas que saem dos grãos no fim do inverno.
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Receia o frio. Não germinam senão quando a temperatura do solo é superior a 10° C.	Antes de semear, deixar embeber os grãos durante três horas numa infusão de camomila arrefecida. Fazer as sementeiras escalonadas, escolhidas em função da finalidade: obtenção de vagens finas, de grãos frescos ou de grãos secos. Escolher o período de lua crescente. Afastamento: - 50 cm entre as linhas para as variedades anãs; - 75 cm para as variedades de trepar. Receia os solos calcários, as terras húmidas e frescas. Não gosta de matérias orgânicas pouco decompostas, preferir um composto maduro. Não regar a folhagem desta planta.	Batata, milho, aipo, pepino, alface, cenoura. Desaconselhado perto do alho-porro.	Pode ser escalonada e variada em função da escolha das espécies (feijão em vagem, feijão em grão fresco ou seco).	Gorgulho; Antracnose; Oídio; Piolho; Ferrugem

Tabela 25 - Famílias das Papilionáceas (leguminosas) | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

Famílias das Gramíneas	Modo de Cultura	Plantação	Associações	Colheita	Parasitas e doenças*
Milho doce (<i>Zea mays</i>)	Deve estar perto de determinados legumes, na horta (ver associações).	Sementeira de abril a junho, escalonadas, de 50 – 60 cm x 15-20 cm. Sacha precoce, depois amontoa. Adapta-se a solos muito diversificados, na condição de serem ricos em húmus e bem trabalhados.	Feijão, ervilha, abóbora, pepino e outros cucurbitáceas. Entre linhas pode ser igualmente semeada a alface-de-cordeiro ou espalhados adubos verdes.	100 – 120 dias após a cultura, quando os grãos tiverem o tamanho definitivo, mas não sem estarem ainda duros. As variedades para fazer pipocas, pelo contrário, devem ser colhidas quando a maturação estiver completa.	Antracnose-Fusariose; Nematóide do caule e dos bolbos; Poeira Negra; Podridão da sementeira; Pulgões; Ralos; Lesmas; Lagarta amarela; Lagarta da espiga; Sesamia : Lagarta branco-rosada que escava buracos na parte inferior do caule. Pirale do milho : Lagarta de aspeto acinzentada saída da postura da borboleta, na face inferior das folhas.

Tabela 26 - Famílias das Gramíneas | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

* No Módulo II – Proteção das plantas, o assunto dos parasitas e doenças será abordado com maior profundidade.

ii) Plantas Aromáticas e Medicinais

As plantas aromáticas são benéficas não só devido às suas propriedades terapêuticas e culinárias para os homens, mas também para cuidar da horta, devendo seguir algumas recomendações (Rodet & Pereira, 2015).

Nas Tabelas 27 – 31, vamos dar a conhecer as principais Famílias e algumas características próprias e suas utilizações, das plantas aromáticas e medicinais:

Família das Lamiáceas	Características	Utilizações		
		Culinárias	Domésticas	Medicinais
Manjerição grande (<i>Ocimum basilicum</i>)	Planta anual a semear em março e a transplantar em abril/maio. Os solos ideais são neutros, rico, soalheiro, e bem regado em tempo seco. Apresenta flores brancas ou rosadas, em espiga alongada em julho/agosto.	Saladas, tomate, sopa, peixe, arroz.		Espasmos enxaquecas, gastrite, enterite, obstipação, catarros genito-urinários.
Alfazema (<i>lavandula officinalis</i>)	Planta vivaz muito rustica, a plantar no outono ou na primavera. Recomenda-se em solos áridos, em exposição bem soalheira. Apresenta flores azuis, em espiga, em julho/agosto.	caça, arroz, vinho.	Armários de roupa, anti traça, anti insetos das casas.	Enxaquecas, vertigens, bronquite, gripe.
Cidreira (<i>Melissa officinalis</i>)	Planta vivaz, muitas vezes infestante; a isolar. Multiplica-se, por divisão dos tufo no outono e na primavera. Colheita das folhas da primavera ao outono, em tempo seco. A sua secagem deve ser feita à sombra e em local ventilado. Recomenda-se em solos ácidos, à sombra e com regas ligeiras. Flores rosadas ou brancas, de junho a setembro.	Salada, sopa, bebida refrescante, caldos, caracóis.	Anti traça, perfume para banhos.	Enxaquecas, palpitações, dores de estômago, nervosismo, acufenos, vertigens, insónia, vômitos.
Mentas: Menta picante (<i>Mentha piperita</i>) Hortelã vulgar (<i>Mentha viridis</i>) Mentastro (<i>Mentha rotundifolia</i>) Poejo (<i>Mentha pulegium</i>) Hortelã de água (<i>Mentha aquatica</i>)	As mentas são plantas vivazes e fáceis de cultivar, têm um inconveniente porque podem ser infestantes (a isolar). Plantação no outono ou na primavera, dos estolhos ou da divisão dos pés. Não suportam o calcário. Preferem os solos meio-sombrios, pouco regados. Flores rosadas ou lilases ou brancas, conforme as variedades.	Cenouras, ervilhas, carnes, cuscuz, pepino, saladas, infusões.	Perfumam a roupa e o banho, anti insetos.	Astenia, indigestão, flatulência, diarreia, palpitações, enxaquecas, tuberculose.
Orégão (<i>Origanum vulgare</i>)	Planta vivaz que necessita de solos secos, leves, bem soalheiros. Colheita até ao outono. Flores de rosa vivo a malva clara, em espiga, de julho a setembro.	Omeletes, maionese, pizzas, batatas, caldos.		Inapetência, digestão lenta, aerofagia, bronquite (banhos e compressas em caso de resfriado ou de fraqueza)
Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Planta vivaz que se multiplica por semente (difícil), por estaca ou por mergulhia, na primavera ou por divisão de raízes. A plantação deve ser espaçada de 120 x 80cm. A colheita pode ter lugar ao longo de todo o ano, mas sobretudo no período da floração. Prefere os solos calcários, quentes e secos, soalheiros. Flores azul-pálido.	Carnes, grelhados, caça, peixes, molhos, arroz, batatas, omeletes, cogumelos, preparados com tomates, sal de ervas.		Coqueluche, asma, icterícia, cálculos, fadiga intelectual.
Segurelha (<i>Satureia hortensis</i>) Também chamada erva peixeira	Semear na primavera, de 0,50m em 0,50m ou, mais fácil, por estaca ou divisão dos pés na primavera ou no outono. Prefere os solos calcários, secos, soalheiros, pedregosos. Flores branco-rosa de junho a setembro.	Carnes, peixes, caça, leguminosas, vinagre, sopas.		Digestões difíceis, astenia intelectual e sexual, espasmos intestinais, diarreia, asma, bronquite.

Família das Lamiáceas	Características	Utilizações		
		Culinárias	Domésticas	Medicinais
Salva (<i>Salvia officinalis</i>)	Planta vivaz que se multiplica por sementeira sob abrigo, em fevereiro com transplantação em março/abril, ou por estaca, mergulhia ou divisão dos tufo. Colheita, no início do verão, ou ao longo de todo o ano. Dá-se bem nos solos calcários, mesmo pedregosos, e soalheiros, sem rega. Deve plantar-se isolada, afastada do tomilho e de segurelha. Flores violetas ou rosa, de maio a julho.	Carne de carneiro, aves de capoeira, peixe, castanhas, favas e outras leguminosas, arroz, cuscuz, sopas, molhos, queijo fresco.		Perturbações nervosas, vertigens, estados depressivos, diarreia, amenorreia, dismenorreia.
Tomilho (<i>Thymus vulgaris</i>)	Planta vivaz que se reproduz por sementeira na primavera (à sombra) seguida de transplantação e também por divisão dos tufo no outono ou na primavera. Colheita à medida das necessidades e durante a floração que tem lugar entre abril e agosto. Flores branco-rosa. Prefere os solos secos, pedregosos, calcários e soalheiros.	Todos os legumes, sopas, refogados, grelhados, ovos, aves de capoeira, peixe, tomate, molhos, cogumelos.		Tosse, coqueluche, gripe, asma, enxaquecas, enterite.

Tabela 27 - Família das Lamiáceas | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

Família das Umbelíferas	Características	Utilizações		
		Culinárias	Domésticas	Medicinais
Anis (<i>Pimpinella anisum</i>)	Planta anual muito aromática. Semear raro, a lanço, a partir do reaquecimento do solo. Recomenda-se deixar as sementes "estratificadas" em areia antes da sementeira. Recomenda-se em solos ácidos, leve, rico, soalheiro, com regas frequentes. Floração em julho/agosto de pequenas flores brancas em forma de umbelas.	Pastelaria, confeitaria, compotas, licores, bolos de mel e centeio, salada verde, cenouras raladas.		Aerofagia, perda de apetite, flatulência, cólicas nervosas das crianças, bronquite, tosse espasmódica, secreção láctea insuficiente.
Coentros (<i>Coriandrum sativum</i>)	Planta bianual ou vivaz, conforme os climas. Sementeira na primavera ou no fim do verão. Dá-se bem em solo calcário, rico, leve, sombrio, bem regado. As flores são brancas ou rosadas e aparecem em julho/agosto.	Caça, aves de capoeira, omeletes, arroz, cogumelos, tomate, feijão, batatas, favas, açorda alentejana.		Aerofagia, espasmos, flatulência, digestão difícil, dores reumáticas (em uso externo).
Salsa (<i>Petroselinum sativum</i>)	Planta bi-anual que se multiplica por sementeira entre fevereiro e agosto. De germinação difícil. A primeira colheita pode ter lugar de 8 a 10 semanas mais tarde. Flores branco-amareladas entre junho e agosto. Necessita de um solo rico, de preferência fresco, bem regado, nas bordas dos muros.	Saladas, molhos, temperos, carne, peixe, crustáceos, caldos, omeletes, sandes, etc...		Menstruações irregulares, anemia, raquitismo, astenia, gota, litíase urinária.

Tabela 28 - Família das Umbelíferas | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

Família das Liliáceas	Características	Utilizações		
		Culinárias	Domésticas	Medicinais
Cebolinha comum (<i>Allium fistulosum</i>)	Planta vivaz que necessita de um solo fresco, rico e leve. Não suporta o calcário. Multiplica-se por sementeira ou por bolbinhos na primavera. A colheita é ao longo de todo o ano. Flores rosa ou púrpura entre junho e agosto.	Maionese, omelete, salada verde, ou de tomate, batatas, caldos, queijos frescos.		Fermentação intestinal.

Tabela 29 - Família das Liliáceas | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

Família das Compostas	Características	Utilizações		
		Culinárias	Domésticas	Medicinais
Estragão (<i>Artemisia dracunculus</i>)	Planta vivaz que se multiplica por divisão de tufo, em março/abril, ou por estaca. Não suporta o calcário e prefere solos leves, ricos, meio-sombrios, com regas frequentes. Flores amarelo-esverdeados-esbranquiçados em julho/agosto.	Saladas verdes diversas e de tomate, omelete, maionese, vinagrete, frango, refogados, crustáceos, peixe...		Digestão lenta, soluços, aerofagia, dismenorreia.

Tabela 30 - Família das Compostas | Fonte: Rodet & Pereira, 2015

Família das Verbenáceas	Características	Utilizações		
		Culinárias	Domésticas	Medicinais
Verbena oficial (<i>Verbena officinalis</i>) Lúcia-lima (<i>Lippia citriodora</i>)	Plantas vivazes que recebem as geadas (-5°C). Multiplicação por estaca na primavera ou no outono. Plantação após as últimas geadas da primavera. A colheita das folhas realiza-se duas vezes: julho e outubro ou então à medida das necessidades. Flores roxas no decorso do verão. Recomenda-se em solos leves, ricos, soalheiro e pouco regado.	Pastelarias		Enxaquecas digestivas, vertigens, síncope, espasmos digestivos, paludismo. Insuficiência láctea das mães, preparação do parto.

Tabela 31 - Família das Verbenáceas

iii) Principais espécies florestais cultivadas em Portugal

Identificamos uma floresta como sendo um conjunto de árvores que ocupam um determinado território. Associamo-la a algo de origem natural que sempre existiu, mas é um ecossistema complexo onde as árvores são dominantes e interagem com outras espécies arbustivas e herbáceas e com outros seres vivos que nela habitam. Na Tabela 32 estão identificadas as principais espécies florestais que fazem parte do nosso clima mediterrâneo.

Espécie Florestal	Característica
Sobreiros (<i>Quercus suber</i>)	É uma árvore da família do carvalho, a partir da qual se extrai a cortiça, a sua localização é mais comum no Alentejo Litoral e Serras Algarvias.
Azinheiras (<i>Quercus ilex</i>)	Pertencem à família das fagáceas. Possuem folhas discoloradas, ligeiramente espinhosas nos espécimes adultos. Em Portugal continental devido à sua adaptação às condições edafoclimáticas, a sua localização é mais abundante no Sul do País.
Pinheiro-bravo (<i>Pinus pinaster</i>)	É uma árvore média, a copa das árvores jovens é piramidal, e nas adultas é arredondada. Tem a particularidade de apresentar pinhas que amadurecem no final do verão do segundo ano e libertam numerosas sementes com designação por pinhão. Em Portugal era primitivamente uma espécie espontânea na faixa costeira sobre solos arenosos a Norte do Tejo, onde encontra as condições fitoclimáticas ideais: humidade atmosférica e influência atlântica, mas atualmente, devido à ação do homem está presente por todo o País, existindo abundantes localizado nos extremos no Norte e Centro (Beira Alta, Beira Baixa, Beira Litoral e Ribatejo), penetra até Trás-os-Montes e Beiras, e na faixa Litoral desde o Minho até à Península de Setúbal.
Pinheiro-mansinho (<i>Pinus pinaster</i>)	É uma gimnospérmica, da família das Pináceas, Possui uma forma de sombrinha bastante característica, com o tronco curto e largo, culminando numa copa bastante plana. Produz o pinhão que é valorizada, economicamente. Em Portugal tem grande desenvolvimento na Península de Setúbal e zonas contíguas. Tem preferência por solos frescos, profundos e arenosos, adaptando-se mesmo a areais marítimos e dunas. Prefere solos ligeiramente ácidos, mas adapta-se a solos calcários se não forem muito argilosos. Prefere boa luminosidade e temperaturas quentes, não suportando geadas fortes e/ou continuadas. É comum encontrá-lo entre o nível do mar e os 1000 metros de altitude.
Castanheiros (<i>Castanea sativa</i>)	É uma árvore de grande porte, muito abundante no interior Norte e Centro de Portugal, cuja inflorescência (ouriço) contém a castanha, que é consumida no outono. O castanheiro produz também madeira de excelente qualidade, o castanho, muito usada no passado na construção em Portugal, nomeadamente na região Norte do país. É ainda hoje muito utilizada em mobília e decoração interior.
Eucalipto (<i>Eucalyptus</i>)	Pertence à família Myrtaceae. Adaptados a praticamente todas as condições climáticas, sendo uma das espécies florestais mais cultivadas em Portugal, onde fornece a maior parte da matéria-prima utilizada para produção de pasta de papel, a sua madeira é também utilizada como lenha, produzindo um biocombustível de boa qualidade.
Carvalhos (<i>Quercus</i>)	Um carvalho é uma árvore ou arbusto da família das fagus, Fagaceae. Os frutos do carvalho chamam-se bolotas, ou landes, e em seu tronco é comum a formação de bugalhos. inclui tanto espécies caducas como perenes, em geral, as espécies de folha caduca distribuem-se mais para o Norte e as de folha persistente para o Sul. A madeira é dura e ao mesmo tempo maleável, sendo muito apreciada na carpintaria.

Tabela 32 - Principais espécies florestais cultivadas em Portugal | Fonte: Uva et al., 2015

Em termos estruturais, funcionais e paisagísticos, a floresta do continente pode ser organizada em quatro grandes grupos, ou formações florestais (Uva *et al.*, 2015).

- Pinhais (constituídos por povoamentos de pinheiro-bravo e pinheiro-manso);
- Folhosas perenifólias (“montados”, sobreirais e azinhais);
- Folhosas caducifólias (carvalhos, castanheiros e outras);
- As folhosas silvo-industriais (eucaliptais).

Segundo IFN6 – Inventário Florestal Nacional, os “montados”, sobreirais e azinhais são a principal ocupação florestal, com cerca de 1 milhão de hectares e representando 1/3 da floresta. São ecossistemas florestais de uso múltiplo, os quais não têm a produção lenhosa como principal função. Os pinhais são a segunda formação florestal, com uma área próxima de 1 milhão de hectares, sendo os ecossistemas florestais com maior redução na área ocupada. A diminuição da área deve-se aos pinhais de pinheiro-bravo, muito afetados pelos incêndios e pragas (sendo a mais expressiva o nemátodo), a qual supera o significativo aumento da área de pinhal de pinheiro-manso (20,7 mil ha; 12% entre o IFN5 e IFN6). As folhosas caducifólias (carvalhos, castanheiros e outras) são a formação florestal menos representativa em área ocupada, embora se registre um aumento sistemático ao longo dos últimos 20 anos, sendo esta mais significativa no período entre os dois últimos inventários (2005 e 2015) (46 mil ha; 17%). Os eucaliptais ocupam 845 mil ha, cerca de 26% da floresta continental e apresentando um sistemático incremento ao longo dos últimos 50 anos.

I.4. RELAÇÃO SOLO-CLIMA-PLANTA E O CICLO DO CARBONO

O interesse nas relações solo-água-planta decorre do fato de constituírem conhecimento essencial e suporte indispensável para aplicações em áreas tão diversas e tradicionais como a agricultura, biologia e hidrologia, estendendo-se a outras áreas como a biorremediação e o controlo de solutos e poluentes no solo e nas águas (Santos *et al.*, 2012). No que diz respeito ao solo, e por consequência à atividade que nele assenta, a agricultura, pode ter um papel essencial no ciclo do carbono (Figura 84). Através de várias práticas agrícolas, o solo pode ajudar no armazenamento de grandes quantidades de carbono atmosférico, ao mesmo tempo que contribui para o aumento dos seus níveis de fertilidade e do equilíbrio dos ecossistemas.

De 2007 a 2016, a Agricultura, as Florestas e o Uso do solo foram responsáveis por 23% das emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE) mundiais ($12 \pm 3 \text{ Gt CO}_{2\text{eq}}/\text{ano}$)¹ e, ampliando a todo o sistema de produção mundial de alimentos atingindo os 37% (IPCC, 2019).

Segundo a mesma publicação as emissões na agricultura têm, na sua grande maioria origem na produção animal (83%). Os principais vetores de emissão são os processos de fermentação entérica, a gestão dos efluentes pecuários, a deposição direta em pastagens e a aplicação de efluentes pecuários nos solos agrícolas. As restantes emissões do setor derivam do uso de

1 (13% CO_2 , (Dióxido de Carbono) 44% CH_4 (Metano) e 82% N_2O (Óxido Nitroso) das emissões mundiais). Fonte: Climate Change and Land: An IPCC Special Report in Climate Change, Desertification, Land degradation, Sustainable land management, Food security, and Greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems – Summary for Policemakers. IPCC 07.08.2019

fertilizantes minerais, corretivos calcários e dos resíduos de culturas não removidas dos solos agrícolas (17%).

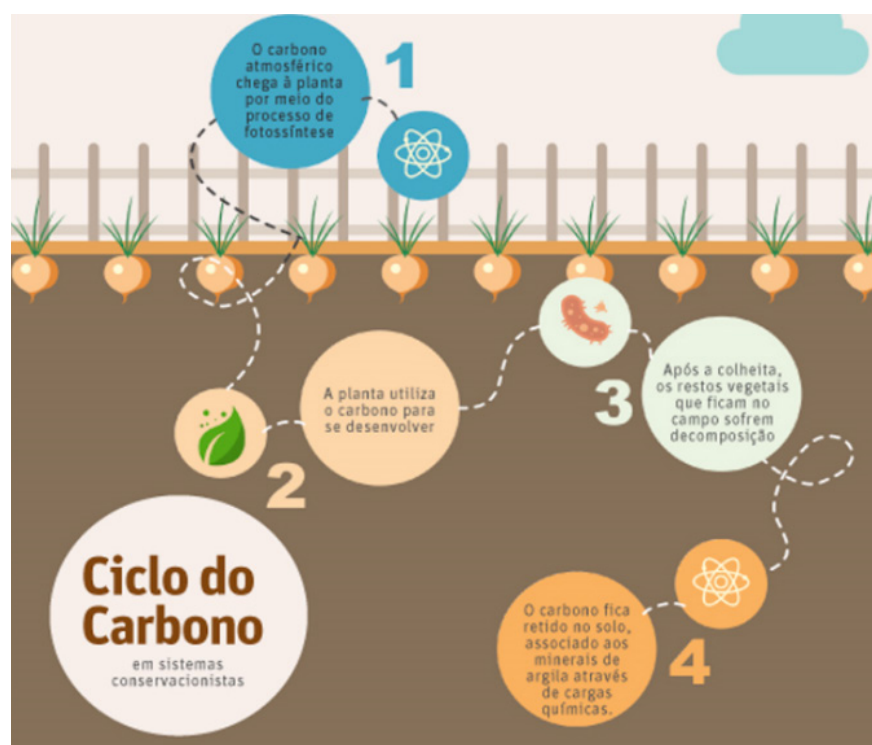


Figura 84 - Esquematização do Ciclo de Carbono | Fonte: Anônimo, 2018

Desde 2006 que a Diretiva Quadro do Solo reconhece a importância das funções do solo para o equilíbrio dos ecossistemas considerando a produção de biomassa, a preservação da biodiversidade, a reserva de carbono e um arquivo do património geológico e arqueológico. As atividades agrícolas interagem com o solo procurando tirar partido das suas funções, por exemplo relacionadas com a nutrição vegetal, suporte à microbiologia, reserva de água e de sumidouro de carbono. No entanto, práticas inadequadas podem acelerar o processo de degradação do solo, em especial por efeito da erosão e conduzir a um aumento das emissões de carbono para a atmosfera. A conservação do solo melhorando a sua estrutura e composição, permitirá contribuir para a adequada regularização dos aquíferos através do aumento do teor de água disponível para as plantas, amortecer os picos de cheia ou melhorar a qualidade da água, recuperar a capacidade de nutrição vegetal e alavancar o potencial de sequestro de carbono.

I.4.1. A AGROECOLOGIA NA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DOS RECURSOS NATURAIS

De acordo com a FAO pode definir-se agroecologia como uma visão holística e integrada que aplica em conjunto conceitos e princípios ecológicos e sociais no planeamento e na gestão de sistemas agrícolas e alimentares sustentáveis.

A Agroecologia é uma alternativa ao modelo de produção dominante no mercado - agroindústria - que visa a transformação dos modos de produção e consumo, na via da soberania alimentar dos povos, pela:

- a) Valorização do sistema de produção alimentar local;

- b) Criação/fortalecimento das ligações urbano-rurais, valorizando os seus intervenientes
- c) Geração e preservação do conhecimento local;
- d) Promoção da justiça social;
- e) Estimulação da identidade e da cultura;
- f) Fortalecimento da vitalidade das economias rurais.

Podem considerar-se dez elementos de que a agroecologia se compõe: diversidade, intercambio de conhecimento, sinergias, eficiência, reciclagem, resiliência, valores humanos e sociais, cultura e tradições alimentares, governança responsável e economia circular e solidária. Ideia comum a estes dez elementos prende-se com a necessidade de conservar, proteger e melhorar os recursos naturais onde se inclui logo à partida o solo, com respostas locais dos territórios através de práticas agroecológicas inovadoras capazes de manter a biodiversidade e simultaneamente a sustentabilidade económica e social das populações. O território (Figura 85) é uma parte importante a ter em conta dada a necessidade de adaptação e conciliação do conhecimento local com o tecnológico capaz de implementar as soluções mais adequadas ao uso sustentável dos recursos e do solo.

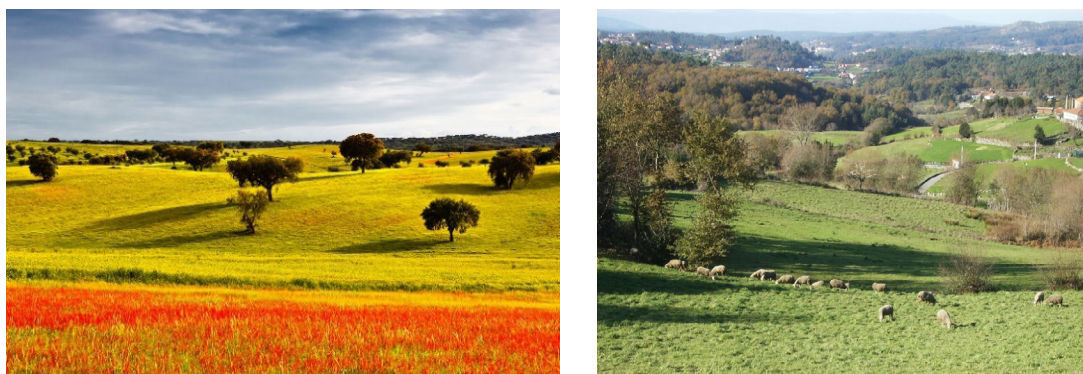


Figura 85 - Exemplos de territórios com diferentes tipologias de paisagem, a Norte e Sul de Portugal

A necessidade de recuperar territórios degradados por práticas incorretas impostas pelo Homem durante séculos, conduziu à necessidade de incrementar medidas que garantam o desenvolvimento sustentável das gerações futuras (Figura 86).

O que devemos fazer?

- Responder às necessidades das populações?
- Preservar os ecossistemas?

Cresce a necessidade de conciliar o desenvolvimento com a preservação da natureza, de modo que possa ocorrer durante muitas gerações

Desenvolvimento Sustentável

Figura 86 - Gestão dos ecossistemas para as gerações futuras

Assim, no seio do conceito de desenvolvimento sustentável, nos seus três pilares (uso racional dos recursos naturais, sustentabilidade económica e social) podem contemplar-se metas com vista ao equilíbrio da relação solo-clima-planta como:

- Travar a desflorestação restaurando áreas florestais degradadas sensibilizando a sociedade para o desempenho das florestas na fixação de carbono;
- Combater a desertificação restaurando a fertilidade do solo;
- Proteger e evitar a extinção de espécies ameaçadas promovendo os recursos genéticos;
- Mobilizar os recursos financeiros e a capacitação para a adoção de práticas de conservação e uso sustentável dos ecossistemas;
- Utilização racional dos recursos hídricos;
- Demonstrar o importante papel das áreas agrícolas e florestais na regulação do clima, na criação de microclimas, na proteção contra o vento, na regulação da temperatura e da humidade e no ciclo natural da água;
- Realçar o papel do solo agrícola e florestal para a melhoria da qualidade química biológica das águas subterrâneas;
- Prevenir fenómenos de erosão do solo.

1.4.2. A ÁGUA, A REGA E A DRENAGEM DO SOLO

A água é um fator determinante na produtividade das culturas, que mesmo em condição de sequeiro dependem do fornecimento de água por fenómenos meteorológicos. Em sua substituição, a rega permite fornecer ao solo as quantidades de água necessárias para obter um teor de humidade adequado ao desenvolvimento das plantas cultivadas.

Em Portugal Continental são utilizados em média, 20% dos recursos hídricos disponíveis (Figura 87). Em termos de utilização total anual por setor e tendo por base o Plano Nacional da Água, a agricultura é o setor dominante sendo responsável por cerca de 75% da utilização de água, considerando consumo direto e produção de energia para bombagem, seguida da produção de energia com 14%, do abastecimento a populações com 6% e da indústria com 4%.

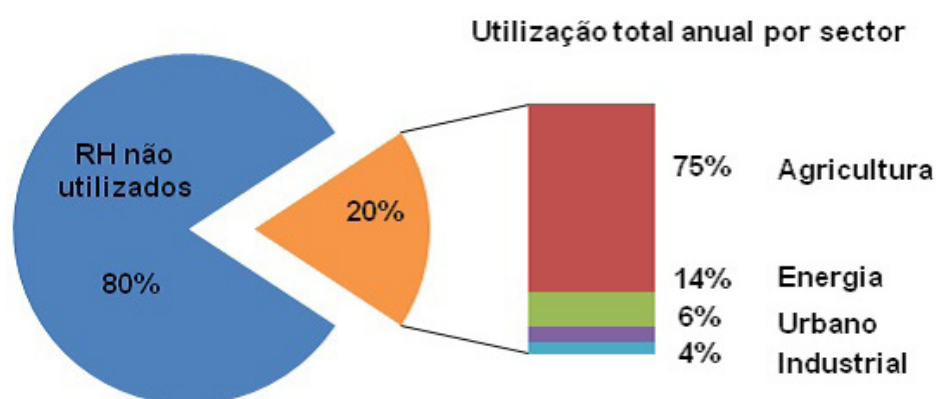


Figura 87 - Utilização total anual dos recursos hídricos em Portugal Continental e a sua distribuição por sector
Fonte: Nuncio & Arranja, 2011

Segundo o Recenseamento Agrícola de 2019², o regadio aumentou nos pomares, vinhas e oliveiras e foram recenseadas 134 mil explorações com sistema de rega (46% do total), com capacidade para regar 626 mil hectares (16% da SAU³), sendo que 47% da superfície irrigável são terras aráveis, 43% culturas permanentes e 10% pastagens permanentes.

A superfície regada foi de 561 mil hectares, cerca de 90% da superfície irrigável, beneficiando 32% das culturas temporárias, 30% das culturas permanentes e apenas 3% das pastagens permanentes (INE, 2019).

Nos últimos dez anos assistiu-se ao alargamento em mais 16% da superfície potencialmente irrigável (Figura 88), devido ao extraordinário aumento de 72% verificado nas culturas permanentes. O investimento na modernização de pomares, vinhas e oliveiras refletiu-se no aumento do regadio, passando a beneficiar 70% dos pomares de frutos frescos (+10 p.p.⁴ que em 2009), 11% dos pomares de frutos de casca rija (+9 p.p. que em 2009), 31% dos oliveiras (+12 p.p. que em 2009) e 28% das vinhas (+13 p.p. que em 2009).

O Alentejo é a região com mais área de regadio (38% do total) e, devido ao Alqueva, a que registou o maior crescimento (+54% do que a área regada em 2009). (Recenseamento Agrícola 2019 – INE).

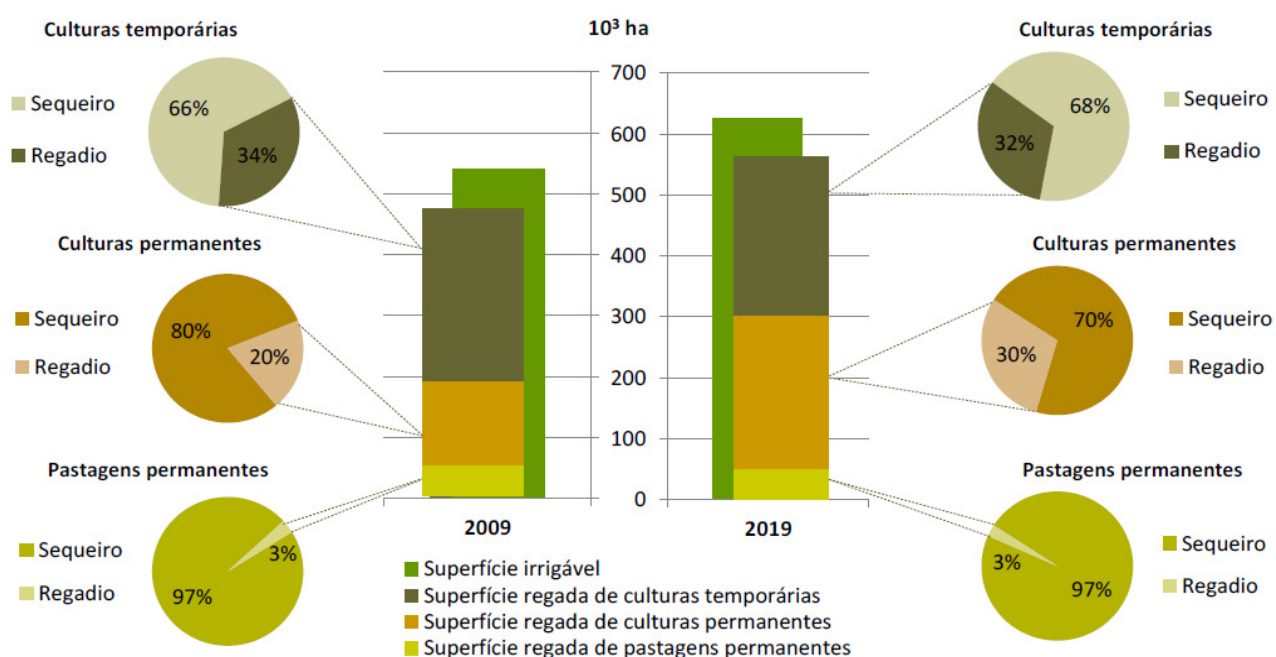


Figura 88 - Regadio por ocupação cultural (2009-2019) | Fonte: INE, 2020

Segundo os dados estatísticos do INE⁵, Recenseamento Agrícola – 2019, podemos verificar nas Tabelas 33 e 34, a contabilização do número de explorações agrícolas com culturas temporárias regadas e permanentes, por localização geográfica (Região agrária) e o método de rega utilizado, durante os anos de 2009 e 2019.

2 Instituto Nacional de Estatística - Recenseamento Agrícola 2019. Resultados Preliminares – 18 de dezembro 2020 Lisboa: INE, 2020. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=467628567&DESTAQUESmodo=2

3 SAU - Superfície agrícola utilizada

4 p.p.- Ponto percentual

5 Última atualização destes dados: 31 de março de 2021

Período de referência dos dados	Culturas temporárias	Método de rega utilizado	Localização geográfica (Região agrária)						
			Entre Douro e Minho	Trás-os-Montes	Beira Litoral	Beira Interior	Ribatejo e Oeste	Alentejo	Algarve
2019	Cereais para grão	Gravidade	15911	4291	8847	957	673	280	74
		Sobpressão	3919	389	6581	1695	1224	432	47
	Leguminosas secas para grão	Gravidade	3161	688	3046	642	69	71	43
		Sobpressão	206	57	1124	185	166	62	12
	Prados temporários	Gravidade	2399	235	749	61	6	30	1
		Sobpressão	121	43	262	222	91	97	10
	Culturas forrageiras	Gravidade	4030	1071	2080	632	57	27	9
		Sobpressão	3941	462	2920	2043	624	629	41
	Batata	Gravidade	5443	6318	5517	2941	269	48	71
		Sobpressão	378	243	1060	526	817	52	57
	Culturas industriais	Gravidade	18	3	26	17	19	5	39
		Sobpressão	76	14	70	25	177	194	39
2009	Cereais para grão	Gravidade	27218	6936	16603	2916	1781	663	236
		Sobpressão	4055	611	12024	2258	1646	591	149
	Leguminosas secas para grão	Gravidade	7546	1474	6861	1353	137	53	108
		Sobpressão	317	63	2106	436	180	51	15
	Prados temporários	Gravidade	5096	206	333	66	6	25	
		Sobpressão	262	34	339	130	103	43	6
	Culturas forrageiras	Gravidade	5941	3033	4234	2149	144	83	45
		Sobpressão	5341	999	4869	2850	669	828	98
	Batata	Gravidade	9415	10503	6074	4793	252	50	295
		Sobpressão	542	892	2790	1196	907	81	87
	Culturas industriais ⁶	Gravidade	5	4	64	1	5	16	8
		Sobpressão	10	1	61	26	57	118	12
	Culturas hortícolas	Gravidade	1111	485	1250	268	607	1206	484
		Sobpressão	2196	220	1513	115	4179	582	534

Tabela 33 - Número de explorações agrícolas com culturas temporárias por Região agrária regada e método de rega utilizado | Fonte: INE, 2011

De acordo com os dados da Tabela 33, verifica-se uma diminuição desde 2009 até 2019 no número de explorações agrícolas com culturas temporárias regadas. Um bom exemplo deste decréscimo verifica-se nas culturas de cereais para grão, que em 2009 na região do Douro e Minho era de 31 273 explorações e em 2019 passam a ser 19 830. A mesma situação observa-se nas restantes culturas por região muito possivelmente pelo abandono ou troca destas culturas

⁶ Culturas industriais - são culturas realizadas para a indústria como ervilha para conserva, fava para conserva, tomate para a indústria de polpa, feijão para conserva em verde, pimento para conserva etc.

por outras alternativas culturais de maior rentabilidade.

Relativamente à utilização dos métodos de rega (gravidade e sob-pressão), verifica-se pela Tabela 33 que o método de rega mais utilizado é o de gravidade. Situação esta, que se deve aos custos dos sistemas de rega e disponibilidade de energia para estes sistemas, sendo a rega por gravidade o mais viável em termos económicos e gastos energéticos.

Na região de Entre Douro e Minho é onde se verifica o maior número de explorações agrícolas com culturas temporárias regadas. Esta situação pode ser justificada pelo aumento de culturas hortícolas.

Período de referência dos dados	Culturas permanentes	Método de rega utilizado	Localização geográfica (Região agrária)						
			Entre Douro e Minho	Trás-os-Montes	Beira Litoral	Beira Interior	Ribatejo e Oeste	Alentejo	Algarve
2019	Frutos frescos (excetos citrinos)	Gravidade	1353	919	1561	1517	894	100	267
		Sob-pressão	1343	1541	1108	1558	2618	587	1104
	Citrinos	Gravidade	1003	279	1251	445	1176	267	740
		Sob-pressão	313	246	229	241	1034	737	3433
	Frutos subtropicais	Gravidade	206	16	156	44	18	6	53
		Sob-pressão	798	21	457	40	77	37	618
	Frutos de casca rija	Gravidade	454	517	405	247	79	12	77
		Sob-pressão	175	599	141	208	151	430	479
	Olival	Gravidade	499	644	1610	1400	307	91	65
		Sob-pressão	88	942	504	985	675	2292	345
2009	Frutos frescos (excetos citrinos)	Gravidade	930	1125	1775	1686	1221	324	512
		Sob-pressão	313	1159	712	958	2550	344	717
	Citrinos	Gravidade	616	490	1044	648	1788	1102	1591
		Sob-pressão	117	268	177	124	1204	752	3513
	Frutos subtropicais ⁷	Gravidade	145	4	133	21	23	1	30
		Sob-pressão	360	4	254	17	23	5	195
	Frutos de casca rija	Gravidade	171	243	343	138	64	34	61
		Sob-pressão	52	143	75	68	75	127	202
	Olival	Gravidade	222	903	1592	1795	279	160	38
		Sob-pressão	28	747	350	608	397	1618	85
	Vinha	Gravidade	3532	216	711	283	159	83	60
		Sob-pressão	515	172	167	419	787	1036	289

Tabela 34 - Número de explorações agrícolas com culturas temporárias por Região agrária regada e método de rega utilizado | Fonte: INE, 2011

Ao contrário do que acontece com as culturas temporárias, nas culturas permanentes, verifica-se um aumento de 2009 até 2019 relativamente ao número da maioria de explorações agrícolas com culturas permanentes regadas, nomeadamente, as culturas de olival, vinha, as frutas de casca rija e os frutos subtropicais.

⁷ Frutos subtropicais são as amoras, physalis, maracujá, kiwi, etc.

No que respeita ao método de rega, verifica-se, pela Tabela 34 um aumento na utilização do método de rega sob pressão desde 2009 até 2019.

Na região de Entre Douro e Minho é onde se verifica o maior número de explorações agrícolas com culturas permanentes regadas, devido à expansão de culturas de vinha e dos frutos subtropicais, nomeadamente os kiwis.

As necessidades de água para a rega são estimadas através do balanço hídrico do solo cultivado tendo em conta as necessidades de água satisfeitas pela precipitação, reserva de água do solo e pela ascensão capilar; e as saídas de água correspondentes a evapotranspiração cultural, percolação para as camadas do solo abaixo da zona radicular e perdas por escoamento e perdas por escoamento (Figura 89).

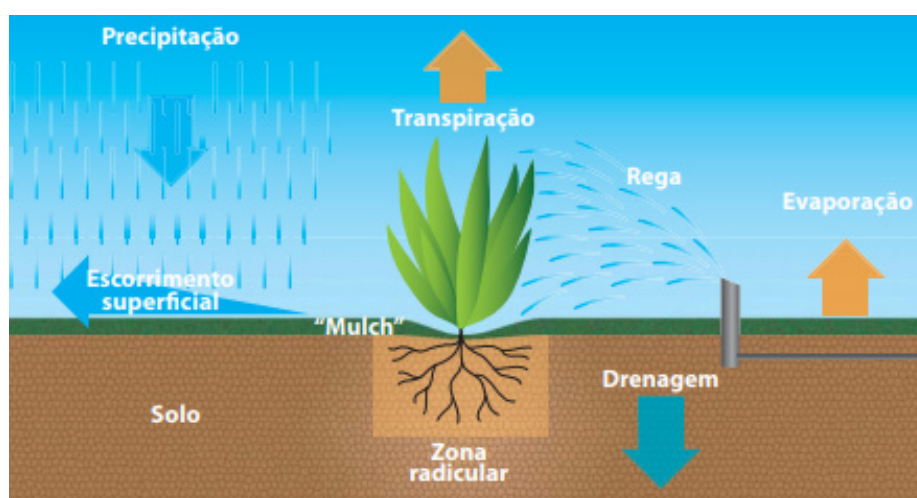


Figura 89 - Necessidades hídricas da cultura | Fonte: Ribeiro, s.d

Através do método MECAR⁸, foi possível efetuar o cálculo das necessidades hídricas para um conjunto de culturas, conforme se pode verificar na Tabela 35 (Leão e Moraes, 2011).

Cultura	M3/ha
Milho	4,155
Arroz	15,152
Outros cereais para grão	4,492
Leguminosas secas para grão	2,204
Prados temporários e culturas forrageiras	5,873
Batata	4,756
Beterraba sacarina	6,428
Girassol	4,125
Outras culturas industriais	4,247
Culturas hortícolas ar livre/abrigo baixo	4,281
Flores e plantas ornamentais ar livre/abrigo baixo	2,649
Culturas hortícolas estufa	9,290

8 MECAR - Metodologia para a estimativa de água de rega em Portugal, disponível em: https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3446/1/REP-Uso_Agua_2011.pdf

Cultura	M3/ha
Flores e plantas ornamentais estufa	4,966
Áreas de propagação	2,082
Outras culturas temporárias	4,654
Macieiras	4,295
Pereiras	4,359
Pessegueiros	4,889
Cerejeiras	4,738
Outros frutos frescos	5,465
Citrinos	6,106
Kiwis	5,973
Outros frutos subtropicais	7,497
Frutos secos	1,899
Olival	1,888
Vinha	1,859
Outras culturas permanentes	2,060
Média (todas as culturas)	4,999

Tabela 35 - Volume de água a fornecer às culturas, sem contabilizar perdas (m³/ha) | Fonte: Leão e Morais, 2011

Segundo os resultados apresentados verifica-se que a cultura do arroz é a que exige maiores recursos hídricos (dotação média superior a 15 000 m³/ha). As culturas hortícolas em estufa também necessitam de elevadas dotações unitárias. Por outro lado, a vinha e o olival apresentam as menores exigências hídricas de entre as culturas analisadas.

Existem diferentes métodos e técnicas de rega, cada um com as suas vantagens e desvantagens. A escolha do método deve ter em conta as condições locais do clima, o acesso à água ou a própria geometria da parcela a regar; além de diversas outras condicionantes como o custo de investimento e manutenção, os conhecimentos técnicos do agricultor ou a cultura em causa.

Os sistemas de rega podem ser agrupados em três métodos:

- I) Rega de superfície - a água é distribuída à superfície do solo por ação da gravidade;
- II) Rega por aspersão - a água é pulverizada através do ar, em forma de gotículas;
- III) Rega localizada – consiste num tipo de rega sob pressão em que a água é aplicada apenas nas zonas do solo em que se desenvolvem as raízes das plantas. Estes podem ser de gota-a-gota, micro-aspersão e subterrânea.

i) Rega de superfície (gravidade/alagamento)

A rega de superfície ou alagamento (Figura 90) consiste num conjunto de métodos de irrigação em que a água é colocada em alguns pontos da parcela a regar, escoando-se sobre a superfície do solo por ação da gravidade, ou pela geometria do solo. Durante o escoamento a água infiltra-se no solo.

Não recorre à bombagem, exceto para colocar a água à superfície do terreno. Aqui, estão incluídos os principais sistemas de rega: canteiros (processo de alagamento), sulcos e faixas (pouco usado, processo de infiltração) e regadeiras de nível (rega de lima) através do processo de infiltração.

A água de rega é introduzida nos canteiros, nas faixas ou nos sulcos (pequenos canais), utilizando sifões, tubos janelados ou mangas flexíveis, e avança através do campo por ação da gravidade. A rega de superfície é mais adequada para parcelas de topografia plana, solos de textura média a fina e a culturas densas ou linha.

Apresentam como principais limitações o fato de exigirem adaptação do terreno ao regadio, através de nivelamentos de precisão, a medição correta da dotação de rega, uma vez que dotações elevadas podem conduzir a um alagamento excessivo e causar prejuízos nas culturas, e serem muito exigentes em termos de caudal.

Algumas culturas, como arroz, são cultivadas usando o sistema de rega por canteiros: aplicação de água de rega sobre toda a superfície do solo.

Os principais inconvenientes neste tipo de rega é:

- Escorrimento condicionado pela geometria do solo.
- Infiltração condicionada pelas características do solo.
- Em parcelas de comprimento reduzido é difícil obter soluções que reduzam significativamente a mão-de-obra.



Figura 90 - Rega de superfície

ii) Rega por aspersão

A rega por aspersão é um método de rega em que a água é pulverizada em pequenas gotículas e distribuída sobre o solo em toda a parcela, através de dispositivos conhecidos por aspersores.

Os sistemas de rega podem ser agrupados em sistemas convencionais, nos quais durante a rega o aspersor não se movimenta sobre a parcela (Figura 91) ou sistemas motorizados nos quais, durante a rega o(s) aspersores(s) se movimentam sobre a parcela (Figura 92).

Quais os componentes de um sistema de rega por aspersão?

- Bomba, que é acionada por um motor
- Conduatas (principal e secundária)
- Rampas
- Aspersores

Nos sistemas convencionais, os equipamentos (conduatas e aspersores) podem ser colocados definitivamente no local (sistemas fixos), e colocados temporariamente e deslocados quando uma determinada quantidade de água for aplicada (sistemas móveis).

A rega por aspersão apresenta como principais vantagens a sua adaptabilidade em diversas condições de solo e cultura, aplicabilidade em terrenos de topografia ondulada, aplicabilidade à "rega de precisão": água e fertilização, a grande facilidade de manejo e automatização e como principais limitações o elevado custo de investimento e exploração e a baixa eficiência em condições meteorológicas caracterizadas por elevada velocidade do vento e elevada evaporação.

Sistemas convencionais de *rega por aspersão*:

- Sistemas estacionários/fixos - os aspersores permanecem numa posição fixa enquanto fazem a aplicação de água.



Figura 91 - Sistema de rega convencional fixo por aspersão

- Sistemas móveis - sistema em que a água é aplicada enquanto os aspersores ou as rampas, sobre as quais estão montados, se movimentam, tendo como designação de pivot central – sistema automático de rega, em que o tubo ou conduata de aspersão roda, fazendo chegar água aos aspersores a partir de um ponto central da parcela. A água entra no sistema a partir do centro ou pivot. A conduata é suportada acima da cultura por torres colocadas com espaçamento fixo, sobre rodas descrevendo trajetórias circulares fixas com velocidades angulares uniformes, e impulsionadas pneumática, hidráulica ou eletricamente, ou deslocações na horizontal percorrendo um determinado percurso. A água é fornecida com um caudal uniforme devido ao aumento progressivo dos bicos de aspersão desde o pivot até ao final da linha (Figura 92).

A quantidade de água aplicada é determinada pela velocidade de deslocação do sistema. As áreas regadas variam entre 10 a mais de 200 ha e os diâmetros mais comuns da tubagem variam entre 100 e 250 mm.



Figura 92 - Sistema móvel de rega por pivot | Fonte: ISA, s.d

Os canhões de rega são também usados em culturas extensas. Esta variante da rega por aspersão é efetuada por um aspersor rotativo de grandes dimensões, montado sobre um chassis, que trabalha a elevada pressão e que molha grandes superfícies. Durante a rega o chassis desloca-se sobre o solo a velocidade controlada, distribuindo ao longo de uma faixa de largura igual ao alcance do aspersor (Figura 93).



Figura 93 - Sistema de rega movel por canhão

iii) Rega localizada (microrrega)

Rega sob pressão em que a água é aplicada apenas nas zonas do solo em que se desenvolvem as raízes das plantas. Existe também a possibilidade de fertirrigação, que permite aplicar os fertilizantes de uma forma mais eficaz, ajustada às necessidades das plantas e evitando a lixiviação⁹ de nutrientes para a água (Figura 94).

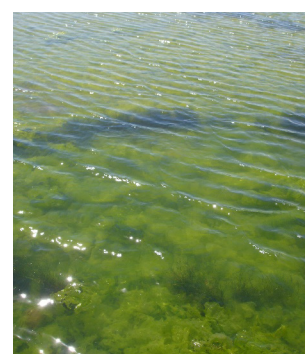


Figura 94 - Exemplo de lixiviação

⁹ Lixiviação - Processo pelo qual os materiais dissolvidos na solução do solo são arrastados em profundidade pela ação da água da chuva ou da rega que se infiltra no solo sob a ação da gravidade em direção às zonas de saturação.

Os sistemas de rega localizada podem ser classificados em 4 categorias:

- *Rega gota-a-gota*, é um método de rega que envolve o gotejamento de água para o solo a baixas taxas (2-20 litros/hora) a partir de um sistema de tubos de plástico de pequeno diâmetro equipados com emissores ou gotejadores (que podem ser de diferentes tipos: orifícios, labirintos, tubos auxiliares, vórtice, etc.). A água é aplicada perto das plantas para garantir que apenas a zona da raiz seja humedecida. É também conhecido como rega de gotejamento ou micro irrigação (Figura 95).



Figura 95 - Rega gota-a-gota

- *Micro-aspersão* - Água é pulverizada sobre a superfície do solo (como na aspersão), mas produz áreas molhadas pequenas e localizadas, com 1-5 m de diâmetro (circulares ou setores de círculo) (Figura 96).



Figura 96 - Rega por micro-aspersão

- *Rega por jorros* - A água é aplicada por impulsos a reservatórios de pequena dimensão (caldeiras) que estão localizadas à superfície do solo e adjacentes à planta (árvores) (Figura 97), através de emissores especiais, designados de jorradores ou golfadores, que debitam a água por impulso, com caudais de 100 a 150 litros por hora.

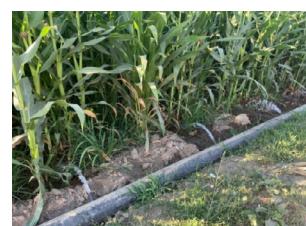


Figura 97 - Rega por jorros

- **Rega sub-superficial** - Método de rega localizada em que, os emissores são integrados em rampas que estão enterradas abaixo da superfície do solo (Figura 98). Consiste num método em que a água é fornecida às plantas abaixo da superfície do solo através de condutas enterradas. Estes sistemas apresentam em relação aos outros métodos de rega a vantagem de não ocorrerem perdas de água por evaporação da mesma da superfície do solo.



Figura 98 - Rega sub-superficial | Fonte: Testezlaf, 2017

Tendo em conta os diferentes sistemas de rega que existem e de que a sua eficiência varia dentro de determinados parâmetros dependendo da qualidade do equipamento, das condições locais e da respetiva gestão a Tabela 36, mostra a eficiência potencial (E_p) de cada sistema de rega.

Sistemas de Rega			Valores fixados E_p
Superfície/ Gravidade	Sulcos	Tradicionais Modernizados	65% 75%
	Outros	Rega de Lima Canteiros (excluindo os arrozais) Caldeiras	50% 80% 70%
Sob-pressão	Aspersão	Aspersores móveis Aspersores Fixos Enrolador com Canhão Pivot	75% 75% 70 % 85%
	Localizada	Gota-a-Gota Micro-Aspersão	90% 85%

Tabela 36 - Valores indicativos das eficiências dos Sistemas de Rega | Fonte: Leão e Morais, 2011

De acordo com os valores apresentados, pode concluir-se que os sistemas de rega sob pressão são os que apresentam maior eficiência em termos de funcionamento dos equipamentos e de produtividade da água, destacando-se o método de gota-a-gota. Pelo contrário, o sistema de rega de superfície, nomeadamente a rega de lima é o que apresenta ser o menos eficiente.

Escolha do sistema de rega exige que o método, o equipamento utilizado, a programação e a condução da própria rega, se encontrem bem-adaptados às condições do terreno,

especialmente no que diz respeito à área, à topografia, ao tipo de solo, ao regime pluviométrico da região e à cultura a beneficiar (Calouro, 2005). Portanto a escolha do método de rega mais adequado às culturas tem que passar pela análise ponderada das características do solo a beneficiar, da qualidade e quantidade de água disponível, das condições climáticas da região e das exigências das culturas, e também dos custos e benefícios das opções disponíveis. Do lado dos custos, deve considerar-se a construção e instalação, mas também os custos de operação e manutenção do sistema por hectare. Esses custos devem ser comparados com os benefícios esperados (produtividade).

A rega gota-a-gota ou por aspersão são sistemas tecnicamente mais complexos exigindo, a aquisição destes equipamentos, maior investimento inicial.

Os sistemas de rega de superfície, particularmente em pequena escala, requerem equipamentos menos sofisticados, quer em termos de construção quer de manutenção. O equipamento necessário é, normalmente, mais fácil de manter, não obstante, exige, normalmente, mais mão-de-obra, para a sua operação e manutenção, do que a rega por aspersão ou gota-a-gota, sendo, no entanto, exigida sempre a preparação do terreno para o regadio, através do seu nivelamento.

Numa agricultura que se quer sustentável, se as condições o permitirem os sistemas de rega gota-a-gota, ou por aspersão, são os mais recomendados, pelo seu contributo para o equilíbrio dos ecossistemas, já que permitem reduzir o consumo de água, minimizando os riscos de perda de qualidade da mesma, para além de terem menos efeitos negativos no solo (menor erosão).

Em solos de elevada permeabilidade, designadamente nos solos de textura ligeira, são de evitar os diversos métodos de rega por gravidade, devido às potenciais perdas de água e de nitratos, sempre elevadas neste tipo de solos. Aconselha-se o recurso à rega por aspersão ou rega localizada, nomeadamente a rega gota a gota, desde que devidamente controlada de modo a evitar que o humedecimento do solo ultrapasse a zona povoada pelas raízes (MADRP, 1997).

De acordo com a mesma fonte, nos solos de textura média, poderá ser utilizado qualquer método de rega, desde que a sua distribuição no terreno seja uniforme e se apliquem oportunamente as dotações de rega convenientes. Já no caso de solos com textura fina, caracterizados pela sua baixa permeabilidade, reduzidas taxas de infiltração e elevada capacidade de retenção para a água (LQARS, 2000), não é de aconselhar a rega por aspersão com recurso a rampas rotativas, dado que, frequentemente, as taxas de infiltração da água no solo são bastante inferiores às taxas de aplicação, conduzindo a perdas de água por escoamento superficial.

Do ponto de vista da qualidade da água de rega, a avaliação da qualidade da água nas explorações agrícolas é muito importante, para o solo e para as culturas, dado que o excesso de sais ou o seu desequilíbrio pode além de causar danos às culturas, acelerar processos de degradação física e química do solo e, conseqüentemente, diminuir a sua fertilidade. Águas superficiais, subterrâneas ou residuais são utilizadas como água para rega¹⁰. Este tipo de águas poderá conter uma elevada carga de contaminantes, acabando por contaminar solos, aquíferos e as próprias culturas florestais e agrícolas. A salinização, a sodização e a

10 Água de rega - água superficial ou subterrânea ou água residual, que vise satisfazer ou complementar as necessidades hídricas das culturas agrícolas ou florestais. (artigo 3º do Decreto-Lei n.º 236/98)

toxicidade de alguns iões específicos são fenómenos que podem ocorrer nos solos regados e que podem ter relação direta com a qualidade da água de rega. Deve ser respeitado os VMA¹¹ e VMR¹² para os vários parâmetros conforme descrito no ANEXO XVI (Qualidade das águas destinadas à rega), do Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto. Hoje a utilização de sensores expeditos na caracterização da condutividade elétrica aparente do solo podem contribuir para uma identificação e caracterização mais rápida deste problema e consequentemente permitir a tomada de ações que contribuam para a sua mitigação. Como sabemos a água é um recurso cada vez mais escasso, a previsão do aumento do consumo de água de rega estimado até 2030 será de 14%, ou seja, um aumento anual médio de 0,6% (Ferreira et al., 2012) sujeito ainda ao efeito resultante das alterações climáticas. Neste sentido são exemplos de medidas a tomar (Avillez, 2020):

- O aumento da capacidade de retenção da água pelos solos agrícolas;
- A redução do escoamento superficial da água das chuvas durante o inverno;
- O aumento da eficiência na utilização da água de rega;
- O aumento da disponibilidade de água para rega nas regiões do País que irão ser mais afetadas pelos efeitos das alterações climáticas.

A diminuição da taxa de crescimento do consumo de água passa pelo aumento da eficiência do uso da água, ou seja, uma melhor relação entre a água consumida pelas culturas e a água gasta na rega. Para além duma maior eficiência do uso da água da rega é ainda necessário aumentar a produtividade da água. Esta é a relação entre a produção obtida pela cultura e a quantidade de água usada na sua rega. Para um uso eficiente e para uma maior produtividade da água, é necessário recorrer a práticas que evitem perdas de água e aumentem a produção da cultura sem aumentar os desperdícios de água.

Essas boas práticas na utilização da água e dos sistemas de rega estão invariavelmente associadas à boa utilização do solo. Desta forma, para a instalação de um sistema de rega será recomendável realização de análises à terra para conhecer o tipo de solo e o seu teor de matéria orgânica, o qual poderá ser um indicador da capacidade de armazenamento do solo nas parcelas a regar; adaptar o método de rega à cultura, ao tipo de solo e à inclinação do terreno; conhecer as disponibilidades de água e a dotação de rega nomeadamente para determinar o cálculo das necessidades de rega (anuais e de ponta); promover a estanquicidade de canais e tubagens de rega para reduzir o maior volume possível de perda de água, privilegiar sempre que possível a reutilização de água que seja perdida por escorrimento, aproveitar águas residuais tratadas, incluir sistemas de monitorização do teor de água no solo e automação de rega que permitam avaliar a cada momento a necessidade de regar.

Da mesma forma a instalação de um sistema de rega deve acompanhar todo um conjunto de procedimentos que se julguem mais adequados para a economia da água e que estão relacionados com os períodos do dia mais adequados para regar, com o estado de coberto vegetal do solo, com as fases do estado fenológico da planta e com a capacidade de armazenamento de água (Rodet e Pereira, 2015). A quantidade e frequência de rega vão depender da natureza do solo já que a sua composição em areia, argila e húmus condicionam diferentes

11 «Valor máximo admissível» ou «VMA» — valor de norma de qualidade que não deverá ser ultrapassado;

12 «Valor máximo recomendado» ou «VMR» — valor de norma de qualidade que, de preferência, deve ser respeitado ou não excedido;

capacidades de retenção de água; das perdas por evaporação as sachas e o "*mulching*"¹³ permitem limitar as perdas de água e, portanto, alargar a frequência das regas, e a profundidade das raízes atendendo a que plantas mais jovens de enraizamento superficial, têm maiores necessidades de rega, praticando regas mais frequentes e regulares contrariamente às plantas com um enraizamento profundo com maior capacidade de captação de água. A fase final do ciclo das culturas caracteriza-se quase sempre por uma redução ou paragem da dotação de rega em prol da qualidade de maturação do grão ou do fruto que lhe está associado.

Mas se a rega é importante na produtividade das culturas, não o é menos as condições de drenagem do solo. Efetivamente o principal ponto de estrangulamento para o bom desempenho de muitas culturas é a deficiente drenagem natural dos solos, ocasionada pela topografia predominantemente plana de algumas regiões, aliada às suas características físicas de alto adensamento, alta relação micro macro porosidade conducentes a uma inadequada relação água/ar para a maioria das espécies de sequeiro, baixo teor de matéria orgânica do solo e, principalmente, condutividade hidráulica quase nula no horizonte B. A drenagem do solo consiste num processo de remoção natural ou artificial do excesso de água que se encontra no solo quer derivada das águas da chuva ou de aplicações de água de rega. Uma boa rede de drenagem está na origem de:

- Aumenta o arejamento e a ventilação do solo - grande parte dos micro-organismos do solo necessitam de oxigénio para o seu metabolismo. Nos solos encharcados de água as disponibilidades de oxigénio são limitadas o que origina um crescimento radicular menos acentuado assim como uma diminuição da atividade dos micro-organismos que são essenciais para a fertilidade do solo, através do favorecimento da decomposição e nitrificação do solo;
- Remoção do excesso de sais;
- Melhora a capacidade de suporte do solo;
- Diminuição da incidência de doenças associadas ao excesso de água no solo, como por exemplo, o míldio, pé negro do colo ou podridão radicular em árvores;
- Diminuição da erodibilidade¹⁴ do solo;

A drenagem do solo pode ser feita superficialmente ou por via subterrânea através de tubos, canais, valas, túneis auxiliados por motores para bombagem desse escoamento. A drenagem subterrânea tem o objetivo principal de rebaixar o lençol freático através da remoção da água de uma região e condução para outra região diferente. Normalmente utiliza-se a gravidade, mas também podem ser utilizadas as bombas de sucção. Em geral existe uma interação entre a drenagem superficial e a drenagem subterrânea natural ou artificial.

A drenagem superficial – consiste na rápida eliminação de forma controlada da água que cobre a superfície dos terrenos, reduzindo as áreas onde se observa um excesso de água à superfície, tornando o escoamento superficial e a infiltração uniformes nas parcelas. Os sistemas de drenagem superficial são normalmente utilizados em terrenos agrícolas relativamente planos, solos com baixa capacidade de infiltração, em locais onde a intensidade de precipitação

¹³ "*Mulching*" na língua inglesa. Camada protetora de um material orgânico ou inorgânico que é colocado à superfície do solo. Este assunto é abordado no Módulo IV – Agricultura Biológica.

¹⁴ A erodibilidade representa a suscetibilidade do solo ao processo erosivo e pode ser determinada de forma direta, pela razão entre as perdas de solo e a erosividade das chuvas.

excede a capacidade de infiltração normal do solo, o que provoca frequentemente inundações à superfície do solo, e em locais com muito grande intensidade de precipitação. A eliminação da água superficial é feita através do melhoramento de canais naturais, nomeadamente, operações de limpeza ou aprofundamento ou diques já existentes, ou através de operações de formação do terreno baseadas em pequenos desníveis e valas para o escoamento da água.

A drenagem subterrânea - consiste em retirar o excesso de água que existe no interior do solo, ou seja, baixar o nível freático. Este sistema é utilizado quando o nível freático se encontra perto da superfície originado por camada impermeável mais ou menos superficial, elevado nível de um rio ou ribeiro, precipitação intensa em curto intervalo de tempo ou inadequada carta de rega para o solo em apreço. Para se realizar uma drenagem subterrânea, existem vários métodos e matérias, dos quais se pode optar por instalar drenos enterrados a cerca de 1 metro de profundidade e abrir valas profundas entre 0,8 a 1 m de profundidade.

I.4.3. BOAS PRÁTICAS PARA A SUSTENTABILIDADE DOS ECOSISTEMAS E PARA O SEQUESTRO DO CARBONO

Ecossistema pode ser entendido como um conjunto dinâmico formado pelos seres vivos (meio biótico), pelo ambiente onde vivem (meio abiótico), que compreende todos os componentes não vivos, como o clima, a luz ou o solo, e pelas relações entre estes seres vivos com o seu ambiente e entre si. Uma característica essencial dos ecossistemas é a capacidade dos sistemas biológicos vivos se autorregular, se auto manterem e se autorrenovarem. Um ecossistema em equilíbrio dinâmico possui mecanismos naturais para se sustentar por si só, mantendo as condições de vida na natureza - equilíbrio ecológico. Entre outras várias funções, os ecossistemas sustentam processos como a fertilização do solo, a produção de alimentos, a purificação da água e do ar; regulam eventos extremos como a erosão eólica e hídrica; facilitam o fornecimento de bens como as fibras vegetais e plantas medicinais. Quanto ao tamanho, os ecossistemas podem variar, de uma escala pequena, como uma pequena lagoa, até à escala do planeta, que pode ser considerado como um imenso ecossistema composto por todos os ecossistemas existentes.

A conservação da biodiversidade é crucial para manter ou aumentar a sustentabilidade e a estabilidade dos sistemas agrícolas, enquanto ao mesmo tempo a agricultura fornece alimentos e biomassa, mantendo a atividade económica dos agricultores, mas também uma série de outros serviços, incluindo um ambiente saudável e seguro, a conservação da biodiversidade, a manutenção e gestão da paisagem e o sequestro de carbono (Figura 99).

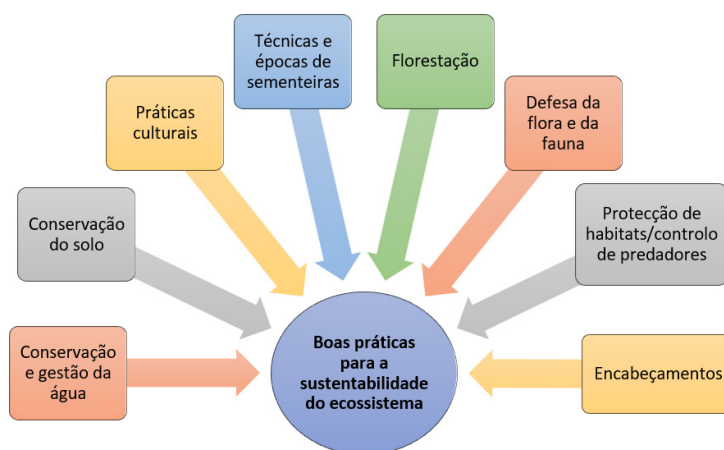


Figura 99 - Boas práticas para a sustentabilidade do ecossistema

Apresentam-se algumas práticas benéficas para o equilíbrio dos ecossistemas:

- Promoção de corredores ecológicos - manter faixas de terra cobertas por vegetação natural ou instalada e que exercem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo da fauna e flora, com a finalidade de proteger o solo, e o bem-estar das populações.
- Incentivar o uso de fontes de energias renováveis, de menor impacto no ambiente, de forma a melhorar a eficiência energética, diminuir a pressão sobre os recursos agrícolas e florestais, e promover as práticas que favorecem o sequestro e redução de emissão de carbono para a atmosfera.
- Promover práticas de prevenção para combater a erosão do solo, através da produção e conservação da cobertura vegetal, reduzindo, ao estritamente necessário, toda a mobilização do solo durante a preparação da cultura e a permanência de grandes densidades de animais durante longos períodos em pastagem, para evitar o pisoteio.
- Evitar a destruição dos organismos do solo e dos seus habitats, pois produzem substâncias químicas que libertam no seu meio natural e que estimulam a agregação das partículas que regulam a hidrologia.
- Procurar estimular a retenção das águas da chuva através de técnicas simples de prevenção e retenção do escoamento superficial como fazer a agricultura segundo a linha de menor declive, mobilizações mínimas do solo, promoção do teor de matéria orgânica no solo.
- Diversificação de culturas alimentares na área de produção, consociação entre cultivo de cereais e hortícolas tradicionais, uso de sementes e plantas locais. Estas técnicas são importantes para compensar as perdas de nutrientes resultantes, restabelecer o equilíbrio ecológico e permitir o uso sustentável do espaço de cultivo.
- Ponderar os custos e os benefícios de privilegiar, quando possível, as variedades culturais eventualmente menos produtivas, mas menos exigentes em água e nutrientes, mais tolerantes às pragas e doenças e mais resistentes às variações extremas da temperatura.
- Em situações extremas, mudar de culturas adotando espécies ou cultivares mais adaptadas à nova realidade do clima, água e solos de cada região.
- Voltar a resgatar as técnicas que promovem o equilíbrio entre os agro-sistemas e os sistemas florestais: os sistemas agro-silvo-pastoris.
- Promover, quando seja viável, uma agricultura agroecológica, que procura tirar partido do ecossistema natural, recriando-o e imitando-o a partir dos sistemas agroflorestais dando prioridade às técnicas de gestão sustentável dos agro-sistemas, como por exemplo: - a adubação verde, a compostagem, a rotação de culturas, a diversificação de cultivares, o cultivo consociado, entre outras, procurando encontrar uma situação de equilíbrio entre plantas, solos, nutrientes, luz solar, humidade e outros organismos coexistentes, que compõem o sistema de produção agrícola.
- Assegurar a manutenção ou melhoria da fertilidade dos solos, através de processos que promovem a presença dos nutrientes essenciais à cultura, como o aumento da matéria

orgânica e teor de argila no solo, espécie cultivada, controlo do pH no solo (5,5 a 6,5), baixa intensidade de mobilizações, etc.

- Controlo de pragas e doenças através do recurso ao controlo biológico. Esse controlo consiste na utilização de um organismo predador, parasita ou outros agentes, que ataca o outro que esteja a causar danos às espécies cultivadas. A importância do controlo biológico baseia-se especialmente na condução das práticas agrícolas sem o uso de produtos químicos, evitando-se assim, os produtos que causam danos ao ser humano, ao solo, à água e ao ar, atendendo assim aos princípios fitossanitários da agroecologia, defensora do controlo biológico, feito exclusivamente, por meio de inimigos naturais.
- Redução das quantidades totais de fertilizantes por unidade de área pela adoção de técnicas de agricultura de precisão, que permitem aplicar os fertilizantes na exata medida das necessidades das plantas.

O modelo de desenvolvimento sustentável generalizado assenta, no essencial, no consumo de combustíveis fósseis, na sobreprodução, no consumismo e no livre comércio que carrega elevados perigos para o ambiente. Os fenómenos extremos mais recentes: períodos de seca prolongados, ondas de calor, tempestades, pragas e doenças, levam a que a comunidade internacional e os governos se desdobrem em acordos para impedir a ocorrência dos piores cenários.

A 4 de novembro de 2016 entrou em vigor o Acordo de Paris, ratificado por 55 países (a 30 de setembro por Portugal) responsáveis pela emissão da maioria dos GEE (55%). O acordo é uma resposta mundial às Alterações Climáticas (AC), rumo a um desenvolvimento sustentável, pela erradicação da pobreza e manutenção das condições de vida na Terra sem consequências graves. Os objetivos do Acordo são:

- 1) Limitar o aumento médio da temperatura global abaixo dos 2.º C, fixado em 1,5 °C (níveis pré-industriais [1850-1900]);
- 2) Aumentar a capacidade de adaptação a impactos adversos, promover a resiliência climática e o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono;
- 3) Tornar os fluxos financeiros consistentes com o desenvolvimento resiliente e de baixo carbono.

Para os cumprir cabe aos países signatários apresentar uma estratégia de desenvolvimento baixa em emissões de GEE, com o objetivo central de atingir a neutralidade carbónica na 2ª metade do século XXI. Este acordo converge na Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC) que pretende "estabilizar as concentrações de gases com efeito de estufa a um nível que evite a interferência antropogénica perigosa com o sistema climático".

Em Portugal assistiu-se a um incremento da emissão de GEE nos anos 90, associado ao aumento do consumo de energia e dos transportes, com um pico de emissão de 44% (face a 1990) em 2005 e posterior diminuição. Todavia, esta diminuição foi anterior ao período de recessão económica de 2011-2013, devendo-se, no essencial, à introdução de melhores tecnologias, combustíveis menos poluentes, crescentes fontes de energia renovável ou à otimização da gestão de resíduos na economia portuguesa (Figura 100).

Em 2017, Portugal emitiu 78,0 Mt CO₂eq, um aumento de 29,2% (face a 1990) e 28,5% (em relação a 2016). Os grandes incêndios florestais de 2017 contrariaram a capacidade de segregação de carbono e da diminuição das emissões nacionais. A economia nacional está em processo de descarbonização desde 2005, verificando-se a dissociação do crescimento económico e do acréscimo de emissões de GEE, ou seja, com menos carbono emitido produz-se a mesma riqueza. Esta situação justifica-se por alterações no setor energético, por exemplo, pelo uso de mais fontes de energia renovável e maior eficiência energética (Figura 100).

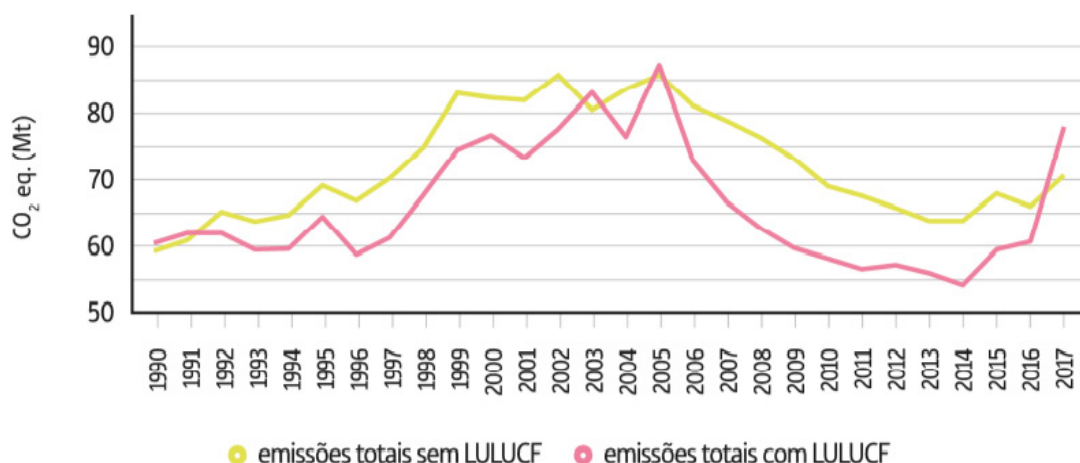


Figura 100 - Evolução das emissões nacionais de gases com efeito de estufa em Portugal | Fonte: APA, 2019

Em termos de emissões por setor de atividade, o setor da energia foi o que apresentou a maior contribuição para as emissões em 2015 (70%), sendo a produção e transformação de energia e os transportes os subsectores com maior relevância (27% e 24% do total, respetivamente).

Agricultura, Floresta e outros usos do solo, emitiram 6,8 Mt CO₂eq (2015) enquanto a floresta foi um sequestrador líquido de 11 Mt CO₂eq (2015). Assim, o setor representou cerca de 10% das emissões nacionais (Figura 101).

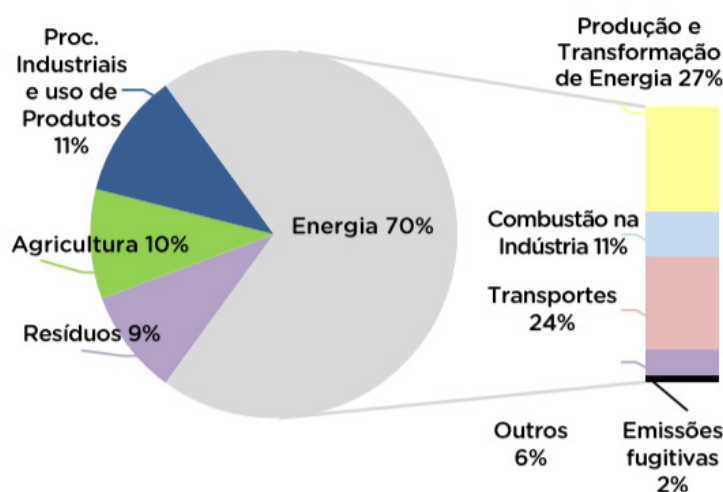


Figura 101 - Emissões setoriais de CO₂eq, em Portugal, em 2015 | Fonte: APA, 2017

Os principais gases contribuintes para o efeito de estufa emitidos pelo setor são o metano (CH₄)₅ e o óxido nitroso (N₂O)₆, representando 40% e 73% das emissões nacionais, respetivamente. As oportunidades de melhoria do setor passam pela redução das emissões na digestibilidade alimentar animal, na melhoria da gestão dos efluentes pecuários nas

produções intensivas, na alteração dos modos de produção (aposta no modo de produção biológica, na agricultura de conservação e nas técnicas de agricultura de precisão) na melhoria de gestão da floresta, no ordenamento do território e nas políticas de apoio ao investimento.

A capacidade de redução das emissões de GEE no setor está limitada à sua resposta tardia, pelas características próprias (sistema biofísico), assim as emissões com origem na agricultura, em particular as que têm origem na produção animal, têm um potencial de redução menor, e este setor reduzirá 9% a 30% as suas emissões até 2050. Entre as opções possíveis constam as melhorias na alimentação animal e nos sistemas de gestão de estrume, assim como a redução das necessidades de fertilização e de água potenciadas por uma agricultura biológica e de precisão, respetivamente. Os solos agrícolas e as pastagens têm potencial para deixar de ser uma fonte de emissões e transformarem-se em fontes de sequestro, por via da agricultura de conservação, pela substituição de fertilização mineral por fertilização orgânica e pela sementeira de pastagens melhoradas e biodiversas. Considerando como um sistema único as emissões da agricultura e as emissões dos solos agrícola e das pastagens, o potencial eleva-se para reduções de emissões de 40% a 60%.

Os restantes usos de solo, incluindo florestas, podem aumentar significativamente os níveis de sequestro atuais para valores próximos das 11 a 13 milhões de toneladas de CO₂, sendo fundamental para que isso aconteça o controlo das áreas ardidas anuais e aumentos de produtividade na generalidade das espécies florestais.

Assim como principais vetores de descarbonização podem considerar-se a alteração do sistema de gestão dos efluentes animais nos sistemas de pecuária intensiva, nomeadamente pela progressiva alteração para sistemas com menores fatores de emissão, o aumento do teor de matéria orgânica nos solos ocupados por pastagens de forma a aumentar a capacidade de sequestros de carbono, através de pastagens semeadas, melhoradas e biodiversas e a prática de sistemas de agricultura de conservação.

Para o setor da agricultura, floresta e outros usos do solo, as apostas do RNC 2050 – Roteiro para a Neutralidade Carbónica passam pela: Agricultura biológica, de conservação e de precisão; as pastagens biodiversas; a melhoria da digestibilidade da alimentação animal e da gestão de efluentes pecuários; a redução do uso de fertilizantes sintéticos e substituição por composto orgânico; a diminuição da área ardida e a melhoria da produtividade florestal. Assim, considera-se possível diminuir 60% as emissões da agricultura relativas a 2015 e na floresta aumentar a segregação para 13 Mt CO_{2eq}.

CAPÍTULO I.1 - ANEXO I - NORMAS GERAIS DE COLHEITA DE AMOSTRAS DE TERRA

As amostras de terra para análise devem ser colhidas de acordo com as seguintes regras:

- Todo o material de colheita da amostra deve estar bem limpo.
- Se o terreno não for uniforme, deverá dividir-se em parcelas relativamente homogéneas no que respeita à cor, textura, declive, drenagem, aspeto das últimas culturas realizadas, última fertilização efetuada, etc..
- Percorre-se em ziguezague cada uma das parcelas assim definidas, **colhendo ao acaso, em pelo menos quinze pontos diferentes, pequenas amostras parciais de igual tamanho** na camada arável até **10 cm** de profundidade no caso de **culturas pratenses**, até **20 cm** de profundidade nas **culturas anuais** e até **50 cm** nas **culturas arbóreas e arbustivas** e **espécies florestais**. Estas subamostras vão-se deitando num balde. As infestantes, pedras e outros detritos à superfície do terreno devem ser removidos antes de colher cada uma das amostras parciais.
- **No fim mistura-se bem a terra**, retirando eventuais pedras, detritos ou restos de plantas e toma-se uma amostra de cerca de 0,5 kg que se coloca em embalagem apropriada ou, na sua falta, em saco de plástico limpo. A amostra deve ser devidamente identificada com duas etiquetas, uma colocada dentro do saco (se a terra estiver seca) e outra, por fora, atada a este com um cordel, sendo assim enviada ao laboratório para análise.
- Após a instalação das culturas arbóreas e arbustivas e de outras culturas permanentes, haverá lugar, com uma **periodicidade de 4 anos**, salvo indicação em contrário, à colheita de novas amostras de terra nas unidades de amostragem que, entretanto, serão marcadas de forma permanente.

NOTAS IMPORTANTES

- 1) Evitar colher a amostra em locais encharcados, próximos de caminhos, de habitações, ou de estábulos.
- 2) Se quiser requerer a análise de micronutrientes, é necessário utilizar na colheita material de plástico ou de aço inoxidável, a fim de evitar contaminações. Se utilizar enxada ou pá, abra a cova, raspe a parede com pá de madeira ou plástico e só depois retire a fatia de terra para o balde, utilizando o mesmo material.

Observação: As amostras de terra, sempre que o laboratório de análise o solicite, devem ser acompanhadas por uma ficha contendo informação necessária a uma boa interpretação dos resultados analíticos. No caso do LQARS pode a ela aceder através do **link**:

<https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/requisicao-analises/Mod-LQARS73-Terras-v6.pdf>

Determinações a solicitar e sua periodicidade:

a) Culturas anuais ao ar livre

Analisar a terra **antes** da **instalação da cultura**. Parâmetros a analisar:

- pH (H_2O), necessidade de cal (se necessário), matéria orgânica; fósforo, potássio e magnésio extraíveis.

Repetir a análise dos parâmetros anteriores de **quatro em quatro anos**, com **exceção das culturas hortícolas** em que se deve realizar a análise dos mesmos parâmetros com uma periodicidade **anual**.

b) Culturas anuais protegidas

Analisar a terra **antes** da **instalação da cultura**. Parâmetros a analisar:

- pH(H_2O), necessidade de cal (se necessário), matéria orgânica; azoto mineral, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sódio solúveis em água; condutividade elétrica.

Analisar com uma **periodicidade anual** os parâmetros anteriores, bem como a realização de uma **segunda análise** no final do ciclo de cada cultura.

c) Culturas arbóreas e arbustivas

Analisar a terra **antes** da **instalação da cultura** (ou logo que possível após a mesma)

Parâmetros a analisar (**1ª amostra**):

- Análise granulométrica;
- pH (H_2O);
- Calcário total e calcário ativo, se a pesquisa de carbonatos for positiva;
- Necessidade de cal, se necessário;
- Matéria orgânica;
- Fósforo, potássio, magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre e boro extraíveis;
- Catiões de troca e capacidade de troca catiónica.
- Condutividade elétrica, em parcelas que tenham sido anteriormente ocupadas por culturas regadas.

Analisar a terra **após** a **instalação da cultura**, depois da análise inicial.

Parâmetros a analisar (**segunda** e restantes amostras, salvo indicação em contrário):

- pH (H_2O);
- Necessidade de cal, se necessário;
- Matéria orgânica;
- Fósforo, potássio, magnésio e boro extraíveis;

- Manganês, do zinco e cobre extraíveis;
- Condutividade elétrica, na análise da amostra de terra colhida junto ao ponto de rega, quando existe fertirrega.

Repetir a análise dos parâmetros anteriores de **quatro em quatro anos**.

Para mais detalhes sobre as Normas de colheita de amostras de terra, consultar:

Normas de colheita de amostras de terra (instalação)

https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/colheita-amostras/Mod-LQARS083_Colheita-amostras-terra-antes-instalacao-culturas_vs26-05-2021.pdf

Normas de colheita de amostras de terra em culturas arbóreas e arbustivas

https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/colheita-amostras/Mod-LQARS084_Colheita-amostras-terra-culturas-arboreas-arbustivas_vs26-05-2021.pdf

CAPÍTULO I.1 - ANEXO II - NORMAS DE COLHEITA DE AMOSTRAS DE MATERIAL VEGETAL

A - Princípios gerais:

Na colheita de material vegetal para análise, deverão observar-se os seguintes princípios gerais:

- Colher a parte da planta a analisar de acordo com a espécie em causa e época mais adequada.
- Na falta de instruções concretas para uma dada espécie, deverão ser colhidas, como regra geral, as folhas mais novas completamente desenvolvidas, um pouco antes ou no início da floração.
- O material vegetal deve estar limpo de terra, excrementos, ser isento de doenças e pragas, etc..
- No caso de se pretender diagnosticar, por comparação, duas situações distintas – por exemplo plantas com sintomas anómalos e plantas normais - devem ser colhidas duas amostras, uma de plantas com sintomas e outra de plantas normais.
- O material a analisar deve ser entregue no laboratório no próprio dia de colheita ou no dia seguinte. Neste caso, o material deve ser guardado em frigorífico, a uma temperatura de 4 a 6° C, até à sua entrega.
- Caso não seja possível a entrega das amostras nas condições indicadas no parágrafo anterior, o material deve ser seco em estufa, preferencialmente de ventilação forçada, com temperatura controlada a 65° C ou, na sua falta, em local arejado, à sombra e resguardado de poeiras, podendo depois ser enviado por correio. Caso seja solicitada a determinação de microelementos é necessário proceder, previamente, à lavagem das folhas com água normal e depois com água desmineralizada ou destilada.
- Por norma, deve ser evitado o envio de amostras de material vegetal verde pelo correio, em particular no caso de material facilmente perecível, uma vez que o risco de deterioração é muito elevado, inutilizando-se todo o trabalho de colheita e dando lugar a despesas de envio inúteis.

Observação: as amostras do material vegetal, sempre que o laboratório de análises o solicite, devem ser acompanhadas por uma ficha contendo a informação necessária para uma mais adequada interpretação dos resultados analíticos: produções, fertilização praticada, época de colheita, etc..

No caso do LQARS poderá aceder-se a essa ficha através do link abaixo:

https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/requisicao-analises/Mod-LQARS71-Material_Vegetal-v4.pdf

Determinações a solicitar: azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, zinco, cobre e boro. Em casos extraordinários poderão ser solicitados outros nutrientes.

No que respeita ao caso de **Normas de colheita de amostras de folhas de culturas anuais**, consultar:

https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/colheita-amostras/Mod-LQARS089_Colheita-amostras-material-vegetal_Culturas-aneais_vs26-05-2021.pdf

B - Colheita de amostras de folhas em culturas arbóreas e arbustivas

Nota prévia:

A análise foliar é, nos dias de hoje, o mais poderoso meio de diagnóstico do estado de nutrição das culturas, pelo que a ela se deve recorrer para melhor fundamentar uma recomendação de fertilização racional, especialmente nas culturas arbóreas e arbustivas. O recurso à análise foliar como meio de diagnóstico foi iniciado por Lagatu e Maume (1926), na cultura da vinha. Quase um século decorrido sobre a data em causa, esta metodologia foi alargada a muitas outras culturas e o conhecimento entretanto adquirido permitiu melhorar e aperfeiçoar este meio de diagnóstico, que:

- 1) Assenta na relação existente entre a concentração de nutrientes nas folhas, em determinadas fases do ciclo da cultura, e o desenvolvimento vegetativo, a produtividade e ou a qualidade da produção;
- 2) Tal relação significa que a composição mineral das folhas reflete o grau de disponibilidade dos nutrientes no solo e a sua capacidade para alimentar as plantas;
- 3) Um diagnóstico correto exige saber interpretar os resultados da análise foliar;
- 4) Requer que se estabeleçam previamente valores de referência para cada um dos nutrientes, para uma ou mais épocas do ciclo;
- 5) Estes são comparados com os valores obtidos nas amostras de folhas colhidas na cultura em causa, amostradas de forma similar e em época idêntica aquela para a qual os valores de referência foram obtidos, permitindo detetar quais os nutrientes que estão em deficiência, em excesso ou num nível adequado.

Regras:

Na colheita de material vegetal para análise, tendo em vista o diagnóstico do estado de nutrição das culturas, deverão observar-se as seguintes regras:

- 1) A colheita de folhas para análise laboratorial deverá ser efetuada numa zona representativa das características dominantes da parcela, no que se refere à natureza do solo, topografia, exposição, cultivar, porta-enxerto, idade das plantas e técnicas culturais utilizadas. Em cada zona homogênea define-se uma **unidade de amostragem** (UA) constituída usualmente por 15 plantas ou conjuntos de plantas, embora existam exceções, como no caso da vinha, em que devem ser 40, se possível marcadas de forma permanente (em todas as UA independentemente da cultura).
- 2) Colher a folha a analisar de acordo com a espécie em causa e na época mais adequada (https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/colheita-amostras/Mod-LQARS088_Colheita-amostras-folhas_Culturas-arboreas-arbustivas_vs26-05-2021.pdf).

- 3) O material vegetal deve estar são (isento de doenças e pragas, etc.), inteiro e limpo de terra, pesticidas e de outros produtos.
- 4) As folhas devem ser colhidas à mesma altura da copa e, sempre que possível, ser provenientes em igual número dos diferentes pontos cardeais. Em cada raminho deve colher-se apenas uma folha.
- 5) Preencher, tal como referido acima, a *ficha informativa* que se denomina folha de requisição (Mod.LQARS-071), que acompanha as amostras e que pode ser descarregado aqui: (https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/requisicao-analises/Mod-LQARS71-Material_Vegetal-v4.pdf).
- 6) O material a analisar deve ser entregue no próprio dia de colheita, ou no dia seguinte, no laboratório onde se pretende fazer a análise. No último caso o material deve ser guardado em frigorífico, a uma temperatura de 4 a 6° C. Na impossibilidade das amostras de material vegetal serem entregues diretamente no laboratório, podem ser enviadas em correio expresso desde que sejam acondicionadas em papel absorvente e colocadas em envelope almofadado. Evitar que a data de envio ou de receção do material coincida com a véspera de um feriado ou fim-de-semana.
- 7) Independentemente da época de colheita, sempre que surjam plantas com sintomas anómalos cuja causa se suspeite ser de origem nutricional, deve colher-se duas amostras: uma amostra de folhas nas plantas afetadas, incidindo esta colheita sobre as folhas que apresentem sintomas, e uma segunda amostra de folhas de inserção homóloga à das primeiras, mas em plantas aparentemente normais. Sempre que possível, devem colher-se duas amostras de terra representativas das áreas/zonas em que foram colhidas as amostras de material vegetal. Estas amostras de terra deverão ser igualmente remetidas para análise.
- 8) As determinações a solicitar são, em qualquer dos casos, as acima referidas (azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, zinco, cobre e boro). Em casos extraordinários poderão ser solicitados outros nutrientes ou elementos, assim exista a suspeita de que aquele ou aqueles podem ser responsáveis por eventual distúrbio observado.

CAPÍTULO I.1 - ANEXO III - NORMAS GERAIS DE COLHEITA DE AMOSTRAS DE ÁGUA PARA REGA

A apreciação da qualidade das águas para rega deverá ser feita com base na análise de amostras representativas, colhidas tendo em atenção os seguintes cuidados:

- No caso das águas para rega provenientes de charcas, poços ou furos, deve tomar-se uma amostra de 1 litro de volume, colhida cerca de meia hora após se ter iniciado a bombagem da água.
- A amostra não pode ser contaminada com fertilizantes ou corretivos da água de rega, pelo que deve ser retirada antes de chegar ao sistema doseador dos mesmos (caso existam).
- Em águas superficiais em movimento (rio, canal, etc.) a amostra deve ser colhida onde a corrente seja normal, evitando zonas de remoinhos ou de água estagnada. A profundidade a que deve ser colhida a amostra deve ser intermédia entre o fundo e a superfície, no centro da corrente. A boca da garrafa deve estar no sentido contrário ao da corrente e protegida para evitar a entrada de materiais flutuantes (ex. algas, plantas).
- A amostra de água deve ser guardada em recipiente de vidro ou plástico bem limpo, lavado ou enxaguado pelo menos três vezes com a água de que se deseja colher a amostra.
- O recipiente deve ficar bem cheio, sem bolhas de ar e devidamente rolhado.
- Sempre que a chegada ao laboratório não seja imediata, a amostra deve ser guardada em frigorífico a uma temperatura que não exceda os 5°C.

Determinações a solicitar:

Análise geral: • carbonatos • bicarbonatos • boro • cálcio • cloretos • condutividade elétrica • magnésio • nitratos • pH • sódio • razão de adsorção de sódio ajustada;

Rega gota-a-gota e aspersão: • Parâmetros anteriores + • ferro • manganês • sulfatos • sólidos em suspensão • índice de saturação

Pode também solicitar a determinação do fósforo e do potássio.

Observação: as amostras de água de rega, sempre que o laboratório de análise o solicite, devem ser acompanhadas por uma ficha contendo a informação necessária para a interpretação dos resultados analíticos.

No caso do LQARS poderá aceder-se a essa ficha através do link abaixo:

https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/requisicao-analises/Mod-LQARS72-Agua_Rega-v4.pdf

CAPÍTULO I.3 - ANEXO I - ESTADOS FENOLÓGICOS MIRTILO, MILHO, VIDEIRA, CASTANHEIRO

Estado Fenológico do Mirtilo	
	1 – Gema invernal dormente completamente fechados sem sinais visíveis de desenvolvimento.
	2 – Gema inchada - Gomos florais começam a inchar aumentando de volume e a abrir, sendo visíveis as escamas mais claras do interior.
	3 – Abrolhamento - Gomos florais abrem, identificando-se as flores entre as escamas.
	4 – Gomo floral verde - As flores individuais ainda fechadas começam a separar-se, sendo distinguíveis na inflorescência.
	5 – Gomos iniciais rosa-As corolas adquirem tom rosa, alongam-se, mas encontram-se fechadas.
	6 – Gomos finais rosa-As corolas atingem o tamanho final. A maior parte das flores da inflorescência estão completamente separadas.
	7 – Início da floração -Cerca de 10% das flores já estão abertas.
	8 – Plena floração - Pelo menos 50% das flores estão abertas.
	9 – Queda das corolas - Fim da floração, vingamento dos frutos. As corolas brancas começam a cair, observando-se os pequenos frutos verdes.
	10 – Crescimento do fruto-As pequenas bagas verdes crescem atingindo cerca de 10% do seu tamanho final. No entanto os tamanhos das bagas variam, desde bagas grandes a tamanho de ervilha.
	11 – Frutos verde - Cerca de 80% das bagas atinge o seu tamanho final e apresenta cor verde com alguns tons rosa-claro.
	12 – Maturação/coloração - Início da coloração dos frutos. As bagas começam a mudar da cor verde para rosa-escuro e depois azul. Começam a ficar moles.
	13 – 10% frutos maduros - Cerca de 10% das bagas isoladas estão maduras e prontas para a colheita.
	14 – 25% frutos maduros - Cerca de 25% das bagas isoladas estão maduras e prontas para a colheita. Esta fase por vezes coincide com a primeira colheita das bagas maduras.
	15 – 75% frutos maduros - Os Mirtilos são colhidos consoante amadurecem. Por vezes em 2 ou 3 colheitas. Este estado fenológico às vezes coincide com a 2ª colheita, podendo nunca ser observado no campo.

Fonte: Martins et al., 2016

Estado Fenológico do Mirtilo

A cultura do milho é dividida em duas grandes fases: vegetativa representada pela letra (V) e reprodutiva representada pela letra (R).

Dentro destas duas grandes fases, devemos considerar **subdivisões**.

Fase vegetativa: as subdivisões dos estádios vegetativos (V) são representadas por números. O primeiro e os últimos estádios vegetativos são designados como **VE** (emergência) e **VT** (embandeiramento), **V1, V2, V3**, etc até Vn, onde n representa o último estágio vegetativo que antecede ao embandeiramento (formação de pendão ou bandeira) representado por **VT**, variando esse valor com as características das culturas e as diferenças ambientais.

Durante a fase vegetativa, cada estágio é definido de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo (Figura 104). Assim, de cima para baixo, a primeira folha com o colar visível, é considerada completamente desenvolvida e contada como tal.

Fase reprodutiva: as subdivisões dos estádios reprodutivos (R) apresentam por 6 subdivisões, identificadas também numericamente (**R1 a R6**) (Figura 102) e iniciam-se na formação do pendão ou bandeira (Figuras 103 e 105) e prolonga-se até à maturação fisiológica, dizendo respeito, basicamente, ao desenvolvimento do grão e dos seus componentes.



Figura 102 - Estádios reprodutivos (R1 a R6) | Fonte: <https://acientistaagricola.pt/cultura-do-milho-conheca-todas-as-fases-vegetativas-e-reprodutivas/>

Na cultura do milho a divisão do ciclo em estádios distintos de desenvolvimento (V e R) permite o estabelecimento de relações entre a fisiologia da planta, o clima, os aspetos fitotécnicos e fitossanitários e a sua expressão no potencial da cultura. (Guiomar, P.M.C.N, 2011).



Figura 103 - Formação do pendão ou bandeira – VT

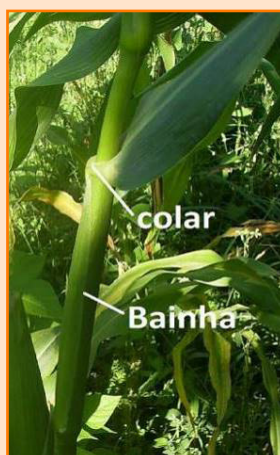


Figura 104 - Representação do colar e bainha no milho



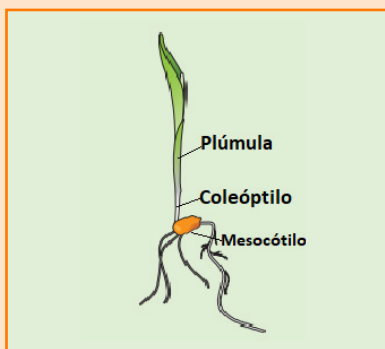
Figura 105 - Início da fase reprodutiva (R) com a formação do pendão ou bandeira

Os principais estádios de desenvolvimento vegetativo (V) e reprodutivo (R), são seguidamente descritos, de forma resumida

Fases Fenológicas do milho	
Estádios vegetativos	Estádios reprodutivos
VE - Emergência	R1 - Florescimento
V1 - Primeira folha	R2 - Grão leitoso
V2 - Segunda folha	R3 - Grão pastoso
V3 - Terceira folha	R4 - Grão farináceo
V6 - Sexta folha	R5 - Grão farináceo-duro
Vn até ao Embandeiramento	R6 - Maturidade fisiológica

Fonte: Arquivo do agrônomo n.º 15, 2003

Desenvolvimento vegetativo (V)



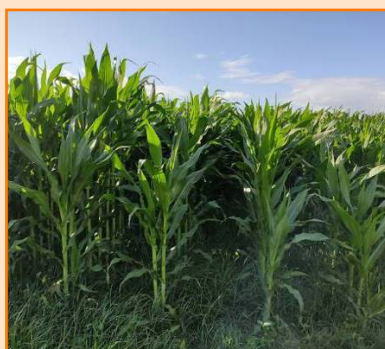
Estádio VE (germinação e emergência)

Sob condições adequadas no campo, a semente absorve água e começa o seu crescimento. Alonga-se a radícula, seguida pelo coleóptilo com a plúmula fechada (planta embrionária). O estágio **VE** é atingido pelo rápido alongamento do mesocótilo, o qual empurra o coleóptilo em crescimento para a superfície do solo. A emergência ocorre 4 a 5 dias após a semeadura, onde o alongamento do coleóptilo e do mesocótilo pára, quando a ponta do coleóptilo é exposta à luz solar. De seguida há um desenvolvimento das folhas embrionárias, que crescem através da extremidade do coleóptilo e o desenvolvimento da planta acima do solo inicia-se.



Estádio V6 (Sexta folha)

No estágio **V6**, a região de crescimento e o pendão estão acima da superfície do solo, iniciando o colmo um período de grande alongamento. Abaixo da superfície do solo, o sistema radicular nodular é agora o principal sistema radicular em funcionamento.



Estádio V9 (Nona folha)

Neste estágio, muitas inflorescências femininas (espigas) são facilmente visíveis, onde desenvolvem-se a partir de cada um dos nós acima da superfície do solo. A panícula começa a desenvolver-se rapidamente e o colmo continua em rápido alongamento.

Desenvolvimento vegetativo (V)

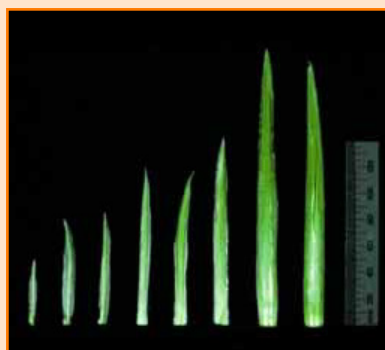
Estádio VT (Embandeiramento)

O estágio **VT** inicia-se quando o último ramo da panícula está completamente visível e os estilos-estigmas ainda não emergiram (não são visíveis). Nesta altura a planta de milho atingirá a sua altura total e iniciará a polinização, através do pendão, que se estenderá por uma a duas semanas. Durante este tempo cada estilo-estigma deverá emergir para que a polinização e o desenvolvimento do grão ocorram. É de referir também que este é o período em que a planta de milho é mais vulnerável aos danos causados por granizo, uma vez que a panícula e todas as folhas estão completamente expostos.



Crescimento e desenvolvimento do pendão até à polinização

Fonte: Arquivo do agrônomo n.º 15, 2003



Estilos-estigmas ainda não estão visíveis

Fonte: Arquivo do agrônomo n.º 15, 2003



Estilo-estigma visível fora da palha

Fonte: Arquivo do agrônomo n.º 15, 2003

Desenvolvimento Reprodutivo (R)

Estádio R1 (Floração)



O estágio **R1** começa quando as sedas de qualquer estilo-estigma são visíveis fora da espiga. A polinização ocorre quando os grãos de pólen libertados atingem uma seda, formando o tubo polínico, num período aproximadamente de 24 h, que cresce até fertilizar o óvulo. Após a sua fertilização o óvulo transforma-se em um grão.

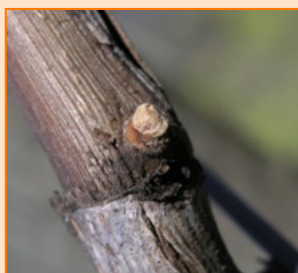
Estádio R2 (Grão leitoso de 10-14 dias após a floração) até ao R6 (maturidade fisiológica)

Os grãos no estágio **R2** são brancos externamente e lembram uma bolha na sua forma (figura A). Os grãos começam um período de rápido e constante acumulação de matéria seca ou de enchimento. Este rápido desenvolvimento dos grãos continuará até próximo estágio **R6**. A maturação fisiológica ocorre pouco depois do desaparecimento da linha de leite (figura B) e um pouco antes da formação da camada preta na ponta das sementes (figura C), ou seja, a linha de leite desaparece e a camada negra forma-se. A partir daqui é que se dá o fim da acumulação de matéria seca nos grãos e se inicia o processo de senescência natural das folhas das plantas, começando por isso a perder gradualmente a sua coloração verde característica (figura D).

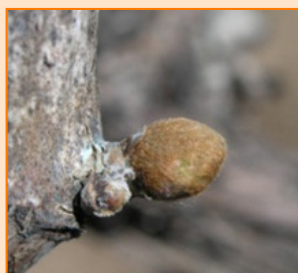


Fonte: <https://blog.chbagro.com.br/6-dicas-para-conduzir-uma-excelente-colheita-do-milho>

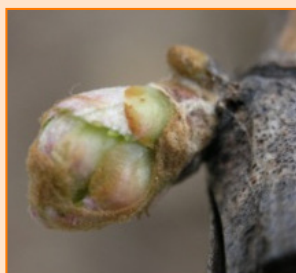
Estado Fenológico da Videira



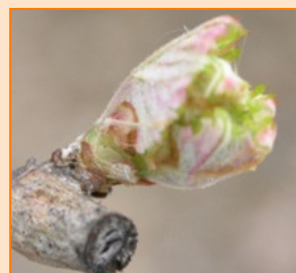
A – Gomo de Inverno



B – Gomo de Algodão



C – Ponta Verde



D – Saída da Folhas



E – Folhas Livres



F – Cachos Visíveis



G – Cachos Separados



H – Botões Florais Separados



I – Floração



J – Alimpa



K – Bago de Ervilha



L – Cacho Fechado



M – Pintor



N – Maturação

Fonte: Ministério da Agricultura do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT)

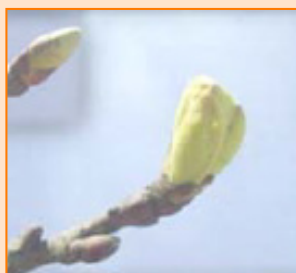
Estado Fenológico do Castanheiro



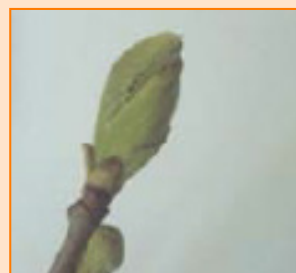
A - Dormência dos gomos



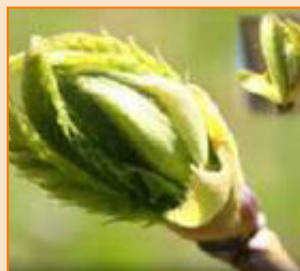
B - Tumescência dos gomos



C1 - Abrolhamento dos gomos



C3 - Queda das escamas protectoras



D - Aparecimento das nervuras e desenvolvimento das folhas



D - Aparecimento das nervuras e desenvolvimento das folhas



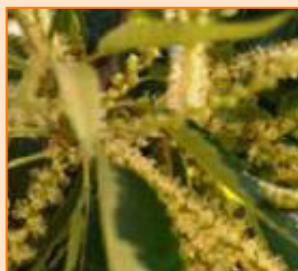
Dm - Aparecimento dos Amentilhos unissexuais



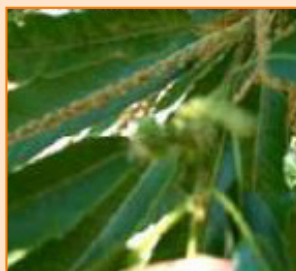
Em - Glomérulos masculinos bem individualizados



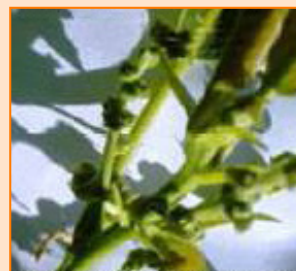
Fm - Aparecimento dos estames nos estaminados



Fm2 - Plena floração masculina



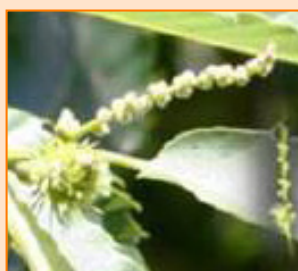
Gm - Final da emissão do pólen - anteras acastanhadas



Dm - Aparecimento dos Amentilhos androgínicos



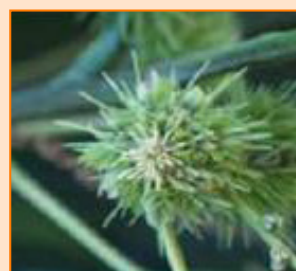
Ea - Glomérulos masculinos bem individualizados



Ef - Flores femininas bem diferenciadas



Ff - Aparecimento dos estigmas na flor central



Ff2 - Estigmas bem desenvolvidos - plena floração feminina



I - Inchamento



Fa - Aparecimento dos estames



Fa2 - Emissão de pólen



Ga - Anteras vazias e acastanhadas

Fonte: Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas (MADRP)

MÓDULO II

PROTEÇÃO DAS PLANTAS

II.1. EVOLUÇÃO DA PROTEÇÃO DAS PLANTAS	155
II.2. PRINCIPAIS INIMIGOS DAS CULTURAS	159
II.2.1. ENQUADRAMENTO E DEFINIÇÕES BASE	159
II.2.2. FATORES QUE INFLUENCIAM O DESENVOLVIMENTO DOS PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS	162
II.2.3. PRAGAS E DOENÇAS DAS PLANTAS	164
II.2.3.1. CONCEITO DE PRAGA	164
II.2.3.2. CONCEITO DE DOENÇA	164
II.2.4. ESTRATÉGIAS E MEIOS DE PROTEÇÃO	165
II.2.5. ESTRAGOS E PREJUÍZOS	166
II.3. A FAUNA E FLORA AUXILIAR E A SUA PRESERVAÇÃO	166
II.3.1. TIPOLOGIA DE AUXILIARES	167
II.4. A IMPORTÂNCIA DA BIODIVERSIDADE NA PROTEÇÃO DAS CULTURAS	169
II.5. BOAS PRÁTICAS DE PROTEÇÃO DAS PLANTAS	171

MÓDULO II

PROTEÇÃO DAS PLANTAS

“No contexto da agricultura sustentável deve ser dada ênfase às medidas preventivas, isto é, à proteção das plantas de forma indireta, utilizando-as ao máximo antes de recorrer às medidas diretas que visam a eliminação da população do inimigo da cultura que causa prejuízos”¹

A proteção das plantas, inclui o controlo de doenças, pragas e plantas infestantes, através da utilização de mecanismos tradicionais e tecnológicos de forma que estas estejam seguras contra os seus inimigos, com vista ao menor impacto ambiental e humano possível.

II.1. EVOLUÇÃO DA PROTEÇÃO DAS PLANTAS

A transmissão de conhecimentos ao longo dos anos, sobre proteção das plantas, tem sido fundamental para esclarecer conceitos como a bioecologia e a epidemiologia de alguns inimigos das culturas, as técnicas de estimativa do risco, os valores de níveis económicos de ataque, a ocorrência e gravidade da resistência de inimigos das culturas aos produtos fitofarmacêuticos, a natureza e eficácia dos mais importantes auxiliares, como coccinelídeos, sirfídeos, crisopídeos, antocorídeos, himenópteros e ácaros fitoseídeos, isto é, dos antagonistas que promovem a limitação natural dos inimigos das culturas bem como a viabilidade de utilização e a eficácia relativa de meios de luta alternativos aos produtos fitofarmacêuticos químicos como sejam a luta biológica, a luta biotécnica e a luta cultural.

O aumento da preocupação relativa ao ambiente e à qualidade e segurança dos produtos alimentares a consumir, conduziu ao desenvolvimento da **Proteção Integrada**² que, por sua vez, irá promover a implementação de um conjunto de práticas culturais cujo principal objetivo é o de minimizar os efeitos provocados pelo recurso à utilização de produtos fitofarmacêuticos (ex.: intoxicações, poluição, destruição de abelhas e auxiliares e resistência dos inimigos das culturas aos produtos fitofarmacêuticos).

¹ Amaro, P. (1998) – Os fatores que têm condicionado a intervenção da DGPPA, do CNPPA e da DGPC na área da proteção integrada. UTL/ISA/DPPF/SAPI, 13 p. http://www.isa.utl.pt/files/pub/ISAPRESS/PDF_Livros_ProfPedroAmaro/Proteccao_Integrada.pdf

² Mais informação sobre Proteção Integrada em Módulo III

Por outro lado, a **Produção Integrada**³ visa a exploração agrícola de forma integrada: proteger as plantas e mitigar os efeitos secundários (integra a Proteção Integrada), salvaguardar o bem-estar animal e preservar os recursos naturais para produzir alimentos de qualidade. É definida como um "(...) sistema agrícola de produção de alimentos e de outros produtos alimentares de alta qualidade" apoiada na "gestão racional dos recursos naturais" e que privilegia "a utilização dos mecanismos de regulação" em detrimento dos fatores de produção (Decreto-Lei n.º 256/2009 de 24 de setembro).

O Programa de Proteção Integrada (e o de Produção Integrada) arrancou em Portugal em 1994, no âmbito das Medidas Agro-Ambientais⁴.

Os progressos feitos na luta biológica, na luta biotécnica (com recurso aos métodos da captura em massa e da confusão sexual) e na luta cultural (de que se destaca a solarização do solo, a utilização de plantas isentas de vírus e de variedades resistentes), têm permitido o recurso, de uma forma progressiva e crescente, a alternativas à luta química (Tabela 1). Na luta química, a par de maiores exigências legais, a indústria dos produtos fitofarmacêuticos tem procurado dispor de produtos mais seletivos e de utilização em doses mais reduzidas, minimizando o impacto no ambiente.

Fase de Evolução	Caracterização das Fases
Luta Química Cega	Utilização indiscriminada dos produtos fitofarmacêuticos eficazes, segundo esquemas de tratamentos fixos e definidos previamente.
Luta Química Aconselhada	Utilização ponderada de produtos fitofarmacêuticos de amplo espectro de ação pela intervenção de sistemas de avisos.
Luta Dirigida	Introdução da noção de nível económico de ataque. Utilização de produtos fitofarmacêuticos com fraca repercussão ecológica. Salvaguarda dos organismos auxiliares existentes.
Proteção Integrada	Além das características da luta dirigida, procede-se a: Integração de todos os meios de luta; Limitação máxima da luta química.

Tabela 1 - Evolução da Proteção das plantas. | Fonte: Amaro & Baggiolini, 1982 (Adaptado)

--Proteção Integrada --

Medidas ao nível da proteção fitossanitária, com vista à diminuição da utilização de produtos fitofarmacêuticos e à redução dos riscos e efeitos da sua utilização na saúde humana e no ambiente.

Hoje, todos os agricultores são obrigados a adotar os princípios gerais da Proteção Integrada:

1.º - Aplicar medidas de prevenção e/ou controlo dos inimigos das culturas;

3 Mais informação sobre Produção Integrada em Módulo III

4 Regulamento (CEE) n.º 2078/92, com aplicação nacional das primeiras Medidas Agroambientais em 1994.

- 2.º - Utilizar métodos e instrumentos adequados de monitorização dos inimigos das culturas;
- 3.º - Ter em consideração os resultados da monitorização e da estimativa do risco na tomada de decisão;
- 4.º - Dar preferência aos meios de luta não químicos (ex. luta cultura, luta biológica, luta biotécnica e física);
- 5.º - Aplicar os produtos fitofarmacêuticos mais seletivos tendo em vista o alvo biológico e com o mínimo de efeitos secundários para a saúde humana, para os organismos não visados e para o ambiente;
- 6.º - Reduzir a utilização de produtos fitofarmacêuticos e outras formas de intervenção ao mínimo necessário;
- 7.º - Recorrer a estratégias anti-resistência disponíveis para manter a eficácia dos produtos;
- 8.º - Verificar o êxito das medidas fitossanitárias aplicadas, com base nos registos efetuados no caderno de campo;

Legislação

Lei n.º 26/2013, de 11 de abril, que transpõe a Diretiva Quadro do Uso Sustentável dos Pesticidas.

Decreto-lei n.º 37/2013, de 13 de março. Diário da República - 1ª Série – N.º 51. Ministério da Agricultura, do mar, do ambiente e do ordenamento do território. Lisboa.

Decreto-lei n.º 86/2010, de 15 de julho. Diário da República - 1ª Série – N.º 136. Ministério da agricultura, do desenvolvimento rural e das pescas. Lisboa que transpõe a Diretiva 2009/128/CE, 21 de outubro de 2009, do Parlamento Europeu e do Conselho, - Estabelece um quadro de ação a nível comunitário para uma utilização sustentável dos pesticidas.

Decreto-lei n.º 256/2009, de 24 de setembro. Diário da República - 1ª Série - N.º 186. Lisboa.

Desenvolveu-se, em simultâneo, o conceito da Agricultura Biológica, onde não é permitido o recurso a produtos químicos de síntese, associado às preocupações de saúde e segurança alimentar.

Em Portugal, o **Modo de Produção Biológico (MPB)**⁵ só começou a ter algum significado nas duas últimas décadas. Até à década de oitenta (do século XX) as produções em MPB restringiam-se a áreas/efetivos reduzidos, sendo a produção de alimentos produzidos em modo de produção biológica maioritariamente desenvolvida por produtores estrangeiros,

⁵ Mais informação sobre Agricultura Biológica no Módulo IV

para autoconsumo, e/ou voltada para a exportação, com destino ao mercado dos seus países de origem.

Segundo a legislação comunitária, a Agricultura Biológica é definida como um "...sistema global de gestão das explorações agrícolas e de produção de géneros alimentícios que combina as melhores práticas ambientais, um elevado nível de biodiversidade, a preservação dos recursos naturais, a aplicação de normas exigentes em matéria de bem-estar dos animais e método de produção em sintonia com a preferência de certos consumidores." (Regulamento (CE) n.º 834/2007).

-- Modo de Produção Biológico --

Princípios

Conceção e gestão de processos biológicos:

- Adoção de métodos que utilizem organismos vivos e métodos de produção mecânicos, cultivo de vegetais e produção animal adequados ao solo, baseados na avaliação dos riscos, que recorram a medidas de precaução e preventivas e que excluam o uso de Organismos Geneticamente Modificados (OGM).

Limitação ao uso de insumos externos:

- Uso de insumos externos de origem biológica, de substâncias naturais (ex. inseticidas naturais) ou derivadas e fertilizantes minerais de baixa solubilidade.

Adaptação das regras de produção biológica:

- Às condições sanitárias, climas regionais, condições locais, estádios de desenvolvimento e práticas específicas de criação.

Legislação:

Regulamento de Execução (UE) 2019/2164 da Comissão de 17 de dezembro de 2019, que altera o Regulamento (CE) n.º 889/2008 que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no respeitante à produção biológica, à rotulagem e ao controlo.

Regulamento (UE) 2018/848, do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho.

Regulamento (CE) n.º 889/2008, de 5 de setembro, da Comissão Europeia. Jornal Oficial da União Europeia - Estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no que respeita à produção biológica, à rotulagem e ao controlo.

Regulamento (CE) n.º 834/2007, de 28 de junho, do Conselho Europeu. Jornal Oficial da União Europeia - Relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CEE) n.º 2092/91.

II.2. PRINCIPAIS INIMIGOS DAS CULTURAS

II.2.1. ENQUADRAMENTO E DEFINIÇÕES BASE

Designam-se inimigos das culturas, os animais, insetos, plantas, fungos bactérias ou outros agentes patogénicos com potencial para reduzir a produção das culturas agrícolas e que afetam a produtividade das explorações e a correspondente produção de alimentos (Tabela 2). Podem também ser abióticos como a chuva, granizo, fitotoxidade causada por má nutrição ou uso inadequado dos produtos fitofarmacêuticos.

PRODI – No modo de Produção Integrada um animal é considerado como praga quando o número de organismos por área definida excede um limite numérico de aceitabilidade (específicos para cada tipo de pragas e culturas). Nesta definição conclui-se que um animal não é automaticamente considerado uma praga só porque se alimenta das culturas.

Podem classificar-se em:

- **Pragas**

Insetos, nematodes, ácaros, caracóis, aves e mamíferos que causam danos físicos às plantas ou com possibilidade de transmitir doenças. Os danos podem ser causados na vegetação, raízes e sementes das culturas, já que são estruturas que constituem o seu alimento. No processo de alimentação algumas pragas podem transmitir agentes patogénicos às plantas através do fluído expelido, originando a proliferação de doenças (insetos picadores-sugadores). Na Figura 1 podem apresentar-se alguns exemplos de pragas.



Figura 1 – Pragas: A) Larvas e adulto de escaravelho da batata (*Leptinotarsa decemlineata* Say), coleóptero da família Chrysomelidae; B) *Epitrix* sp. na batata, coleóptero da família Chrysomelidae; C) Sintomas de psila-africana-dos-citrinos, *Trioza erytreae* (inseto picador-sugador, hemíptero da família Triozidae); D) caracóis.

NAS PLANTAS (OU LAVOURAS)	Exemplos de insetos-pragas
Destruir folhas, ramos botões florais, casca ou fruto	Lagartas, besouros, gafanhotos
Sugar a seiva vegetal em folhas, botões florais, ramos, frutos	Percevejos, pulgões, cigarrinhas, tripses, cochonilhas
Broquear ou anelar a casca, ramos, frutos, sementes, raízes	Besouros adultos, larvas, lagartas
Atacar raízes ou colo das plantas	Besouros, lagartas, cigarras, cupins, larvas de moscas
Usar partes da planta para a construção de ninhos ou refúgios	Formigas, vespas, larvas de moscas
Disseminar ou facilitar o desenvolvimento de microrganismos fitopatogênicos (fungos, bactérias, vírus, protozoários), injetando-os nos tecidos das plantas ao se alimentar	Pulgões, cochonilhas, besouros, cigarrinhas, moscas-brancas, tripses
NOS GRÃOS OU PRODUTOS ARMAZENADOS	Exemplos de insetos-pragas
Alimentar-se de todo ou de parte de um produto armazenado	Carunchos, gorgulhos, besouros, traças
Contaminar o produto com suas secreções, excreções, ovos ou alguma parte do corpo, tornando-o imprestável para o consumo.	Carunchos, gorgulhos, besouros, traças
Buscar proteção ou construir ninhos ou abrigos com ou sobre o substrato	Carunchos, gorgulhos, besouros, traças

Tabela 2 - Exemplos de danos de insetos-praga em culturas | Fonte: Amaro, 1982 (Adaptado)

• Doenças

Provocadas por microrganismos (fungos, bactérias e vírus), que infetam e causam doenças nas plantas. Estes organismos possuem características específicas como a elevada capacidade de reprodução, dispersão (através de esporos, por exemplo) e resiliência. A capacidade de infetar é condicionada pelas condições meteorológicas sendo que temperaturas do ar amenas ou elevadas e altas percentagens de humidade facilitam, de uma forma geral a proliferação destes agentes. A infeção causa a redução da produtividade e as plantas hospedeiras são danificadas ou acabam mesmo por morrer. Alguns exemplos: míldio, oídio, ferrugem, cancro, podridões (phytophthora), lepra... (Figura 2).



Escuriose



Black rot



Oídio no cacho



Mildio nas bagas da vinha



Pedrado



Moniliose



Ferrugem framboeseira



Eutipiose da vinha

Figura 2 - Alguns exemplos de doenças.

• Infestantes

São plantas que competem com as culturas agrícolas pelos recursos água, luz e nutrientes, tendo uma ação prejudicial sobre o desenvolvimento, manutenção ou produção das culturas. No entanto, são, muitas vezes, ecologicamente adaptáveis ao ambiente agrícola, podendo e devendo, em algumas circunstâncias, serem designadas de adventícias, já que podem desempenhar ações úteis à cultura. Alguns exemplos: bredos, balancos, labagas, saramagos, corriola... (Figura 3).



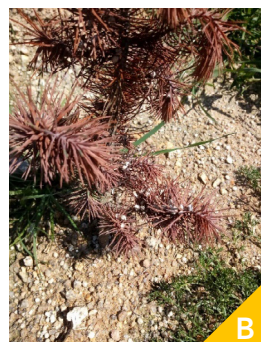
Figura 3 - Exemplo de infestante em vinha.

• Acidentes Fisiológicos

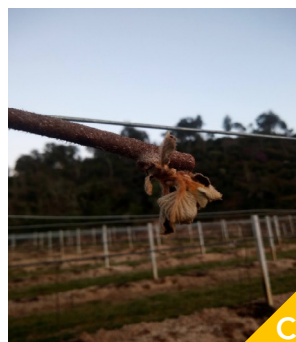
Não sendo um "típico" inimigo da cultura, os acidentes fisiológicos podem causar danos expressivos nas culturas e respetivas produções, pelo que é pertinente considerá-los neste ponto. Falamos do escaldão, da geada, do granizo, do fogo, das cheias prolongadas, entre outros (Figura 4). Num mesmo contexto, existem danos e prejuízos provocados por fitotoxicidade originados por aplicações incorretas de produtos fitofarmacêuticos ou de fertilizantes, nomeadamente os que aportam micronutrientes.



A



B



C

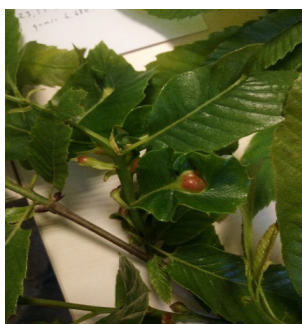


D

Figura 4 - a) Escaldão em eucalipto; b) Fitotoxicidade em pinheiro manso; c) Geada em Kiwi; d) Geada em physalis.

• Espécies Exóticas Invasoras

As espécies (não nativas) introduzidas em áreas fora da sua área de distribuição natural (sejam elas animais, insetos, plantas, fungos, bactérias, vírus, etc.) e que conseguem sobreviver e posteriormente reproduzir-se. Esta ocupação do território, quando se torna excessiva (área ou n.º de indivíduos) pode criar perturbações significativas nos ecossistemas já que competem por recursos com as espécies nativas. Por esta razão podem significar perdas de biodiversidade e assim impactos negativos nos ecossistemas. Por regra, estas espécies invasoras não têm antagonistas naturais pelo que, se bem adaptadas, têm uma enorme tendência à rápida disseminação e consequente domínio no ecossistema. Alguns exemplos (Figura 5): vespa-das-galhas-do-castanheiro, jacinto de água, vespa velutina, acácias.



Vespa-das-galhas-do castanheiro



Vespa velutina



Acácias

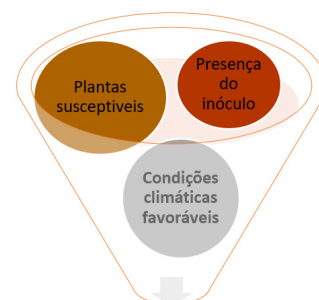
Figura 5 - Exemplos de espécies exóticas.

II.2.2. FATORES QUE INFLUENCIAM O DESENVOLVIMENTO DOS PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS

Poderemos considerar que o problema fitossanitário, no contexto do potencial prejuízo e por sua vez da necessidade de intervenção por parte do agricultor, ocorre quando reunidas quatro circunstâncias concretas, são elas:

- O estado de desenvolvimento da cultura (estado fenológico) que a torne numa cultura vulnerável ou sensível ao problema fitossanitário;
- A presença ou probabilidade de vir a estar presente o agente patogénico;
- As condições meteorológicas que se verificam ou que se venham a verificar e que potenciam ou facilitem o desenvolvimento do agente patogénico;
- Existência de antagonistas naturais bem como a capacidade de resposta do agricultor para proceder a qualquer iniciativa de controlo e/ou mitigação do problema.

Em função da análise destes pontos, onde os princípios da Proteção Integrada são essenciais, o agricultor poderá desenhar uma estratégia que irá contribuir para uma menor perda da produção e consequentemente um maior sucesso da sua atividade.



Técnicas culturais adoptadas

Existem, contudo, um vasto número de condições e fatores que levam a que o desenvolvimento do problema fitossanitário seja mais grave, ou mais rápido, ou ainda que implique mais intervenções ou que cause mais danos à cultura, por exemplo:

- Monocultura: proporciona ao agente patogénico condições ótimas de desenvolvimento já que dispõe de alimento abundante pela quebra do ambiente natural, bem como pela tendencial ausência de antagonistas e consequente redução da rapidez de desenvolvimento de uma condição de equilíbrio entre patogénico e antagonista;
- Técnicas culturais inadequadas, reduzindo ou anulando, por exemplo, as rotações de culturas, ou não fazendo as correções de solo necessárias ou ainda promovendo fertilizações erradas;
- Técnicas de cultivo como a plantação/sementeira direta que favorecem o desenvolvimento de pragas e doenças de solo, quando aliadas à ausência de rotação de culturas e/ou de estratégias de pousio;
- Uso inadequado dos produtos fitofarmacêuticos: usar produtos não seletivos aos inimigos naturais, redução ou aumento da dose recomendada, repetição de tratamentos, não alternância de produtos com diferentes modos de ação podendo contribuir para fenómenos de resistência dos inimigos à substância ativa;
- Armazenamento inadequado: não realizar a limpeza ou tratamento adequado do produto que vem do campo, ou ignorando a necessidade de manter o controlo sanitário dos produtos em armazém (exemplo da batata ou dos cereais);
- Estratégias erradas de controlo dos fluxos comerciais que favorecem a disseminação pelo transporte de mudas e sementes infestadas bem como de agentes patogénicos, vejam-se os casos, por exemplo da Vespa-das-galhas-do-castanheiro, da Trioza erytrae e da Xylella fastidiosa;
- Melhoramento genético: apesar de apontar para uma melhoria da adaptabilidade das culturas e da sua capacidade de produção, pode resultar na seleção de variedades menos rusticas e potencialmente mais sensíveis;

Existem ainda três grandes grupos de fatores que contribuem, em muito, para o desenvolvimento do problema fitossanitário e que influenciam diretamente a sua gravidade, são eles as condições meteorológicas, a fertilização e a disponibilidade quer de meios técnicos (equipamentos) quer até de mão de obra.

Fatores meteorológicos como a temperatura e a humidade do ar e do solo podem afetar a biologia dos inimigos das culturas podendo potenciar o seu desenvolvimento se reunidas as condições ótimas (estado fenológico de sensibilidade da cultura, presença do agente patogénico, temperatura e humidade ótimas ao seu desenvolvimento, ausência ou baixa densidade de antagonistas e dificuldade de resposta por parte do agricultor).

Estas condições poderão ser tão mais graves quanto maior for o valor acrescentado da cultura, por exemplo, quando o agricultor desenvolve a sua atividade sob forçagem (estufas).

É essencial que o agricultor conheça as condições meteorológicas existentes e as que se avizinham bem como o comportamento dos inimigos obrigatórios das culturas que desenvolve,

a fim de antecipar o problema mitigando os danos e prejuízos, por exemplo, recorrendo aos Serviços de Avisos Agrícolas, visualizando diariamente as informações meteorológicas disponíveis, mantendo um registo adequado do histórico da sua cultura, etc.

Sabemos todos que um organismo bem alimentado é um organismo mais resistente. Nas plantas isto não é exceção, quanto mais equilibrado o processo nutricional da cultura maior a sua capacidade de resistência sanitária ou, se preferimos, menor a sua vulnerabilidade ao agente patogénico. Importa concretizar que uma nutrição equilibrada não é necessariamente uma nutrição abundante, ou seja, os excessos nutricionais são, normalmente contraproducentes.

Assim, é fundamental que numa estratégia de redução do risco sanitário, o agricultor avalie as necessidades de fertilização da sua cultura, através de análises de solo e foliares regulares. Em resultado disso deve promover as respetivas correções em função das necessidades específicas da cultura e da produção esperada de forma a manter sempre bem nutridas as plantas conseguindo com isso um aumento na sua capacidade de resistência autónoma.

Por fim, a capacidade de resposta do agricultor é um fator essencial na estratégia de controlo sanitário e que pode influenciar o desenvolvimento (ou não) dos problemas fitossanitários. Como vimos as condições climáticas que se verificam ou venham a verificar são elemento essencial na equação da tomada de decisão do agricultor.

Nesta análise terá de considerar uma estratégia preventiva para as doenças e curativa para o controlo das pragas (em função dos princípios da proteção integrada, nomeadamente na estimativa do risco). Por exemplo, uma exploração de grande dimensão poderá equacionar a redução do Nível Económico de Ataque por falta de capacidade de resposta.

II.2.3. PRAGAS E DOENÇAS DAS PLANTAS

II.2.3.1. CONCEITO DE PRAGA

Pragas são um conjunto de organismos nocivos, de diversas espécies, insetos na sua maioria (mas também aracnídeos – ácaros), que provocam alterações no estado sanitário das plantas podendo provocar apenas danos ligeiros ou podendo causar a sua morte, passando por mais ou menos implicações na quantidade e qualidade da produção obtida.

Podem em alguns casos ser vetores transmissores de doenças (fungos, bactérias, vírus, nematodes endoparasitas).

Os insetos causam danos diretos no produto a ser colhido (por exemplo o bichado da fruta), ou indiretos, quando presentes em partes da planta que não serão comercializadas, mas que alteram processos fisiológicos, com reflexos na produção (por exemplo o escaravelho da batateira).

Alguns insetos também atuam como transmissores de patógenos vegetais, principalmente vírus ou facilitando a proliferação de bactérias e o desenvolvimento de fungos (fumagina) e outros patógenos.

II.2.3.2. CONCEITO DE DOENÇA

Podemos definir doenças como sendo as alterações nos processos de vida da planta que

afetam parte ou todos os seus órgãos, provocados por fungos, bactérias e vírus.

Ao contrário das pragas, quantificáveis e alvo de uma estratégia curativa em função da tomada de decisão com base no Nível Económico de Ataque, as doenças deverão ser interpretadas pelo agricultor num contexto preventivo. A principal razão desta estratégia prende-se com a manifestação da doença que se verifica com o sinal ou sintoma, ou seja, com o resultado da ação do agente patogénico. Mais uma vez é imprescindível que o agricultor analise os fatores de desenvolvimento da doença a fim de antecipar a sua ocorrência e decidir pelos métodos de mitigação e controlo.

II.2.4. ESTRATÉGIAS E MEIOS DE PROTEÇÃO

Para definir uma estratégia adequada de intervenção no sentido de controlar ou mitigar um problema sanitário o agricultor ou o técnico terá de proceder ao correto diagnóstico. Por sua vez, a correta identificação do problema fitossanitário orienta no sentido da intervenção, desde logo podendo a mesma ser dispensada se os fatores de risco – na análise da estimativa de risco, indicarem risco baixo ou ausência de risco. Ou seja, é fundamental interiorizar num contexto de boas práticas (quer numa abordagem ecológica quer financeira) que nem sempre é necessário intervir e reconhecer que os princípios da Proteção Integrada são conceito básico para desenvolver a atividade de produção.

De qualquer das formas existem dois grandes grupos de estratégias de controlo – **procedimentos preventivos** (normalmente aplicados para agentes patogénicos como fungos, bactérias e vírus – doenças, portanto) e **procedimentos curativos** (normalmente aplicados ao controlo de pragas, salvaguardando a estimativa de risco e o nível económico de ataque).

Em consequência desta abordagem previa, a utilização de produtos fitofarmacêuticos surge como último recurso e quando é impraticável uma outra opção, quer em termos técnicos quer em termos económicos.

De forma transversal deveremos sempre implementar medidas que reduzam a probabilidade de ocorrência do problema fitossanitário, nomeadamente:

- Através de medidas preventivas Diretas – recorrendo a técnicas e operações culturais adequadas:
 - a) Rotação de culturas;
 - b) Redução de áreas cultivadas em monocultura;
 - c) Criação de ilhas ou corredores ecológicos em caso de áreas de monocultura;
 - d) Recorrer a variedades mais rusticas, bem-adaptadas e resistentes;
 - e) Respeitar as densidades máximas;
 - f) Usar técnicas de rega mais ajustadas às culturas e às circunstâncias em causa;
 - g) Usar fertilizações adequadas.

- Através de medidas preventivas Indiretas – recorrendo a técnicas e operações culturais adequadas tais como:
 - a) Sempre que possível revestir os solos com plantas adequadas para que se reestabeleçam sinergias que contribuam para o ressurgimento de habitas que potenciem o equilíbrio ecológico – como exemplo o enrelvamento de culturas permanentes com recurso a misturas de prado de sequeiro;
 - b) Fomentar a presença de flora que sirva de refúgio a insetos auxiliares; plantas repulsivas de insetos prejudiciais em consociação com as culturas e nas áreas envolventes aos locais de produção (caminhos, taludes, cabeceiros, etc.);
 - c) Luta cultural (ex. consociações; poda de rebentos), luta genética (ex. escolha de espécies e variedades/cultivares resistentes), luta biotécnica (ex. instalação de armadilhas de captura com recurso a confusão sexual ou difusores atrativos) e luta biológica na modalidade limitação natural com recurso a largadas de auxiliares;
 - d) São essenciais as estratégias de diversificação como rotações culturais (que quebrem o ciclo de desenvolvimento dos inimigos das culturas), utilização de consociações, utilização de plantas para alimento ou abrigo de predadores (infra-estruturas ecológicas) ou planta armadilha, complementadas pela otimização das condições de crescimento das plantas, como a escolha da época correta de cultivo.

II.2.5. ESTRAGOS E PREJUÍZOS

As plantas têm uma ampla gama de inimigos. Contudo, apenas alguns têm uma ação que causa prejuízo às culturas e com impacto no rendimento das explorações. Assim, é correto dizermos que nem todos os agentes patogéneos causarão problemas fitossanitários dignos dessa definição, desde logo porque poderão não ter um impacto relevante na cultura e/ou produção que justifique a intervenção de controlo ou mitigação – princípio do Nível Económico de Ataque.

Quer para efeitos prévios de diagnóstico quer para avaliação de danos e prejuízos, importa perceber o que são sinais e sintomas:

Sintomas – Evidências físicas na planta que mostram a presença de problemas fitossanitários. Ou seja, a manifestação da reação ou reações da planta ao agente nocivo. Podem ser encontrados nos vários órgãos das plantas (ex. folhas, ramos, caule, ...) e variam com o problema fitossanitário e com o ciclo vegetativo da planta.

Sinal – Estruturas do patógeno quando exteriorizadas e/ou quando o próprio agente patogénico é visível.

II.3. A FAUNA E FLORA AUXILIAR E A SUA PRESERVAÇÃO

A fauna e flora auxiliar traduzem-se nos seres vivos, vegetal e animal, que, pela sua atividade

nos ecossistemas (por exemplo comportamental, alimentar, presença ou emissão de uma substância particular), contribuem naturalmente para o controlo de pragas nas explorações agrícolas. São alguns exemplares insetos, ácaros, vertebrados, aves e mamíferos, répteis e anfíbios ou antagonistas (microrganismos auxiliares) (Figura 6).



Figura 6 - Exemplo de um auxiliar (joaninha, coleóptero da família Coccinellidae) muito voraz quer em larva quer em adulto alimenta-se sobretudo de afídeos (piolhos ou pulgões) contribuindo para o controlo destes.

Independentemente do modo de produção da exploração agrícola, preservar e promover a existência de organismos auxiliares das culturas, integrados nos ecossistemas, é uma forma de luta biológica contra os inimigos das plantas. Por isso, devem ser promovidas práticas de proteção e de aumento dos auxiliares.

II.3.1. TIPOLOGIA DE AUXILIARES

Predadores:

São organismos com atividade predadora, relativa aos inimigos das culturas. A existência de infraestruturas ecológicas que sirvam, de refúgio, como sebes, bosques e taludes revestidos de vegetação espontânea são importantes para a sobrevivência dos auxiliares (Tabela 3). Estes organismos podem igualmente ser suscetíveis à ação de produtos fitofarmacêuticos, como inseticidas, pelo que o seu uso deve ser mitigado.

Auxiliar	Presa/Inimigo da cultura
Ouriços, Musaranhos	Larvas de insetos, lesmas
Joaninha - Coccinelídeos	Afídeos, cochonilhas, ácaros e mosquinhas brancas
Crisopa Crisopídeos	Afídios polípagas
Sirfídeos	Afídeos no estado larvar
Antocorídeos	Ácaros, afídeos, tripes e jovens lagartas
Salamandra salamandra (Salamandra)	
Estafilínídeos	Pragas do solo, como lesmas e outras pragas subterrâneas

Auxiliar	Presa/Inimigo da cultura
Carabídeos	Larvas e ovos de coleópteros, de lagartas, de afídeos, lesmas e caracóis, sobretudo ao nível do solo –
Ácaros fitoseídeos	Ácaros fitófagos

Tabela 3 - Exemplos de auxiliares | Fonte: Amaro, 1982 (Adaptado)

• Parasitoide:

Normalmente da Classe inseta com desenvolvimento biológico à custa de outro indivíduo de outra espécie, que provoca a sua morte. Exemplo: Tricogramas: Parasitóides de ovos de lepidópteros.

Se os vir é porque o estão a ajudar... Proteja-os!

A proteção dos organismos auxiliares

Desde janeiro de 2014 que os agricultores estão obrigados a cumprir os **8 princípios gerais da Proteção Integrada**⁶ na exploração agrícola (para mais informação consultar Módulo III – PI_PRODI).

Como refere a própria Diretiva, pretende-se a proteção das culturas com uma "...avaliação ponderada de todos os métodos disponíveis de proteção das culturas e a subsequente integração de medidas adequadas para diminuir o desenvolvimento de populações de organismos nocivos e manter a utilização dos produtos fitofarmacêuticos e outras formas de intervenção a níveis económica e ecologicamente justificáveis, reduzindo ou minimizando os riscos para a saúde humana e o ambiente." (Diretiva 2009/128/CE).

Neste caso, deve privilegiar-se os meios de luta cultural, biológica, biotécnica ou física (Princípio 4)⁷, sem deixar de fora o recurso à luta química, quando necessário, com recurso a produtos fitofarmacêuticos mais seletivos (Princípio 5) e fazendo o registo das medidas fitossanitárias aplicadas no operações efetuadas em cada parcela agrícola homogénea – Caderno de Campo (Princípio 8). No caderno de campo, entre outra informação, é feita a caracterização das parcelas agrícolas, dos estados fenológicos e das práticas culturais, a estimativa do risco, o levantamento dos organismos auxiliares⁸, os meios de luta utilizados e os tratamentos fitossanitários (ex. data de aplicação e finalidade). É exemplo de luta biológica a realização de largadas de auxiliares em casos em que a eficácia dos auxiliares seja uma mais-valia.

Em suma, para a melhor tomada de decisão do agricultor, é importante:

- Conhecer a cultura;
- Os organismos auxiliares;

6 Lei n.º 26/2013, de 11 de abril que transpõe a Diretiva n.º 128/2009/CE para legislação – Quadro do Uso Sustentável dos Pesticidas.

7 Lei n.º 26/2013 de 11 de abril, anexo II

8 Técnicas de amostragem: observação visual, técnica das pancadas, armadilhas, aspirador - http://geo.drapn.min-agricultura.pt/agri/archivos/publicaciones/1392826878_Proteção%20integrada%20das%20culturas_Volume%20I.pdf

- Os inimigos e os fatores de nocividade para estimar o risco – ex. consulta do Serviço Nacional de Avisos Agrícolas (SNAA);
- O nível económico de ataque (NEA)⁹;
- A seleção dos meios de luta.

Independentemente do Modo de Produção adotado na exploração agrícola, no que respeita à proteção fitossanitária cumprir os princípios da proteção integrada constituem-se como requisito mínimo.

As infestantes também podem ser aliadas?

Embora compitam com a cultura agrícola, e por isso indesejáveis, as infestantes podem ser alimento ou abrigo de insetos ou animais invertebrados ou vertebrados auxiliares. Para além disso podem contribuir para o equilíbrio em macro e micronutrientes e proteger o solo.

A importância da biodiversidade na proteção das plantas

Biodiversidade é a diversidade da vida que existe na Terra. É a variedade do capital natural: genética, de espécies e de ecossistemas seja em pequena escala, num determinado habitat, ou no conceito mais lato, no mundo. A relevância para a existência da vida humana é conhecida e tem um carácter transversal como a polinização, a regulação climática (e, portanto, na mitigação de eventos climáticos extremos, doenças e pragas), equilibra o ciclo hidrológico (qualidade e quantidade) e do carbono, purifica o ar, na fertilização dos solos e na produção de bens, como a produção alimentar, que sustentam a economia e a sociedade.

II.4. A IMPORTÂNCIA DA BIODIVERSIDADE NA PROTEÇÃO DAS CULTURAS

De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica, diversidade biológica significa: “a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas”.

A biodiversidade apresenta importância ambiental, económica e social. No que diz respeito às funções ambientais, é essencial para o funcionamento e equilíbrio de todos os ecossistemas do planeta, pois todos os seres vivos participam de alguma forma da cadeia alimentar, e a retirada de um organismo pode desencadear desequilíbrio ecológico. A biodiversidade contribui para a produtividade, a longo prazo, dos seus campos. Assim, é fundamental que os agricultores reflitam sobre o impacto que as suas ações podem ter sobre a biodiversidade existente nas suas parcelas uma vez que ela influenciará a produtividade das suas culturas (Figura 7).

Constituído pelas plantas e animais associados aos sistemas de cultivo, pecuária, floresta e aquicultura e espécies aquáticas com a finalidade de alimentar ou a chamada

⁹ NEA – Intensidade de ataque do inimigo da cultura a partir do qual se devem aplicar medidas limitativas, ou de combate, para impedir que a cultura corra o risco de prejuízos superiores ao custo das medidas de luta a adotar, acrescidos os efeitos indesejáveis que estes possam causar.



Figura 7- Exemplos de biodiversidade em culturas.

“biodiversidade associada”, isto é, organismos que orbitam os sistemas de produção agrícola e alimentar, sustentando-os e contribuindo para sua produção. Desta forma, a biodiversidade garante a segurança alimentar, diminui a necessidade de recursos externos à exploração, o desenvolvimento sustentável e a manutenção e resiliência dos ecossistemas.

As principais ameaças à biodiversidade

- Alterações climáticas;
- Mercados internacionais e demografia;
- Alteração do uso da terra (ex. urbanização);
- Poluição;
- Uso excessivo de fatores de produção externos;
- Colheita excessiva.

Segundo a FAO/UN, a perda de biodiversidade deve-se, no essencial, à destruição dos ecossistemas florestais e aquáticos e o crescente domínio de sistemas de produção intensivos (número reduzido de espécies, raças e variedades). Também o relatório do Tribunal de Contas Europa, aponta o declínio da biodiversidade nas terras agrícolas como uma das consequências da aplicação da Política Agrícola Comum.

A generalidade dos Países reporta o aumento das raças de gado em risco de extinção, a diversidade nos campos está em declínio, assim como muitas espécies vitais do ecossistema (ex. polinizadores, inimigos naturais de pragas, organismos do solo).

A importância de garantir uma ampla agrobiodiversidade

Resultado de anos de estudo e seleção dos agricultores e dos pastores (e também da seleção natural) ao longo de séculos de História¹⁰. As alterações nas espécies e a seleção natural conduzem à evolução. As variações genéticas dentro de um grupo de organismos podem levar alguns indivíduos a sobreviver num determinado ambiente, enquanto os outros morrem. Se as vantajosas características genéticas dos organismos sobreviventes forem passadas para a próxima geração, esta estará melhor equipada para viver. A seleção natural complica o processo de proteção das culturas quando as pragas e doenças se adaptam e combatem com sucesso os efeitos pretendidos dos produtos fitofarmacêuticos. Um produto usado para tratar

¹⁰ Nota: A teoria evolucionista de Charles Darwin resulta do conceito popularizado de “sobrevivência do mais apto”, uma metáfora da sua teoria de “seleção natural”, em que a probabilidade de sobrevivência é maior nos organismos que melhor e mais rapidamente se adaptam ao seu ambiente.

determinada cultura pode não ser eficaz em todos os organismos de uma espécie-alvo, dentro de uma área definida. Quando isso ocorre, as futuras gerações dos organismos sobreviventes são propensas a compartilhar as características genéticas que os protegem dos efeitos dos produtos. Isto é conhecido como resistência. A exposição prolongada e repetida a substâncias ativas com um modo de ação idêntico pode facilitar a ocorrência de resistências. A resistência a um produto fitofarmacêutico pode ser impedida ou retardada através do uso de uma matriz de produtos (estratégia de gestão de resistências) que exploram uma variedade de substâncias ativas e modos de ação.

A agrobiodiversidade é a biodiversidade agrícola ou recursos genéticos para a alimentação e agricultura:

- Variedades de plantas, raças de animais e espécies selvagens usadas diretamente na alimentação; importa ressaltar que a variabilidade dentro das espécies é tão importante como a adoção de sistemas policulturais;
- Espécies não agrícolas que apoiam a produção alimentar (ex. microrganismos terrestres, abelhas, borboletas, minhocas, pulgões, etc.) e os ecossistemas agrícolas (agrícolas, pastorais, florestais e aquáticos), assim como a sua diversidade.

O conhecimento tradicional e local são fundamentais para manter muita biodiversidade que não sobreviveriam sem a mão do Homem, por outro lado, a inclusão de espécies e raças oriundas de outras latitudes põe em causa a autonomia dos próprios sistemas agrícolas e dos agricultores.

A biodiversidade dos organismos auxiliares

Portanto, a biodiversidade dos ecossistemas agrícolas inclui tanto os organismos que representam uma ameaça para a fitossanidade, mas também os organismos que auxiliam a produção agrícola, as espécies que diminuem ou impedem a produção são conhecidas como pragas, doenças e infestantes. Interessa assim proteger as culturas e o gado, controlar as populações de pragas, doenças e infestantes, salvaguardar os auxiliares que vivem nas culturas ou perto dos seus campos e preservar as plantas e animais selvagens que vivem perto de áreas agrícolas, nomeadamente através da manutenção em boas condições de infraestruturas ecológicas próximas das culturas e cuja manutenção não exija alterações significativas de criar perturbações. Estas servem de nutrição, abrigo e proteção aos auxiliares por exemplo, em situações meteorológicas ou perante práticas culturais prejudiciais aos auxiliares.

É necessário aprofundar o conhecimento da exploração agrícola e as interações simbióticas que se devem proporcionar, evitando que o “auxílio” se transforme num prejuízo para o agricultor, nomeadamente na utilização de plantas que se tornem infestantes¹¹, devendo ainda privilegiar-se as plantas autóctones que atinjam os objetivos que pretende o agricultor.

II.5. BOAS PRÁTICAS DE PROTEÇÃO DAS PLANTAS

Como verificamos ao longo do módulo, as práticas para a proteção das plantas variam desde as práticas culturais mais simples como a rotação de culturas ou a seleção de variedades mais resistentes, até à utilização de produtos fitofarmacêuticos de acordo com o modo de

¹¹ Plantas consideradas indesejáveis pelo homem nos pontos de vista ecológico e económico (Amaro, 1969; Godinho, 1984) https://repositorio.ipbeja.pt/bitstream/20.500.12207/748/1/Jos%C3%A9_carvalho_mestrado.pdf

produção adotado na exploração agrícola, passando por uma panóplia de alternativas que visam o controlo ou mitigação do problema fitossanitário com o mais baixo impacto ecológico e ambiental possível.

Nos rendimentos, é atingido o ponto ótimo quando se faz uma gestão e uso eficiente dos recursos naturais, sempre na ótica e intuito de conduzir a exploração agrícola a uma ideal rentabilidade económica em paralelo com a sustentabilidade ambiental.

O recurso a produtos fitofarmacêuticos, de forma segura e profissional, faz parte de uma metodologia para evitar perdas produtivas significativas e garantir um bom rendimento agrícola, e por isso deve ser pesado o custo financeiro. Quando o agricultor adota esta solução, a luta química contra infestantes (herbicidas), pragas (inseticidas) ou doenças (fungicidas), deve ter em conta, antes da instalação da cultura, sementeira ou plantação e na produção o seguinte:

- Conservação e melhoria do estado de fertilidade do solo;
- Acesso e disponibilidade de água, sistema de rega;
- A seleção do produto fitofarmacêutico homologado¹² e mais adequado à situação - substância ativa, organismo visado, modo de aplicação, variáveis ambientais;
- Cumprimento das instruções fornecidas para a sua utilização segura¹³.

12 Regulamento (CE) n.º 1107/2009 - autorização dos produtos, divide a União Europeia em três zonas geográficas (Norte, Centro e Sul). A autorização de um produto por um Estado-membro, dentro de uma zona, permite que os outros Estados-membro dentro da mesma zona possam obter uma autorização mais rápida do mesmo produto, evitando a necessidade de uma reavaliação para as mesmas condições de uso.

13 Regulamento (CE) n.º 1107/2009 é uma legislação robusta que assegura que o desenvolvimento e a utilização dos PF se realizam de acordo com os rigorosos padrões de salvaguarda da saúde humana e preservação ambiental.

MÓDULO III

PROTEÇÃO INTEGRADA (PI) E PRODUÇÃO INTEGRADA (PRODI)

INTRODUÇÃO	175
III.1. CONCEITOS DE PROTEÇÃO E DE PRODUÇÃO INTEGRADA	175
III.1.1. DEFINIÇÃO	175
III.1.2. OBJETIVOS DA PROTEÇÃO INTEGRADA	176
III.1.3. PRINCÍPIOS DA PROTEÇÃO INTEGRADA	177
III.1.4. PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO INTEGRADA	180
III.1.4.1 EXERCÍCIO DA PRODUÇÃO INTEGRADA	180
III.2. AVALIAR A NECESSIDADE DE INTERVIR	183
III.2.1. TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM	183
III.2.1.1. TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM DIRETAS	184
III.2.1.1.1. OBSERVAÇÃO VISUAL	184
III.2.1.2. TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM INDIRETAS	185
III.2.1.2.1. TÉCNICA DAS PANCADAS	185
III.2.1.2.2. ARMADILHAS	185
III.2.1.2.3. CINTAS – ARMADILHA	188
III.2.1.2.4. ASPIRADOR	189
III.2.1.2.5. MODELOS MATEMÁTICOS DE PREVISÃO	190
III.3. TOMADA DE DECISÃO E SELEÇÃO DOS MEIOS DE CONTROLO	190
III.4. MEIOS DE LUTA DISPONÍVEIS	191
III.4.1. MEDIDAS INDIRETAS	192
III.4.2. MEDIDAS DIRETAS	203
III.5. TÉCNICAS DE PRODI	207
III.5.1. COMPONENTE VEGETAL	207

III.5.2. COMPONENTE ANIMAL	219
III.6. REGISTOS NO CADERNO DE CAMPO	229
III.7. CONTROLO, CERTIFICAÇÃO E ROTULAGEM	229

MÓDULO III

PROTEÇÃO INTEGRADA (PI) E PRODUÇÃO INTEGRADA (PRODI)

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade económica que apresenta uma forte componente de interação com o ambiente, utilizando um vasto conjunto de recursos naturais que importa preservar. Ao longo dos últimos anos, os sistemas de produção agrícola diversificaram-se, em resposta a alterações sociais e económicas.

Com consumidores cada vez mais exigentes e conscientes, cresceu a procura por produtos com maior qualidade nutricional, menor impacto ambiental e impacto socioeconómico positivo. Deste modo, as preocupações que, atualmente, a sociedade manifesta relativamente aos recursos naturais e ambiente, por um lado, e, por outro, às exigências ao nível da qualidade e segurança alimentar têm impulsionado a adoção de modos de produção mais sustentáveis. Neste sentido, o presente módulo aborda o modo de produção dito convencional que assenta no cumprimento dos princípios da Proteção Integrada (PI) e nos modos de produção sustentáveis praticados em Portugal, nomeadamente o Modo de Produção Integrada (MPRODI), através da aplicação dos respetivos princípios gerais, das orientações específicas para as diferentes culturas, da sensibilização dos agricultores, da implementação das boas práticas na utilização racional dos fatores de produção, destacando-se a utilização dos produtos fitofarmacêuticos e dos meios de luta disponíveis para controlar os inimigos das culturas.

III.1. CONCEITOS DE PROTEÇÃO E DE PRODUÇÃO INTEGRADA

III.1.1. DEFINIÇÃO

O Artigo 3º da Lei n.º 26/2013 de 11 de abril, refere que a **proteção integrada** consiste na avaliação ponderada de todos os métodos disponíveis de proteção das culturas e a integração de medidas adequadas para diminuir o desenvolvimento de populações de organismos nocivos e manter a utilização dos produtos fitofarmacêuticos e outras formas de intervenção a níveis económica e ecologicamente justificáveis, reduzindo ou minimizando os riscos para a

saúde humana e o ambiente. A proteção integrada privilegia o desenvolvimento de culturas saudáveis com a menor perturbação possível dos ecossistemas agrícolas e agroflorestais e incentivando mecanismos naturais de luta contra os inimigos das culturas. Tem por base a estimativa do risco, o nível económico de ataque (NEA), a seleção dos meios de luta e a tomada de decisão. As definições destes conceitos encontram-se descritas no Decreto-Lei n.º 256/2009 de 24 de setembro, Artigos 2º e 6º, respetivamente. Consistem em:

Estimativa do Risco

Avaliação quantitativa de inimigos das culturas e análise da influência de certos fatores nos prejuízos que possam causar.

Nível Económico de Ataque (NEA)

Intensidade de ataque de um inimigo da cultura a que se devem aplicar medidas limitativas ou de combate para impedir que a cultura corra o risco de prejuízos superiores ao custo das medidas de luta a adoptar, acrescidos dos efeitos indesejáveis que estas últimas possam provocar.

Tomada de Decisão

Baseia-se na análise global da estimativa do risco, na referência ao NEA e na seleção dos meios de proteção, de modo a fornecer uma decisão fundamentada sobre a indispensabilidade de intervenção, os meios de luta a adoptar, privilegiando a integração dos meios de luta cultural, genética, biológica e biotécnica e a seleção dos produtos fitofarmacêuticos, se for o caso.

No Artigo 7.º do Decreto-Lei n.º 256/2009 de 24 de setembro pode ler-se, que a **produção integrada** é um sistema agrícola de produção de produtos agrícolas e géneros alimentícios de qualidade, baseado em boas práticas agrícolas, com gestão racional dos recursos naturais e privilegiando a utilização dos mecanismos de regulação natural em substituição de fatores de produção, contribuindo, deste modo, para uma agricultura sustentável. Assumem particular importância a preservação e melhoria da fertilidade do solo, a biodiversidade e a observação de critérios éticos e sociais. Assenta numa abordagem holística da exploração, considerando não só as espécies vegetais, mas também as animais, no ecossistema agrícola como base para o planeamento e realização das atividades na exploração de forma a evitar impactos ambientais, o equilíbrio dos ciclos nutritivos e a preservação do bem-estar de todas as espécies animais domésticas (Aguiar et al., 2005).

III.1.2. OBJETIVOS DA PROTEÇÃO INTEGRADA

A Proteção Integrada tem por base os seguintes objetivos:

- Implementação de medidas visando a limitação natural dos inimigos das culturas com vista a prevenir ou evitar o seu desenvolvimento;

- Redução, ao mínimo, das intervenções fitossanitárias nos ecossistemas agrícolas e agro-florestais;
- Utilização de todos os meios de luta disponíveis, integrando-os de forma harmoniosa e privilegiando, sempre que possível, as medidas indiretas;
- Recurso aos meios de luta diretos, nomeadamente o uso de produtos fitofarmacêuticos, quando não haja alternativa;
- Seleção dos produtos fitofarmacêuticos em função da sua eficácia, persistência, custo e efeitos secundários em relação ao homem, aos auxiliares e ao ambiente.

O cumprimento de tais objetivos passa obrigatoriamente pela gestão equilibrada dos recursos naturais, com a utilização de métodos e princípios que conduzam à proteção racional das culturas, limitando a utilização de produtos fitofarmacêuticos ao mínimo indispensável e após esgotadas todas as outras alternativas levando, assim, à redução dos custos de produção, melhoria das características organoléticas dos produtos produzidos, redução do impacto negativo associado à atividade e, fundamentalmente, à sustentabilidade dos ecossistemas agrários.

III.1.3. PRINCÍPIOS DA PROTEÇÃO INTEGRADA

A aplicação supõe a integração de medidas adequadas para diminuir o desenvolvimento de populações de organismos nocivos e manter a utilização dos produtos fitofarmacêuticos e outras formas de intervenção a níveis económica e ecologicamente justificáveis, reduzindo ou minimizando os riscos para a saúde humana e o ambiente.

Assim sendo, o objetivo não é a eliminação dos inimigos das culturas (pragas, agentes patogénicos ou infestantes), mas sim o controlo da sua população a níveis que não comprometam o rendimento económico da cultura (aceitam-se perdas controladas), pela adoção de uma gestão racional, equilibrada e integrada dos meios de luta disponíveis: genéticos, culturais, biológicos, biotécnicos e químicos. Para tal, é elementar conhecer a cultura, os organismos auxiliares, os inimigos e os fatores de nocividade para estimar o risco, o nível económico de ataque (NEA) e a subsequente seleção dos meios de luta, para a tomada de decisão. Desde 1 de janeiro de 2014, em Portugal, com a transposição da Diretiva n.º 2009/128/CE, todo o empresário agrícola/agricultor está obrigado ao cumprimento dos princípios da proteção integrada no contexto da sua exploração. Nesta estratégia de proteção das plantas, destaca-se como princípio fundamental, a luta química ser sempre considerada como último recurso. Os princípios de Proteção Integrada são os seguintes:

I. Aplicar medidas de prevenção e/ou controlo dos inimigos das culturas

Adoção de medidas indiretas de controlo que visem a utilização dos recursos naturais de forma racional e de práticas culturais com menor impacto nos ecossistemas, como por exemplo:

- A seleção de variedades resistentes e adaptadas às condições edafo-climáticas existentes;

- Rotação de culturas, sempre que as culturas instaladas o permitam;
- Técnicas da sementeira diferida, datas e densidades das sementeiras;
- Enrelvamento nas entrelinhas;
- Técnicas de condução da cultura como a mobilização mínima, podas adequadas;
- Solarização;
- Práticas de fertilização equilibradas;
- Processos adequados de irrigação/drenagem;
- Implementação de medidas de higiene e fitossanitárias adequadas, entre outras;

II. Utilizar métodos e instrumentos adequados de monitorização dos inimigos das culturas

Recorrer a informações emitidas pelo Serviço Nacional de Avisos Agrícolas (SNAA) ou solicitar assistência técnica reconhecida e/ou ter formação que permita fazer a estimativa de risco nas várias culturas, para os vários problemas sanitários e usando métodos de deteção e quantificação adequados para fundamentar as estratégias de luta a adotar.

III. Ter em consideração os resultados da monitorização e da estimativa do risco na tomada de decisão

Se for necessário aplicar medidas de controlo fitossanitário, fazê-lo na altura adequada, consoante a cultura e estado fenológico, aplicar os respetivos NEA (definido por cultura/inimigo), ponderar os fatores de nocividade e decidir da necessidade de aplicação de meios de luta e da utilização de medidas Fitossanitárias. Em <https://www.dgadr.gov.pt/sustentavel/producao-integrada/normas-de-prodi> podem ser consultadas as normas relativas a um vasto conjunto de culturas e onde se encontram referenciados os NEA dos principais inimigos dessas culturas.

IV. Dar preferência aos meios de luta não químicos

Privilegiar os meios de luta genética, cultural, biológica, biotécnica ou física. Entender que a monitorização pode conduzir a uma decisão de não intervenção, no entanto, a ser necessário proceder ao controlo fitossanitário, desenhar uma estratégia onde, de acordo com as condições do local por exemplo, as sachas deverão ser privilegiadas em detrimento dos herbicidas ou as largadas de auxiliares preferidas em vez da aplicação de inseticidas.

V. Aplicar os produtos fitofarmacêuticos mais seletivos tendo em conta o alvo biológico em vista e com o mínimo de efeitos secundários para a saúde humana, os organismos não visados e o ambiente

Na adoção de meios de luta químicos, o agricultor deve consultar a informação disponibilizada pela entidade competente (DGAV), nomeadamente a lista atualizada de produtos fitofarmacêuticos homologados em Portugal, da cultura ou grupos de culturas em causa e selecionar os produtos com menor classificação toxicológica para o ambiente e para o Homem.

A DGAV disponibiliza o Sistema de Gestão das Autorizações de Produtos Fitofarmacêuticos (SIFITO), no qual é possível consultar informação referente aos Produtos Fitofarmacêuticos, as autorizações de venda em vigor e as canceladas, assim como as condições de utilização.

<https://www.dgav.pt/medicamentos/conteudo/produtos-fitofarmaceuticos/divulgacao/>

VI. Reduzir a utilização dos produtos fitofarmacêuticos e outras formas de intervenção ao mínimo necessário

Evitar formas de intervenção desnecessárias, nomeadamente tratamentos fitossanitários e limitar o uso de produtos fitofarmacêuticos (ex.: uso da dose mínima eficaz, com a frequência de aplicação recomendada e com aplicações parciais ou seja, podendo não se efetuar em toda a parcela mas sim em parte ou, ainda, aplicações localizadas em focos bem identificados do inimigo em causa, sempre que possível). A realização de tratamentos contra os inimigos das culturas, em particular, os agentes patogénicos, deve ter por base os métodos de previsão ou os modelos de desenvolvimento dos inimigos das culturas, preconizados pelo SNAA.

VII. Recorrer a estratégias anti-resistência para manter a eficácia dos produtos, quando o risco de resistência do produto for conhecido

Adotar práticas que não aumentem a dependência dos produtos, das quais se destacam as rotações culturais, a criação de zonas de refúgio, a utilização de material de aplicação calibrado e inspecionado e o respeito pelas restrições impostas no rótulo (número de tratamentos com a mesma substância ativa ou com substâncias ativas da mesma família).

VIII. Verificar o êxito das medidas fitossanitárias aplicadas, com base nos registos efetuados no caderno de campo

Analisar as medidas fitossanitárias adotadas e retirar conclusões/aprendizagens para os anos seguintes. Para isso, faz-se o registo obrigatório no caderno de campo de todas as operações efetuadas em cada parcela agrícola homogénea. Do caderno de campo constam:

- Caracterização das parcelas agrícolas, dos estados fenológicos e das práticas culturais;
- Estimativa do risco;
- Levantamento dos organismos auxiliares: aliados no combate aos inimigos das culturas;
- Meios de luta utilizados;
- Tratamentos fitossanitários (ex. data, produto comercial/substância ativa, doses e volumes de calda aplicados).

A DGADR elaborou minutas-tipo de cadernos de campo para a produção integrada de acordo com o Decreto-Lei nº 256/2009, de 24 de setembro, segundo os princípios estabelecidos para cada prática e compromissos dos agricultores disponibilizando-as em <https://www.dgadr.gov.pt/sustentavel/producao-integrada/cadernos-de-campo>

III.1.4. PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO INTEGRADA

A produção integrada tem por base os seguintes princípios (Decreto-Lei n.º 256/2009, de 24 de setembro):

- a) Regulação do ecossistema, importância do bem-estar dos animais e preservação dos recursos naturais;
- b) Exploração agrícola no seu conjunto, como a unidade de implementação da produção integrada;
- c) Atualização regular dos conhecimentos dos agricultores sobre produção integrada;
- d) Manutenção da estabilidade dos ecossistemas agrários;
- e) Equilíbrio do ciclo dos nutrientes, reduzindo as perdas ao mínimo;
- f) Preservação e melhoria da fertilidade intrínseca do solo;
- g) Fomento da biodiversidade;
- h) Entendimento da qualidade dos produtos agrícolas como tendo por base parâmetros ecológicos, assim como critérios usuais de qualidade, externos e internos;
- i) Proteção das plantas tendo obrigatoriamente por base os objetivos e as orientações da proteção integrada;
- j) Minimização de alguns dos efeitos secundários decorrentes das atividades agrícolas.

A concretização de tais princípios passa obrigatoriamente pela gestão equilibrada dos recursos naturais, com a utilização de tecnologias que reduzam a utilização de produtos fitofarmacêuticos e que considerem a reciclagem dos elementos nutritivos, diminuindo, deste modo, a utilização de fertilizantes e conduzindo, assim, a uma redução dos custos de produção. Trata-se de um modelo que implica uma adequada planificação e um entendimento de longo prazo por parte do agricultor.

III.1.4.1 EXERCÍCIO DA PRODUÇÃO INTEGRADA

1 - O exercício da produção integrada inicia-se com a elaboração de um **plano de exploração**¹, que descreve o sistema agrícola e a estratégia de produção, de forma a permitir a execução de decisões fundamentadas e assentes nos princípios da produção integrada.

2 - O plano de exploração deve encontrar-se na posse do agricultor, do qual devem constar

¹ Plano de exploração, é a definição de todos os aspetos relacionados com a(s) cultura(s) ou sistema(s) cultural(ais) de uma exploração agrícola, como escolha do local, rotação das culturas, escolha das cultivares, qualidade da semente e do material de propagação vegetativa, escolha das técnicas e épocas de preparação do solo e de plantação ou sementeira, condução da cultura (fertilização, mobilizações, operações em verde), tomada de decisão em proteção das plantas, biodiversidade, bem estar animal, segurança alimentar e rastreabilidade. (Aguiar et al., 2005)

os elementos referentes ao sistema agrícola e à estratégia de produção, designadamente:

- a) O diagnóstico do sistema de produção;
- b) A escolha fundamentada de práticas de preservação dos recursos naturais, nomeadamente do solo, da água e da biodiversidade;
- c) A indicação de espécies e raças animais;
- d) A escolha de culturas e cultivares;
- e) A decisão da qualidade do material de propagação;
- f) A eleição do local e rotação das culturas;
- g) A seleção das técnicas culturais;
- h) A estratégia de fertilização;
- i) A estratégia de proteção das plantas e de rega;
- j) A salvaguarda do bem-estar animal;
- k) O manejo e alimentação animal;
- l) A profilaxia e saúde animal;
- m) A gestão de efluentes de origem animal.

3 - No que respeita à **componente vegetal** são aplicadas técnicas culturais que estabeleçam um adequado equilíbrio entre a localização da cultura, a variedade ou cultivar e o sistema cultural, de modo que seja possível obter-se uma produção equilibrada em termos de qualidade e quantidade, devendo obedecer aos seguintes critérios:

- a) O material destinado à plantação ou sementeira deve ser certificado de acordo com as normas oficiais em vigor, garantindo, nomeadamente, a sua homogeneidade e estado sanitário;
- b) A densidade de plantação ou sementeira deve ser adequada às características edafo-climáticas da região;
- c) As culturas permanentes devem ser podadas de modo a obter-se um desenvolvimento uniforme e equilibrado, assegurando uma boa utilização do espaço, que permita produções regulares, maximizando a utilização da radiação solar e simplificação das operações culturais.

4 - A estratégia de fertilização e rega deve ser orientada para a nutrição adequada das culturas, corrigindo eventuais carências e evitando excessos minerais, de forma a proporcionar produções de elevada qualidade e a preservação do ambiente, devendo ter em conta, nomeadamente:

- a) A satisfação das necessidades nutritivas das culturas para níveis de produção previsíveis em função do potencial genético da cultura, da fertilidade do solo e da possibilidade de assegurar a correta execução das restantes operações culturais;
- b) A capacidade do solo para disponibilizar à cultura os diversos nutrientes de que ela necessita;

c) As características do solo e as condições meteorológicas prevalentes, de forma a obter a sua melhor eficácia e a reduzir os riscos de perdas em prejuízo do ambiente, as quais influirão na escolha:

1. Dos tipos de fertilizantes, das épocas e técnicas da sua aplicação;
2. Das técnicas de regadio e das dotações de rega;

d) Deve estabelecer-se, para a exploração agrícola, um plano de fertilização e um plano de rega, por parcela homogênea e cultura, no caso das culturas perenes, ou por rotação, no caso das culturas anuais, no qual são definidos de forma objetiva os tipos, as quantidades, as épocas e as técnicas de aplicação dos fertilizantes e água, os quais devem ser revistos periodicamente em função das análises de solo e de água e, sempre que necessário e conveniente, da análise da planta;

e) Os fertilizantes a aplicar devem obedecer às normas legais vigentes, devendo, em especial, ser isentos ou possuir teores muito baixos de metais pesados ou de outras substâncias perigosas para o ambiente, e ser apenas usados fertilizantes com micronutrientes quando a sua necessidade for tecnicamente reconhecida.

5 - A proteção fitossanitária das culturas em produção integrada rege-se pelos princípios da **proteção integrada**.

6 - Para a prática da produção integrada na componente animal é necessária a aplicação de técnicas que estabelecem um adequado equilíbrio e salvaguarda do bem-estar animal, de modo que seja possível obter-se uma produção sustentável em termos de qualidade e quantidade, devendo ter em conta, nomeadamente, o manejo e alimentação animal, a profilaxia e saúde animal e a gestão de efluentes de origem animal.

7 - Em cada exploração agrícola em produção integrada deve proceder-se ao registo, no caderno de campo, devidamente datado, das informações relativas às práticas agrícolas adotadas, nomeadamente tratamentos fitossanitários, fertilizações e outras operações culturais, de forma a estimular a qualidade da produção através da autorregulação face ao plano de exploração (Figura 1).

8 - Sempre que as explorações agrícolas detenham animais, devem dispor do registo de medicamentos e medicamentos veterinários.

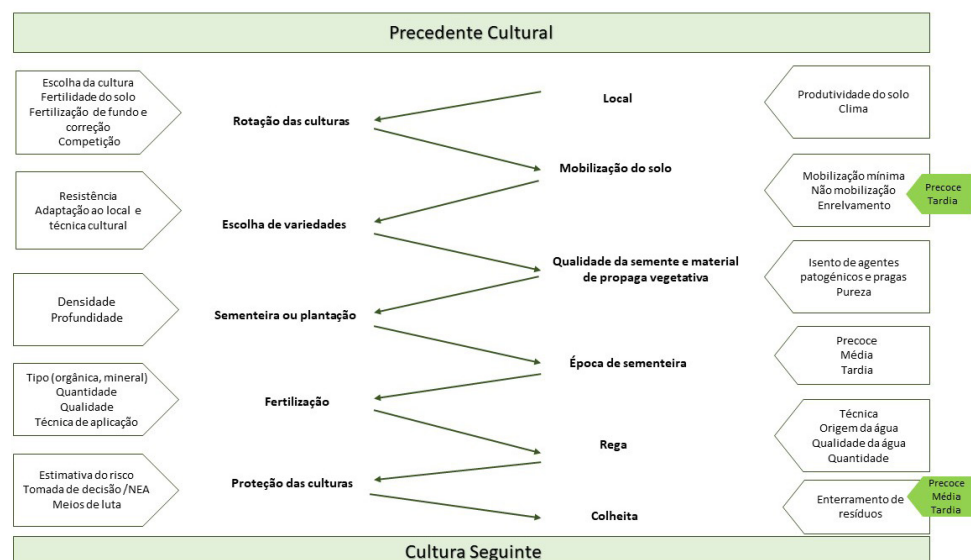


Figura 1 - Representa de forma resumida o Plano de Exploração | Fonte: Aguiar et al., 2005 (Adaptado)

III.2. AVALIAR A NECESSIDADE DE INTERVIR

A proteção fitossanitária das culturas em PRODI rege-se pelos princípios da PI. Assim, de acordo com a DGADR (2021) para a prática da proteção integrada é essencial possuir um bom conhecimento da cultura, dos seus inimigos e da intensidade do seu ataque, dos diversos fatores que contribuem para a sua nocividade, tais como fatores bióticos, abióticos, culturais e económicos, para que seja efetuada, adequadamente, a estimativa do risco permitindo, desta forma, avaliar e selecionar os meios de proteção mais adequados. A chave no combate aos inimigos das culturas, segundo os princípios da proteção integrada, centra-se nas observações regulares uma vez que irão permitir determinar a necessidade de intervenção.

Os agricultores devem acompanhar o ciclo biológico dos inimigos das culturas, através de uma avaliação do risco periódica, com o recurso a metodologias adequadas de diagnóstico, monitorização e quantificação das populações dos inimigos das culturas. Estes conhecimentos sobre os períodos de risco, são essenciais para se efetuar uma correta estimativa do risco.

A estimativa de risco passa por identificar o inimigo, a intensidade do ataque e os fatores de nocividade, nomeadamente o estado fenológico e respetiva sensibilidade da cultura, bem como as condições meteorológicas mais favoráveis ao seu desenvolvimento.

A determinação da intensidade do ataque é feita por amostragem através de metodologias e técnicas desenvolvidas pela investigação e pelos serviços agrícolas públicos, rigorosas, mas de fácil execução, interpretação e custo acessível. Uma das técnicas a utilizar é a da observação visual, onde importa saber o tipo (ramo, folha, fruto) e número de órgãos a observar bem como a época de observação.

A título de exemplo, em culturas arbóreas, o delineamento de amostragem utilizado na determinação da intensidade do ataque é normalmente do tipo bi-etápico, no qual a unidade de amostragem primária é a árvore e a unidade secundária é um órgão dessa árvore (ramo, folha, cacho floral, fruto ou outro) onde o inimigo da cultura ou os sintomas resultantes da sua atividade podem ser observados.

III.2.1. TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

A proteção integrada exige o mais completo conhecimento das culturas e dos seus inimigos chave. A avaliação da dimensão de uma praga pode ser feita com recurso a técnicas de amostragem de simples execução e de fácil interpretação adotadas na estimativa do risco, podendo ser diretas ou indiretas. Na Tabela 1 assinalam-se diferentes técnicas de amostragem:

Técnica		Descrição	Exemplo de Aplicação	
			Cultura	Praga
Diretas	Observação visual	Observação de um número de unidades que constituem a amostra. Devem ser representativas da parcela ou unidade cultural homogénea. As observações de campo podem ser complementadas no laboratório. Método mais usual, não requer equipamento sofisticado. Muito laborioso. Requer identificação de: i) tipo de órgãos a observar, ii) n.º órgãos a observar, iii) época de observação. Método muito usado para a deteção de auxiliares.	tomate	mosquinha branca ácaros afídeos
			vinha	cigarrinha verde traça (ovos e lagartas) ácaros
			macieira	ácaros bichado

Técnica			Descrição	Exemplo de Aplicação	
				Cultura	Praga
Indiretas	Técnicas das pancadas		Realização de batidas com bastão em ramos selecionados e recolha do material para dentro de um frasco colocado na extremidade de um saco. Método muito usado para a deteção de auxiliares.	Principalmente fruteiras	pragas de difícil deteção por observação visual
	Armadilha	Interceção	Dispositivos que capturam insetos acidentalmente. Pouco seletivas.	hortícolas	
		Atrativa	Dispositivos que capturam insetos baseados na resposta a estímulos de luz, cor, alimento ou acasalamento. Carácter seletivo.	fruteiras hortícolas vinha	bichado mosquinha branca traça cigarrinha verde
	Aspirador		Dispositivo que recolhe, por sucção, artrópodes existentes na proximidade. Não seletivo.	fruteiras	afídeos
	Cinta-armadilha		Dispositivo em cartão canelado ou outros materiais, colocados nos troncos das árvores ou colos de plantas, para capturar larvas que se deslocam, normalmente em busca de refúgio para hibernar.	fruteiras hortícolas	bichado mosca da couve

Tabela 1 - Técnicas de amostragem (pragas e auxiliares) diretas e indiretas | Fonte: Aguiar et al., 2005 (Adaptado)

III.2.1.1. TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM DIRETAS

III.2.1.1.1. OBSERVAÇÃO VISUAL

Consiste na quantificação periódica de pragas e doenças ou dos seus estragos e/ou prejuízos, bem como dos auxiliares ativos na cultura, através da observação de um certo número de órgãos representativos das culturas nas parcelas consideradas. Este método é realizado diretamente na parcela e nas culturas, contudo, para complementar a observação visual pode proceder-se à colheita de um dado número de amostras de material vegetal a examinar no laboratório.

A periodicidade, o tipo e o número de órgãos a observar variam com a cultura, com o inimigo, com a época de observação e com a existência de risco.

Para o efeito deve percorrer-se a parcela em zig-zag entre duas linhas selecionadas na cultura observando alternadamente de um lado e do outro da linha (Figura 2), perfazendo o total de unidades de amostragem estipuladas na metodologia de estimativa do risco para a cultura, através da sua observação ao acaso, de modo a percorrer a totalidade da parcela.

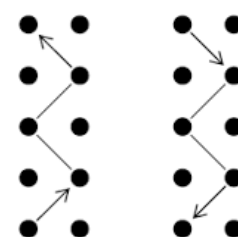


Figura 2 - Esquema em zig-zag a adotar na observação visual | Fonte: Cavaco, 2006a

Para as pragas, de acordo com a cultura, regista-se o número total de indivíduos observados por ramo/inflorescência/rebento/folha/fruto ou, calcula-se a percentagem de órgãos ocupados/atacados no número de árvores observadas.

Relativamente às doenças, nos períodos de risco, deve determinar-se periodicamente a intensidade de ataque num percurso ao longo da parcela, de acordo com o esquema referido na Figura 1, através da avaliação da presença de sintomas, adotando a seguinte escala:

0. Ausência;
1. Até 10% do órgão atacado (ramo, folha, fruto);
2. 10 – 25% do órgão atacado (ramo, folha, fruto);
3. > 25% do órgão atacado (ramo, folha, fruto).

Concluída a observação ao nível da parcela, determina-se a incidência da doença ao nível da cultura, adotando a seguinte escala:

0. Ausência,
1. Focos ou plantas isoladas (presença incipiente);
2. 25 – 50% da superfície da parcela atacada (ataque médio);
3. > 50% da superfície da parcela atacada (ataque intenso).

III.2.1.2 TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM INDIRECTAS

Nas técnicas de amostragem indirectas, efetua-se a captura de fitófagos e auxiliares entomófagos através de dispositivos apropriados (armadilhas de intercepção e atração) e procede-se, depois, à sua identificação e quantificação.

III.2.1.2.1. TÉCNICA DAS PANCADAS

Com a técnica das pancadas, procede-se à captura de pragas e fauna auxiliar, difíceis de observar de outro modo. Esta técnica baseia-se no princípio da captura de “surpresa” no seu meio natural, de pragas e fauna auxiliar, através de batidas com bastão em ramos selecionados e recolha de material para dentro de um frasco colocado na extremidade de um saco. Para uma parcela até 4 ha esta técnica deve ser efetuada em 50 árvores/cepas, dando três pancadas (rápidas e seguidas) em dois ramos de cada árvore. Para uma parcela de dimensão superior é necessário aumentar o número de árvores. O registo é efetuado em fichas elaboradas para o efeito. Esta técnica é utilizada preferencialmente em fruteiras.

III.2.1.2.2. ARMADILHAS

As armadilhas de monitorização são utilizadas, essencialmente, para fornecer informação sobre a época de aparecimento e provável atividade de certas pragas e/ou auxiliares. São um instrumento útil para determinar o início de ciclo e o pico do voo das pragas, fornecendo informação sobre o modo mais correto de posicionar as estratégias de controlo fitossanitário.

A estimativa do risco não deve ser feita apenas com base nas contagens dos indivíduos capturados nas armadilhas, dado que nem sempre se verifica uma relação direta entre as capturas e os estragos provocados pelas pragas.

Neste sentido, para alguns inimigos, como por exemplo a traça da oliveira, o modo mais correto de efetuar a estimativa do risco é através da observação visual de órgãos atacados (folhas/inflorescências/frutos) e conjugar esta informação com a obtida a partir das capturas nas armadilhas sexuais.

A estimativa de risco correta é feita pela observação de órgãos nas árvores e pelas contagens nas armadilhas. Entre as armadilhas/dispositivos que capturem insetos, podem ser utilizadas armadilhas com base na resposta a estímulos de luz, cor, sexuais e de alimento que a seguir se descrevem:

- Armadilha sexual individualizada, tipo delta (Figura 3) com base de cola e um difusor de feromona específico para a espécie que se pretende monitorizar.



Figura 3 - Armadilha sexual tipo delta
Fonte: <https://core.ac.uk/download/pdf/15439752.pdf>

Estas armadilhas, segundo Cavaco, 2012, podem ser utilizadas para captura de alguns insetos tais como: anársia (*A. lineatella*); bichado da fruta (*C. frunebana*); traça oriental (*G. molesta*); mosca do mediterrâneo, substituindo a feromona pela paraferomona de atração de machos trimedlure, à semelhança do que se faz com outras culturas, nomeadamente os citrinos.

- Armadilha tipo funil verde (Figura 4), ou bicolor (amarelo/branco), onde é colocada uma pastilha inseticida.



Figura 4 - Armadilha funil verde | Fonte: <https://www.dgav.pt/wp-content/uploads/2021/01/MANUAL-DE-PROT-FITOS-P-PROT-INTEGR-E-AGRIC-BIOLOG-DO-OLIVAL.pdf>

Estas armadilhas são instaladas por cada 3 a 4 ha, na zona média da copa da árvore. As observações semanais incidem sobre a contagem do número de indivíduos capturados, em cada armadilha. O difusor com a feromona, assim como, a pastilha inseticida devem ser substituídos de acordo com a periodicidade indicada na embalagem que, em regra, é de cinco a seis semanas.

- Armadilha cromotrópica (amarela) com cola de ambos os lados (Figura 5). Esta armadilha tem em consideração a resposta dos artrópodes aos estímulos visuais (tropismo visual), à qual se pode juntar uma cápsula de feromona sexual para atrair os machos, funcionando neste caso por dois tipos de tropismo (visual e sexual). Na cultura da oliveira pode ser utilizada para monitorizar populações de mosca da azeitona e de auxiliares. É colocada a partir da formação do fruto e deve ser substituída semanalmente. Na cultura das prunóideas, a utilização desta armadilha, tem como objetivo monitorizar adultos da mosca da cereja (*R. cerasi*), mosca do mediterrâneo e auxiliares.

Existem armadilhas cromotrópicas de outras cores, nomeadamente a azul, comumente utilizadas para captura/identificação de trips – *Frankliniella occidentalis*.



Figura 5 - Armadilha cromotrópica amarela | Fonte: http://geo.drapn.min-agricultura.pt/agri/archivos/folletos/1285324880_MA.pdf

- Armadilhas alimentares, garrafas mosqueiras (Figura 6) ou Tephri, podem ser consideradas armadilhas alimentar, sexual e cromotrópica, para monitorizar machos e fêmeas de dípteros. Nestas armadilhas pode ser colocado atrativo alimentar (proteína hidrolisada) e/ou atrativo sexual para machos (trimedlure). Esta armadilha deve ser colocada a partir da formação do fruto (final da primavera, início do verão), preferencialmente uma armadilha no interior da parcela e outra na bordadura, mais precisamente na zona média da copa da árvore. Semanalmente deverão ser efetuadas observações e registado, em ficha própria, indicando o número de fêmeas e machos capturados, bem como a substituição do líquido com proteína hidrolisada.



Figura 6 - Armadilha alimentar tipo garrafa mosqueira para captura de dípteros | Fonte: Félix e Cavaco, 2008

- A armadilha tipo Tephri (Figura 7), tem forma cilíndrica, cor amarela e no seu interior são colocados três difusores distintos, cada um contendo um dos seguintes atrativos: acetato de amônio (FFA), putrescina (FFP) e trimetilamina (FFT), aos quais se junta um inseticida com ação fumigante (DDVP (vapon)). Esta armadilha apresenta como vantagem uma maior captura de fêmeas de *C. capitata* (60% fêmeas). Acresce, ainda, o fato de que neste tipo de armadilha as moscas morrem rapidamente e ficam secas, o que permite um melhor manuseamento aquando da contabilização dos indivíduos capturados.



Figura 7 - Armadilha tipo Tephri para captura de mosca do mediterrâneo
| Fonte: <http://proteccaointegrada.biosani.com/default/ProductViewOne.asp?categoryID=309&productID=500&productcategoryID=316>

- Armadilha de Moerick, esta armadilha é utilizada para monitorizar os afídeos. É colocada preferencialmente no interior da parcela. Semanalmente, os indivíduos capturados, são observados, identificados e registados, sendo possível não só identificar as espécies capturadas como, também, determinar o início e o pico do voo dos mesmos (Figura 8).



Figura 8- Armadilha Moerick
Fonte: https://www.drapc.gov.pt/base/documentos/manual_senna_arroz.pdf

III.2.1.2.3. CINTAS – ARMADILHA

Cintas-armadilha, são dispositivos de cartão canelado ou outros materiais colocados no tronco das árvores (Figura 9) ou colo das plantas com o objetivo de capturarem as larvas das pragas e, por vezes dos auxiliares, que se deslocam, normalmente em busca de refúgio para hibernar. Estas cintas, dependendo da região devem ser colocadas entre junho e agosto retirando-se em outubro. Com esta armadilha é possível determinar o número de larvas hibernantes, permitindo a ponderação sobre a importância do ataque das pragas na primavera seguinte. Esta técnica é muito utilizada em fruteiras e hortícolas.



Figura 9 - Cinta-armadilha em cartão canelado
Fonte: Cavaco e Pinto, 2006b

- Cinta adesiva de dupla face, armadilha para captura das primeiras ninfas móveis da cochonilha de São José (Figura 10 a e b). Antes do início das eclosões colocam-se cintas com cola branca, dos dois lados, em volta dos ramos atacados, com o objetivo de detetar o início e pico das eclosões das ninfas.

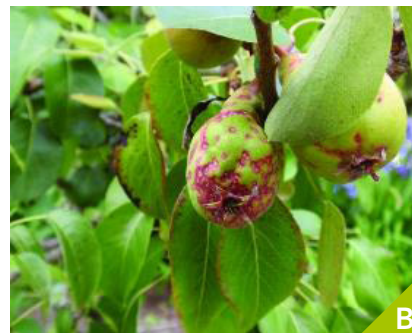


Figura 10 - a) Cinta adesiva de dupla face; b) Sintomas de Cochonilha de S. José
Fonte: Cavaco e Pinto, 2006b; <https://revistajardins.pt/combata-cochonilha-s-jose/>

III.2.1.2.4. ASPIRADOR

É um processo, não seletivo, de fácil manuseamento, que funciona por sucção (aspiração) de inúmeros insetos, nomeadamente, antocorídeos, coccinélideos, crisopídeos, mirídeos, nabídeos, tisanópteros, himenópteros e aranhas, existentes nas várias partes das árvores ou plantas (Figura 11). A seleção da técnica depende do tipo de praga/auxiliar e do seu estado de desenvolvimento. Esta técnica pode ser utilizada nas culturas do milho, sorgo, fruteiras entre outros. Este método poderá, ainda, revelar a abundância de grupos, que a observação visual não permite detetar. Os artrópodes capturados por este método devem ser mortos, introduzindo-se um algodão embebido em éter acético, dentro da câmara do aspirador e levados para laboratório, de modo a proceder à sua separação, identificação e quantificação.



Figura 11 - Aspirador manual motorizado para captura de artrópodes | Fonte: Gomes et al, 2010

III.2.1.2.5. MODELOS MATEMÁTICOS DE PREVISÃO

É possível estabelecer uma relação quantificável entre alguns fatores climáticos e o risco de ataque de alguns inimigos das culturas, desenvolvendo-se modelos de simulação que consistem em fórmulas matemáticas com variáveis ajustáveis, possíveis de se aplicar às várias regiões onde o binómio inimigo/cultura são fundamentais, quer pela importância do inimigo, quer pela importância da cultura.

Trata-se de estimativas matemáticas que pretendem prever quando e como se desenvolvem os inimigos das culturas e os principais fatores bioclimáticos que afetam o seu desenvolvimento. A partir do conhecimento da biologia dos inimigos das culturas, conseguimos saber quais os fatores climáticos que têm um papel fundamental sobre as várias fases do ciclo biológico dos mesmos, nomeadamente a ação da precipitação, temperatura e humidade relativa e, particularmente em alguns fungos, o tempo em que a folha se encontra com água visível. No que concerne à cultura devem ser conhecidos os estados fenológicos mais suscetíveis às doenças ou pragas, e, portanto, é fundamental acompanhar a sua fenologia.

Parece oportuno destacar que o agricultor, independentemente da especificidade, dimensão ou valor económico da sua cultura, pode e deve servir-se das informações prestadas pelo SNAA cuja informação prestada tem na sua génese estas e outras técnicas de diagnóstico e previsão e que ajudam o agricultor à tomada de decisão consciente e devidamente fundamentada.

III.3. TOMADA DE DECISÃO E SELEÇÃO DOS MEIOS DE CONTROLO

Depois de efetuada a estimativa do risco e tendo em consideração o NEA deve-se, previamente à tomada de decisão e seleção dos meios de controlo, ponderar a necessidade de adotar medidas diretas (para reduzir a nocividade do inimigo), avaliar os fatores de nocividade que podem influenciar positivamente ou negativamente o comportamento de um dado inimigo da cultura. É desejável estabelecer os períodos de risco, durante o ciclo cultural, para cada inimigo da cultura, de modo a reduzir o número de vezes que é necessário realizar a estimativa do risco. É importante a ponderação dos fatores de nocividade que podem influenciar positiva ou negativamente as populações dos inimigos das culturas e estes podem dividir-se em:

Históricos, é importante conhecer o historial da cultura ou parcela a nível fitossanitário, isto é, a frequência e a intensidade com que nos últimos anos se registaram ataques dos vários inimigos.

Abióticos, em particular a temperatura, a humidade relativa e precipitação, têm importância decisiva no ciclo de vida, quer de pragas, quer de doenças.

Bióticos, refere-se, em especial no caso das pragas, à espécie, estado de desenvolvimento, presença e a abundância de auxiliares. No caso das doenças, à quantidade de inóculo presente na parcela ou em parcelas contíguas.

Culturais, considerando por exemplo a idade (ou fase de ciclo) da cultura, o modo de condução, vigor das plantas, o estado fenológico, a diferença de suscetibilidade entre variedades e outros.

Económicos, como por exemplo o valor da colheita e as exigências do mercado podem ser também decisivos na altura da tomada de decisão.

Podemos então considerar que a Tomada de Decisão se baseia na análise global da estimativa do risco, na referência ao NEA e na seleção dos meios de proteção, de modo a fornecer uma decisão fundamentada sobre a indispensabilidade de intervenção, os meios de luta a adotar, privilegiando a integração dos meios de luta cultural, genética, biológica e biotécnico, relegando para ultima opção o recurso à luta química com a seleção e utilização dos produtos fitofarmacêuticos de acordo com as melhores práticas na sua utilização. Na Figura 12 é apresentado um resumo esquemático, sobre a tomada de decisão e a seleção dos meios de controlo disponíveis para proteger uma cultura, segundo os princípios da PI.

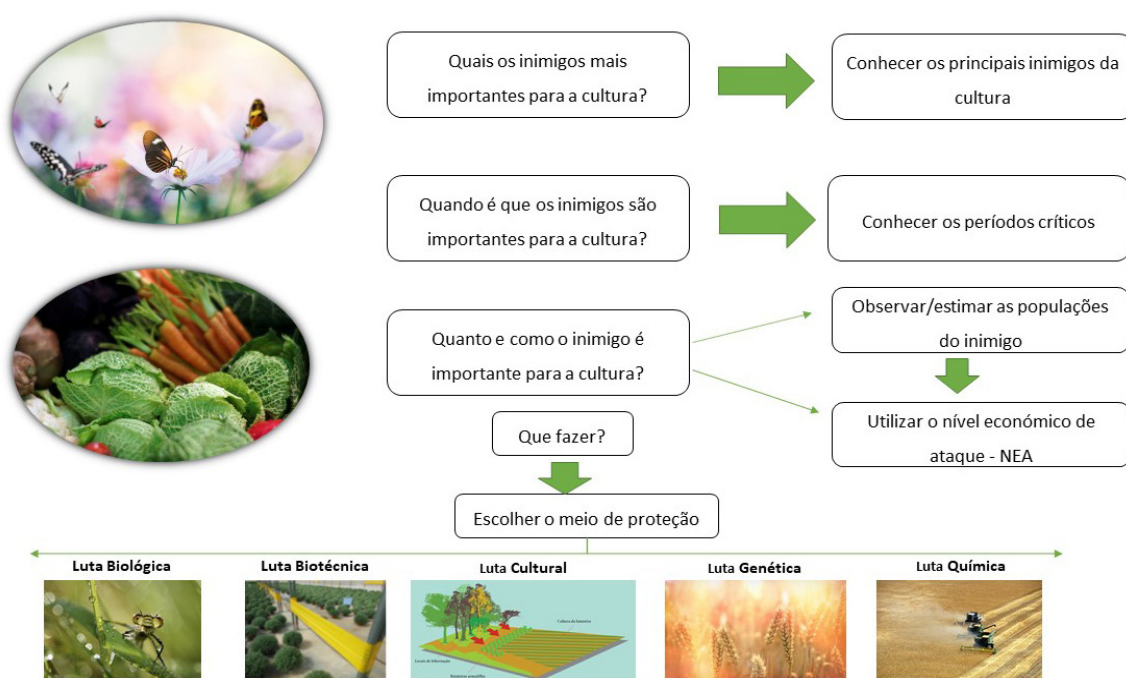


Figura 12 - Resumo esquemático da utilização dos princípios da Proteção Integrada

III.4. MEIOS DE LUTA DISPONÍVEIS

Na escolha das medidas de controlo contra os inimigos das culturas (Tabela 2), devem ser ponderados vários fatores, tais como, a exequibilidade da opção selecionada, a oportunidade operacional, a dimensão da área a intervir, os recursos técnicos e humanos disponíveis para responder em tempo útil e todos eles com o fator custo como denominador comum. Por sua vez, o custo da opção aplicada deverá ser calculado não só na perspetiva financeira direta, mas também na ponderação dos efeitos secundários indesejáveis dessas escolhas. Por exemplo, no caso da luta química, para além do preço do produto fitofarmacêutico e dos custos da respetiva aplicação, deverão ser estimados os custos afetos ao desequilíbrio biológico, risco de desenvolvimento de resistência, contaminação do solo, da água ou do ar, impacto negativo em organismos não visados pelos tratamentos, entre outros (Oliveira et al, 2014).

O desafio do agricultor, com objetivo de manter a sua parcela/exploração estável em termos sanitários, exige a integração de todas as estratégias de proteção, tais como as medidas indiretas (legislativas, genéticas e culturais com caráter preventivo) assim como os meios diretos (físicos, culturais, biológicos, biotécnicos e químicos), considerando que deverá optar pelas soluções e estratégias que menos afetem o ambiente e permitam a eliminação ou a redução da ação dos principais inimigos da cultura a níveis aceitáveis.

Meios de luta: medidas diretas e indiretas	Indiretas/Profiláticas / Preventivas	Luta Legislativa
		Luta Genética
		Luta Cultural
		Luta Biológica
	Diretas/de Proteção/ Terapêuticas/ Curativas	Luta Cultural
		Luta Física (térmica ou mecânica)
		Luta Biológica
		Luta Biotécnica
		Luta Química

Tabela 2 - Meios de Luta - Medidas Diretas e Indiretas | Fonte: Oliveira et al, 2014. (Adaptado)

Segundo os princípios da proteção integrada os meios de proteção disponíveis devem ser aplicados de forma integrada e oportuna, recorrendo à luta química sempre como último recurso e, apenas quando não existam outras alternativas viáveis, utilizando apenas os produtos fitofarmacêuticos autorizados, tendo sempre em consideração a toxicidade para o Homem, meio ambiente e auxiliares e optando por métodos de aplicação adequados e rigorosos.

III.4.1. MEDIDAS INDIRETAS

- I) *Luta legislativa*, corresponde à adoção de medidas legislativas e regulamentares com o objetivo de impedir a dispersão dos inimigos das culturas, quer por transporte (via marítima, terrestre ou aérea) quer por disseminação através de vetores ou alfaías agrícolas. Verificam-se também constrangimentos na movimentação de material vegetativo implicando rigorosos esquemas de inspeção sanitária que resultam em certificados e passaportes fitossanitários, absolutamente obrigatórios no sentido de reduzir o risco de disseminar agentes patogénicos exóticos.
- II) *Luta genética*, aquando da instalação da cultura, deve seleccionar-se variedades tolerantes ou resistentes a determinados inimigos das culturas. Recorre-se à utilização de plantas e porta-enxertos sãos e sempre que possível certificados com garantia sanitária e clonal.
- III) *Luta cultural*, consiste em combater direta ou indiretamente os inimigos das culturas, mas sempre com a preocupação na proteção e no aumento dos auxiliares. Em Produção Integrada, a luta cultural apresenta particular importância e os seus efeitos são mais eficazes, já que o sistema é gerido de forma holística e considera na sua base o solo, a água e as culturas. São promovidas as práticas culturais de carácter preventivo de modo a fomentar condições desfavoráveis ao desenvolvimento dos inimigos das culturas e pela utilização dos recursos naturais, proteção e aumento dos auxiliares. As medidas indiretas, aqui consideradas, permitem diminuir as fontes de inóculo e eliminar ou reduzir fatores de stress, de forma a promover as condições de desenvolvimento da cultura e torná-la capaz de melhor tolerar os ataques dos inimigos.

Como medidas indiretas podem referir-se a utilização de:

- Plantas sãs, preferencialmente certificadas;

- Variedades/cultivares tolerantes ou resistentes aos inimigos das culturas;
- Consociações de diferentes variedades e culturas;
- Rotações culturais;
- Solarização;
- Enrelvamento, semeado ou espontâneo, através da cobertura do solo na entrelinha com vegetação, no período outono-invernal, promovendo o enriquecimento do solo em matéria orgânica, diminuindo a erosão e compactação dos solos e ainda a absorção do excesso de água do solo no inverno. Esta técnica ainda pode estimular o aumento de auxiliares.
- Podas devidamente conduzidas;
- Mobilização mínima;
- Cobertura do solo ("*mulching*");
- Áreas de compensação ecológica;
- Plantas armadilhas;
- Práticas de fertilização e de irrigação/drenagem equilibradas;
- Prevenção da propagação dos inimigos das culturas através de medidas de higiene, nomeadamente, da limpeza regular das máquinas e do equipamento;
- Densidade da sementeira e plantação adequadas;
- Eliminação de restos da cultura.

Para além das práticas referidas, são também utilizados meios diretos de luta, como a eliminação de órgãos atacados, apanha manual de insetos, monda manual de infestantes e lavagem das plantas com detergentes ou água.

É fundamental o incentivo da limitação natural dos inimigos das culturas, através de medidas de luta cultural, tais como a preservação dos auxiliares, a existência de hospedeiros alternativos, alimento suplementar e abrigos para hibernação através da gestão das plantas adventícias e cuidados nas intervenções em verde. Outras medidas, como mobilização de solo, solarização, utilização de matéria orgânica e correção do pH do solo, e as relações de competição e antibiose e supressividade dos solos, cuja base comum é a riqueza em biodiversidade, promovem também a limitação natural.

Ter em atenção que a eliminação total de plantas adventícias e a realização de intervenções em verde, desadequadas, podem provocar diminuições drásticas das populações de auxiliares.

IV) *Luta Biológica*, ação de agentes biológicos (parasitas² e/ou predadores) que mantêm a densidade de populações de inimigos da cultura a níveis inferiores aos que ocorreriam na sua ausência e, portanto, permitem a redução dos prejuízos causados pela atividade dos inimigos.

² Parasita – organismo que vive à custa do hospedeiro durante todo o ciclo de vida, enfraquece o hospedeiro que fica incapaz de se reproduzir e pode causar a sua morte.

Os agentes de luta biológica utilizados no combate aos inimigos das culturas designam-se, vulgarmente por auxiliares. Estes podem ser predadores, parasitoides, antagonistas, competidores e herbívoros, conforme o seu modo de alimentação e atuação ou a natureza do inimigo que combatem.

A *Luta biológica*, baseia-se, de forma simplista, no emprego de organismos vivos para controlar inimigos nocivos às plantas (pragas e infestantes).

A *luta biológica* pode ser diferenciada em três modalidades: *Limitação natural*, *luta biológica clássica* e *tratamento biológico* (Amaro, 2003).

- *Limitação natural* = *conservação*. Consiste na capacidade dos auxiliares assegurarem a limitação natural das populações dos inimigos das culturas, isto é, mantêm as populações de determinado inimigo abaixo do NEA. Em proteção integrada são fundamentais todas as práticas que fomentam ou promovam a limitação natural, através da introdução de alimento suplementar, hospedeiros alternativos, locais de abrigo (infraestruturas ecológicas) ou pela sua preservação através da eliminação do recurso a fitofarmacêuticos tóxicos para os organismos auxiliares (redução de doses e/ou número de aplicações).
- *Luta biológica clássica*, é a introdução e manutenção de auxiliares, normalmente provenientes de outros locais/regiões, para combater determinado inimigo de uma cultura. Pretende-se a médio prazo, atingir o equilíbrio praga-auxiliar, capaz de dispensar quaisquer outros meios de combate. Podem ser necessárias novas introduções, se o equilíbrio for perturbado por qualquer causa de natureza abiótica ou pelo uso indevido de fitofarmacêuticos.
- *Tratamento biológico*, consiste no aumento das populações de auxiliares através de largadas, normalmente presentes no ecossistema, embora em quantidades insuficientes para combater os inimigos das culturas. Para tal, são feitas largadas inoculativas (pretende aumentar-se a população do auxiliar no início do ciclo cultural) ou largadas inundativas (largadas em grandes quantidades, ao longo do ciclo cultural). A adoção da luta biológica para combater uma praga requer a substituição, total ou parcial, da luta química contra os restantes inimigos. A luta biológica tem sido importante em sistemas intensivos de produção, como as culturas hortícolas e ornamentais em estufa e ar livre, no combate da mosquinha-branca, afídeos, tripses, larvas mineiras e ácaros.

No âmbito destas medidas, preventivas, é importante fomentar as populações de artrópodes auxiliares (predadores e parasitoides) e, especialmente dos insetos entomófagos, adotando medidas de proteção, conservação e aumento destas populações, através do emprego de medidas culturais adequadas e pela correta seleção dos produtos fitofarmacêuticos utilizados. Assim, é de evitar a destruição dos auxiliares restringindo ao mínimo a aplicação de produtos fitofarmacêuticos mais tóxicos para os auxiliares e evitar, também, práticas culturais que reduzam as suas populações.

É, também, de grande importância, criar condições para fomentar a biodiversidade, através da manutenção ou criação de zonas de compensação capazes de fornecerem hospedeiros alternativos, abrigos e locais de hibernação, tais como a existência de sebes, bosques, taludes revestidos de vegetação espontânea, corredores ecológicos, “ilhas” naturais, de modo a

criar condições favoráveis para o desenvolvimento das populações de auxiliares. Na Tabela 3 apresentam-se as principais características dos auxiliares (predadores e parasitoides).

Fauna auxiliar (recurso renovável)	
Predadores <ul style="list-style-type: none"> • Têm vida livre em todos os estádios do seu desenvolvimento. • Dimensões relativamente elevadas, por vezes maiores que os insetos e ácaros que lhes servem de alimento. • Têm necessidade de consumir um grande número de presas. • A maioria são insetos e ácaros polípagos (determinadas preferências alimentares). • Diversas ordens, famílias e géneros: Ácaros, Coccinelídeos, Sirfídeos, Crisopídeos, Antocorídeos e outros. 	Parasitoides <ul style="list-style-type: none"> • Insetos de tamanho muito reduzido, inferior ao dos hospedeiros. • Reproduzem-se normalmente à custa de um só inseto parasitado, ao qual provocam a morte. • Muito especializados, parasitando apenas uma espécie ou grupo de espécies bem definidos. • Inúmeras espécies de Himenópteros – parasitas de afídeos, de cochonilhas, de ovos de lepidópteros – e de Dípteros Taquinídeos – moscas parasitas de larvas de lepidópteros, de coleópteros e de outros insetos.

Tabela 3 – Fauna auxiliar: principais características de predadores e parasitoides. | Fonte: Coutinho, 2007 (Adaptado)

Na Figura 13 encontram-se assinaladas as principais ordens e famílias dos artrópodes auxiliares:

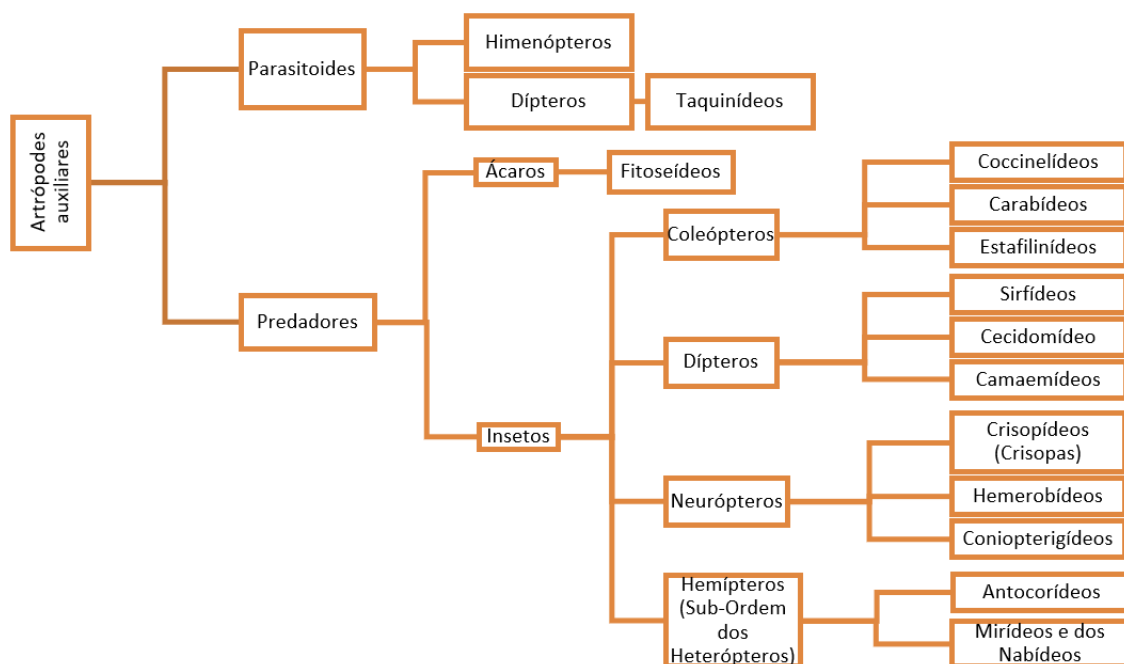


Figura 13 - Principais Ordens e Famílias de artrópodes auxiliares

Como exemplo de auxiliares predadores referem-se as joaninhas (*Coccinella sp.*), predadoras de afídios, cochonilhas, ácaros e mosquinhas brancas (Figura 14). No estado adulto, apresentam o corpo de forma oval ou arredondado (hemisférico) mais ou menos convexo, asas transformadas em élitros que cobrem total ou parcial as asas posteriores e a superfície dorsal do abdómen. A armadura bucal é trituradora. As larvas apresentam as peças da armadura bucal em forma fusiforme. Representam um papel na limitação natural³ de

3 Limitação natural – medida indireta de luta que consiste na capacidade de os auxiliares assegurarem a limitação das populações dos inimigos das culturas, que, por vezes, se manifesta suficiente para manter as populações abaixo do nível económico de ataque.

algumas espécies fitófagas. Estes insetos, são de grande importância, atendendo ao papel que representam na limitação natural de algumas espécies fitófagas. São dos auxiliares mais utilizados em programas de luta biológica e esquemas de proteção integrada.

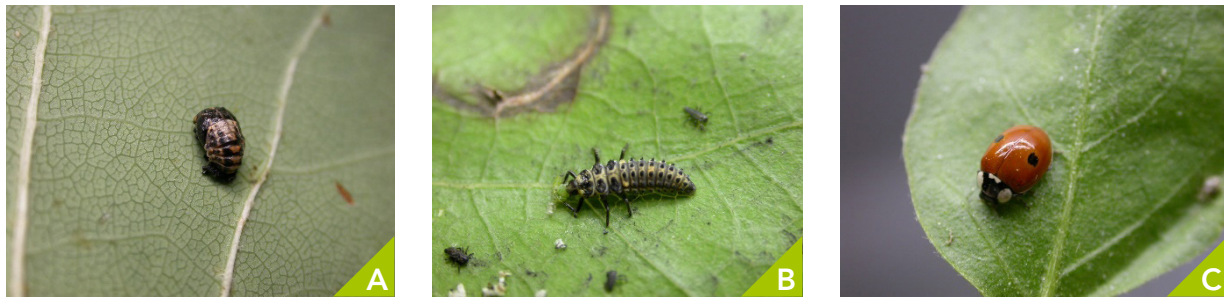


Figura 14 - Vários estados de desenvolvimento de *Coccinella septempunctata*, a e b – larva; c – adulto.

As joaninhas, são predadoras de numerosas pragas (Cavaco, 2012):

- *Bipunctata* e *C. septempunctata*, alimentam-se de afídeos, consumindo cerca de 60 afídeos por dia;
- *Chilocorus bipustulatus* é um coccidífono (joaninhas de grande dimensão) alimenta-se de cochonilhas da família Coccidae e Diaspididae. Os adultos ou larvas, consomem cerca de 20-40 cochonilhas por dia;
- *Scymnus* spp. (joaninhas de média dimensão), essencialmente afidófago, consumindo cerca de 10 afídeos por dia;
- *Stethorus punctillum* (joaninhas de pequena dimensão), é considerado excelente predador de colónias de ácaros tetranychídeos. Tanto os adultos como as larvas devoram rapidamente focos destes ácaros.
- Espécies aleurodífonas, alimentam-se de mosquinhas brancas.

Na tabela 4 podemos observar o período de presença de atividade destes auxiliares predadores.

Espécies	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<i>A. bipunctata</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>C. septempunctat</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>C. bipustulatus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Scymnus</i> spp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>S. punctillum</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda	
●	Período de maior atividade
●	Presença com atividade menos intensa
●	Presença com atividade fraca ou nula
●	Auxiliar ausente da cultura

Tabela 4 - Período de presença e atividade de coccinélídeos | Fonte: Cavaco, 2012

A atividade dos adultos de *A. bipunctata* e *C. septempunctata* decorre de abril a julho. Em climas amenos a *C. septempunctata* pode ter ainda alguma atividade em setembro. As espécies do género *Scymnus* spp. entram em atividade de junho a setembro. As espécies *C. bipustulatus* e *S. punctillum* entram em atividade de maio a setembro.

- *Crisopídeos*, *hemerobídeos* e *coniopterigídeos*, são predadores de afídios, polífagos, pertencem à ordem dos Neuroptera e são insetos com o corpo alongado, apresentando dois pares de asas membranas com denso reticulado de nervuras. As antenas são compridas e a armadura bucal é do tipo triturador (Figura 15).

O adulto desta espécie alimenta-se de néctar e pólen e durante o seu desenvolvimento, num período de 15 a 20 dias, consome cerca de 10 000 ácaros tetraniquídeos. O período de maior atividade decorre entre maio e setembro (Tabela 5).



Figura 15 - Vários estados de desenvolvimento de crisopídeos | Fonte: Cavaco, 2012

Os insetos adultos dos coniopterigídeos são muito mais pequenos e revestidos duma pruína cerosa. Os adultos e larvas são predadores de ácaros, afídeos, cochonilhas e tripses. Um adulto pode consumir cerca de 30 fêmeas de ácaros numa hora. O período de maior atividade decorre entre junho e agosto (Tabela 5).

Nomes	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<i>Crisopídeos e Hemerobídeos</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Coniopterigídeos</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda	
●	Período de maior atividade
●	Presença com atividade menos intensa
●	Presença com atividade fraca ou nula

Tabela 5 - Período de presença e atividade dos predadores crisopídeos, hemerobídeos e coniopterigídeos | Fonte: Cavaco, 2012

- *Sirfídeos*, alimentam-se de afídeos no estado larvar, e pertencem à ordem díptera, apresentam apenas um par de asas desenvolvido, o par anterior que é membranoso. O par posterior encontra-se modificado e reduzido a pequenos órgãos designados por balanceiros ou halteres. A armadura bucal é lambedora ou picadora-sugadora (Figura 16).

Têm um aspeto muito semelhante às vespas ou abelhas, com a particularidade de pairarem no ar como pequenos helicópteros, a sua mobilidade permite uma colonização muito rápida nas culturas. Os adultos alimentam-se de pólen e néctar e as larvas são predadoras de afídeos, durante o seu desenvolvimento (cerca de 10 dias), consomem em média 400 a 700 afídeos e ainda podem alimentar-se de jovens lagartas, cochonilhas, aleirodídeos e psilas entre outros.

Apresentam várias gerações ao longo do ano, mas a sua maior atividade decorre de abril a setembro (Tabela 6). Contudo, algumas espécies do género *Syrphus* apresentam uma diapausa⁴ larvar no verão.



Figura 16 - Vários estados de desenvolvimento de sirfídeos.

Nomes	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<i>Episyrphus</i> spp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Syrphus</i> spp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda	
●	Período de maior atividade
●	Presença com atividade menos intensa
●	Presença com atividade fraca ou nula
●	Auxiliar ausente da cultura

Tabela 6 - Período de atividade dos predadores Sirfídeos | Fonte: Cavaco, 2012

- *Antocorídeos*, pertencem à ordem dos Heteroptera e são predadores generalistas de ácaros, afídeos, tripses e jovens lagartas.

Os heterópteros apresentam as asas anteriores do tipo hemiélitro, com nervação reduzida. Possuem armadura bucal picadora-sugadora (Figura 17). Esta família caracteriza-se por uma elevada polifagia o que pode contribuir para uma reduzida eficácia deste grupo, assim como a existência de canibalismo, fator que pode condicionar a criação em massa deste auxiliar.



Figura 17 – Ação predadora dos Antocorídeos.

Os dois géneros mais importantes e que são produzidos em massa, para utilização em Proteção Integrada, são *Anthocoris* e *Orius*. Durante o seu desenvolvimento (cerca de 20 dias),

⁴ Diapausa – dormência e é controlada por fatores fisiológicos endógenos e pode ou não envolver uma diminuição do metabolismo. A diapausa pode ocorrer em diferentes fases do desenvolvimento, podendo ser ativada por alterações hormonais intrínsecas do desenvolvimento do organismo ou por fatores preditivos de mudanças ambientais.

uma ninfa *Anthocoris* pode consumir em média 300 a 600 ácaros ou 100 a 200 afídeos. Um adulto do género *Orius* consome cerca de 100 ácaros por dia (Cavaco et al, 2006b)

A sua atividade ocorre entre abril e outubro, sendo mais intensa entre junho e setembro (Tabela 7).

Nomes	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Antocorídeos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda	
●	Período de maior atividade
●	Presença com atividade menos intensa
●	Presença com atividade fraca ou nula
●	Auxiliar ausente da cultura

Tabela 7 - Período de presença e atividade dos predadores Antocorídeos | Fonte: Cavaco et al, 2006b

- Ácaros fitoseídeos, são predadores de ácaros fitófagos (tetraniquídeos e eriofídeos) mas também podem alimentar-se de pequenos insetos, pólen, micélio e esporos de fungos (Figura 18). Em determinadas culturas, vinha, pomóideas e prunóideas, entre outras, desempenham um papel chave na limitação do aranhão vermelho e têm uma eficácia potencial reduzida sobre cicadelídeos. São muito móveis encontrando-se, preferencialmente, nas páginas inferiores das folhas, normalmente junto à nervura central.

A sua atividade predadora decorre de abril a outubro. As suas populações são observadas com maior intensidade na primavera e no final do verão (Tabela 8). No início do outono as fêmeas adultas hibernam, nos gomos e rugosidades dos troncos das árvores. O clima seco, humidade relativa < 60% e temperaturas muito elevadas são fatores limitantes para o seu desenvolvimento.



Figura 18 - Ovos, ninfas e adultos de fitoseídeos | Fonte: Cavaco et al, 2006b

Nomes	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fitoseídeos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda	
●	Período de maior atividade
●	Presença com atividade menos intensa
●	Presença com atividade fraca ou nula

Tabela 8 - Período de atividade dos predadores Fitoseídeos | Fonte: Oliveira et al, 2014

- *Carabídeos*, exercem a sua atividade preferencialmente ao nível do solo, alimentando-se de larvas e ovos de coleópteros, lagartas, afídeos, lesmas e caracóis (Figura 19). O período de maior atividade decorre de maio a setembro (Tabela 9).



Figura 19 - Adulto de Carabídeos | Fonte: <https://www.biodiversity4all.org/taxa/49567-Carabidae>

Alguns, ainda são predadores eficazes de larvas de doríforas e de ninfas de curculionídeos. Os adultos como são de fácil observação no solo, podem ser capturados através de determinados dispositivos de amostragem, ao contrário das larvas que são de mais difícil observação e passam despercebidas.

Nomes	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Carabídeos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda	
●	Período de maior atividade
●	Presença com atividade menos intensa
●	Presença com atividade fraca ou nula

Tabela 9 - Período de atividade dos predadores Carabídeos | Fonte: Oliveira, et al, 2014

- *Estafilínídeos*, alimentam-se de pragas do solo, como lesmas, alfinetes, afídeos, jovens lagartas, melolontas e outras pragas subterrâneas. Os adultos e larvas dos estafilínídeos são carnívoros e polípagos. Os adultos de menor dimensão, geralmente são bons voadores, sendo ativos na primavera e no verão sobre ácaros fitófagos (Figura 20).



Figura 20 - Adulto de Staphylinidae
Fonte: Gomes et al, 2010

Os adultos das diferentes espécies podem ser observados em culturas anuais, de meados de maio a meados de julho, se a humidade for elevada.

- Auxiliar Parasitoide - normalmente pertence à classe inseta e desenvolve parte ou a totalidade do seu ciclo biológico à custa de um outro indivíduo de outra espécie, acabando

por provocar a sua morte. Este desenvolvimento pode ser dentro (endoparasitóide) ou fora (ectoparasitóide) de um organismo de outra espécie que lhe serve de alimento, acabando por matar o hospedeiro no final do seu desenvolvimento. Na forma adulta alimenta-se de substâncias açucaradas ou desenvolve hábitos de predador.

Os parasitóides fazem parte de um vasto conjunto de espécies pertencentes a famílias de dípteros e himenópteros. Exemplos de parasitóides:

- *Himenópteros*, possuem dois pares de asas membranosas, em que, as asas anteriores são maiores do que as posteriores, a sua armadura bucal é do tipo triturador ou lambedora-sugadora. Caracterizam-se por apresentarem um estrangulamento entre o tórax e o abdómen e por possuírem o ovíscapo bem desenvolvido (Figura 21). O adulto pode ser predador, mas normalmente alimenta-se de substâncias açucaradas.



Figura 21 - Ordem Himenoptera.

Algumas espécies são parasitóides eficazes das cochonilhas diaspidídeas e lecaníídeas e de reduzida eficácia para afídeos e lepidópteros. As fêmeas efetuam a postura sobre a presa (ectoparasitóides) ou no interior do corpo desta (endoparasitóides) ou, ainda, no interior dos ovos, como é o caso dos tricogramas que são micro-himenópteros parasitóides de ovos de lepidópteros.

As espécies apresentam atividade importante durante a primavera a outono. No verão as altas temperaturas conjugadas com baixas humidades são prejudiciais para o seu desenvolvimento. Hibernam no estado de ninfa no interior do ovo do hospedeiro (Tabela 10).

Nomes	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Parasitóides de afídeos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Parasitóides de cochonilhas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Tricogramas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Parasitóides de coleópteros, dípteros e lepidópteros	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda	
●	Período de maior atividade
●	Presença com atividade menos intensa
●	Presença com atividade fraca ou nula

Tabela 10 - Período de atividade dos Himenópteros Parasitoides | Fonte: Oliveira et al, 2014

- *Taquinídeos*, pertencem à família dos dípteros, e as espécies mais importantes nas culturas de cereais são *Lydella thompsoni* Herting e *Pseudoperichaeta nigrolineata* Walk. Os adultos dos taquinídeos são florícolas. Possuem pelo sobre o corpo assemelhando-se à mosca doméstica (Figura 22).



Figura 22 - a) Taquinídeo pupa b) e c) larva

As fêmeas colocam os ovos no interior do hospedeiro ou sobre as folhas sendo depois ingeridos pelas lagartas ou larvas do hospedeiro, desenvolvendo-se uma a cinco larvas, no mesmo hospedeiro.

As larvas são parasitoides eficazes de lagartas de lepidópteros e pirale, e de reduzida eficácia para nóctuas e melolontas.

Hibernam no estado de larva no interior do hospedeiro ou de pupa próximo deste. O seu período de maior atividade vai de abril a outubro (Tabela 11)

Nomes	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Taquinídeos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda	
●	Período de maior atividade
●	Presença com atividade menos intensa
●	Presença com atividade fraca ou nula

Tabela 11 - Período de presença da atividade dos Taquinídeos Parasitoides | Fonte: Oliveira et al, 2014

- Fungos, bactérias, vírus e nemátodos que atuam como auxiliares

Os insetos referidos anteriormente podem por vezes contrair doenças, como acontece com todos os seres vivos. Estas doenças são causadas por microrganismos entomopatogéneos, dos quais se destacam, os fungos, bactérias, vírus e ainda os nemátodos (é aqui que aparecem os biopesticidas, que são produtos à base de entomopatogéneos e que são utilizados, na proteção das plantas, nomeadamente em esquemas de proteção integrada). Alguns de estes microrganismos, assumem um papel de grande importância na limitação de algumas pragas em culturas, por exemplo:

- Fungos entomopatogéneos*, a sua utilização em estratégias de luta contra a entomofauna das culturas está dependente de vários fatores, sendo os mais importantes as condições climáticas e a humidade relativa, vários autores indicam valores ótimos de temperatura entre 20°C e 25°C e de humidade relativa superior a 90%.
- Bactérias*, existem numerosas espécies que são entomopatogéneas, contudo, na

agricultura e silvicultura, a bactérias *B. thuringiensis* é o microrganismo mais utilizado, contra as lagartas de lepidópteros. Esta bactéria é produzida à escala industrial para ser utilizada como bio-inseticida. Existem ainda outras estirpes como, *B. thuringiensis subsp. tenebrionis* utilizadas contra outras espécies nocivas, como as larvas de dípteros e coleópteros.

iii) *Vírus entomopatogénicos*, apresentam várias famílias, destacando-se o grupo *Baculovirus*, onde as infeções se têm registado em lagartas de lepidópteros. Os *Baculovirus* são considerados seguros na preservação da fauna auxiliar e existe em Portugal autorização de utilização de bioinsecticidas com base nos granulovirus, para o combate do bichado da fruta.

iv) Nemátodes entomopatogénicos, dos géneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* transmitem doenças aos insetos e lesmas, provocando a sua morte. Têm vindo a ser registadas inúmeras aplicações dos géneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* com sucesso contra pragas pertencentes às ordens *Coleoptera*, *Diptera* e *Lepidoptera*.

Para além da utilização de luta biológica contra pragas, também existem alternativas para combate a agentes patogénicos e infestantes, tais como os herbívoros (artrópodes, peixes, outros vertebrados), micoherbicidas (fungos) ou bio herbicidas (bactérias ou nemátodos). Os agentes utilizados em luta biológica são de natureza diversa: artrópodes pertencentes a várias ordens, bactérias, fungos, vírus e nemátodos. (Amaro, 2003).

III.4.2. MEDIDAS DIRETAS

Quando as medidas indiretas não são suficientes para combater os inimigos das culturas, é necessário recorrer a meios diretos de proteção com o mínimo de impacto na saúde humana, nos organismos e no ambiente, utilizando-os de forma integrada e recorrendo à luta química apenas em último recurso.

Os meios de luta direta, incluem a luta cultural (já descrita), a luta física (mecânica ou térmica), a luta biológica (já descrita), a luta biotécnica e a luta química.

I) *Luta Física*, são todos os meios de luta que utilizam vários tipos de energia, sem envolverem processos biológicos ou bioquímicos. Estes meios de luta envolvem a destruição do inimigo ou a sua remoção do meio ou ainda a modificação do meio onde o inimigo se desenvolve. Os meios de luta física disponíveis são:

- *Mecânicos*: utilização de práticas culturais como a mobilização do solo, mondas manuais, como meio de controlo e/ou eliminação de infestantes e de plantas ou órgãos atacados ou simples lavagem da cultura.
- *Térmicos*: aplicação de práticas culturais como a monda térmica para controlo ou eliminação de infestantes.

É de salientar que, apesar de estes meios de luta serem permitidos em proteção integrada, devem ser sempre utilizados de forma racional face aos problemas que possam originar na estrutura do solo.

II) *Luta biotécnica*, corresponde a todos os meios presentes no organismo ou seu habitat, passíveis de manipulação, que permitem alterar negativamente certas funções vitais que deles dependem, e que acabam por provocar a morte dos indivíduos afetados.

A luta biotécnica abrange os, *semioquímicos*, os *reguladores de crescimento de insetos* e a *luta autocida*. (Amaro, 2003).

- **Semioquímicos:** substâncias ou misturas de substâncias emitidas por uma espécie que interferem no comportamento de organismos recetores, que podem ser da mesma espécie, ou não. Podem ser feromonas ou aleloquímicos (Tabela 12).

Grupo	Tipo	Definição	Finalidade
Feromonas (ação intra-específica)	Sexuais	Exercem atração entre machos e fêmeas, onde se utilizam difusores com feromona feminina que provoca desordem nos acasalamentos (macho não encontra as fêmeas).	Meio de luta: Confusão sexual.
	De agregação	Exercem atração para ambos os sexos. Promovem a concentração de muitos indivíduos, sobre uma planta ou local com objetivo de alimentação, reprodução ou hibernação.	Meio de luta: Captura em massa.
	Alarme	Promovem uma reação de defesa e dispersão. São importantes em afídeos e insetos sociais. Têm sido utilizadas para afastar abelhas de locais onde se utilizem inseticidas tóxicos.	Meio de luta: Proteção das abelhas.
	Pista	Responsáveis pela manutenção do trilho entre colónias e locais de captura de alimento.	formigas e térmitas e larvas de lepidópteros
	Marcação do hospedeiro	As fêmeas ao fazerem a postura, marcam o hospedeiro e impedem outras posturas, o que faz com que mais órgãos sejam atacados.	Existem feromonas deste tipo para a mosca da cereja e pragas florestais, que permitem marcar os frutos e evitar as posturas.
Aleloquímicos (ação inter-específica)	Alomonas	Sintetizadas por plantas para exercer atração ou repelência sobre outros organismos.	Ação fago-inibidora do neem
	Cairomonas	Produzidas por plantas e animais, identificadas por outros organismos, permitindo localizar o hospedeiro.	Cairomonas produzidas pelo gado atraem a mosca-tsé-tsé
	Sinomonas	Promovem reações favoráveis ao emissor e ao recetor. Algumas espécies de pinheiros, quando atacadas por escolitídeos, emitem sinomonas que atraem auxiliares responsáveis pela sua limitação.	

Tabela 12 - Feromonas e Aleloquímicos, classificação, definição e finalidade | Fonte: Aguiar et al., 2005

- *Reguladores de crescimento de insetos:* são inseticidas que imitam a ação de hormonas⁵ no crescimento e desenvolvimento dos insetos ou inibem certas fases do seu desenvolvimento. Conforme o modo de ação, podem designar-se (Tabela 13):

5 Hormonas – substâncias segregadas por glândulas endócrinas lançadas em pequenas quantidades na circulação interna do indivíduo e com efeitos na morfologia e fisiologia, longe do local onde foram sintetizadas.

Reguladores de crescimento dos insetos (RCI)	Juvenóides	Mantêm o inseto em estádios juvenis e este acaba por morrer sem atingir o estado adulto;
	Miméticos da ecdisona	Provocam a antecipação da muda, sem que o inseto tenha atingido maturidade suficiente
Inibidores de crescimento de insetos (ICI)	Inibem a síntese da quitina e interferem no processo da formação da nova cutícula durante o desenvolvimento dos insetos	

Tabela 13 - Classificação, definição dos RCI e ICI | Fonte: Aguiar et al., 2005 (adaptado)

- *Luta autocida*⁶: é utilizada para combater pragas-chave responsáveis por grandes consumos de inseticidas, como é o caso da mosca do mediterrâneo e do bichado da macieira. São largadas inundativas de insetos estéreis que vão competir sexualmente com a população de insetos, nomeadamente, os machos férteis da população natural, permitindo a redução progressiva da população, uma vez que os ovos se tornam inviáveis, conduzindo à erradicação da praga. Usados para pragas com elevado consumo de inseticidas.

III) *Luta química*, em proteção integrada, apenas se recorre à luta química quando nenhum outro meio de proteção, ou outros em conjunto, resultam eficazmente na limitação das populações dos inimigos das culturas, utilizando apenas os produtos fitofarmacêuticos autorizados e nas condições aprovadas.

Segundo a Lei n.º 26/2013 de 11 de abril, em proteção integrada só podem ser aplicados produtos fitofarmacêuticos homologados em Portugal.

A utilização de produtos fitofarmacêuticos de forma sustentável exige cuidados específicos tais como:

- Calcular as doses a aplicar em função do volume da copa e superfície foliar, de forma a minimizar o impacto ambiental, para cada estado fenológico da cultura;
- Realizar as pulverizações sem ventos fortes e com temperatura e humidade relativa moderadas;
- Proteger, sempre que possível, as áreas sensíveis, como cursos de água e nascentes, por áreas tampão (áreas não tratadas) exceto no caso de pragas, doenças e infestantes declaradas perigosas ou muito perigosas, pelas autoridades oficiais;
- Cumprir as regras estabelecidas nos rótulos dos produtos relativamente à cultura/inimigo, dose, número máximo de tratamentos, intervalo de reentrada e intervalo de segurança;

⁶ Luta autocida – procede-se a largadas de insetos estéreis, em grande quantidade, para competirem sexualmente com a população existente no local. A médio prazo, conduz à diminuição progressiva da população a níveis economicamente toleráveis.

- Armazenar os produtos fitofármacos nas embalagens de origem, em divisão fechada e separada de outros produtos, em local de acesso limitado aos trabalhadores diretamente envolvidos;
- Cumprir regras relativas à segurança no manuseamento, equipamento de proteção do utilizador e preparação das caldas; garantir a existência de ponto de água próxima, primeiros socorros e plano de emergência (telefones de emergência), e acautelar a formação adequada do operador;
- Manter o equipamento de pulverização em bom estado de conservação e verificá-lo antes de cada tratamento, anualmente e, pelo menos, de quatro em quatro anos, para calibração e manutenção dos manómetros e bicos;
- Os tratamentos aéreos são proibidos, exceto quando o acesso à parcela é impossível devido a condições atmosféricas excepcionais (por exemplo, longos períodos de chuva) ou quando a topografia da parcela não permite outro tipo de pulverização;
- Entregar restos de calda, produtos fora de prazo e embalagens vazias a agente autorizado (Sistema de recolha de embalagens - Valorfito);
- Utilizar as águas da lavagem do equipamento e restos de calda em zonas não tratadas da cultura; sempre que utilizadas na pulverização de zonas não tratadas, devem ser cumpridas as regras relacionadas com a dose máxima permitida por unidade de área, para que não haja risco de contaminação de águas superficiais. Contudo, existem alguns sistemas que podem ser utilizados ou implementados nas explorações, para a degradação de caldas (por exemplo, o Héliosec⁷), Figura 23. Segundo a Lei n.º 26/2013 de 11 de abril, os excedentes de calda, após diluídos, ou resultantes da sua lavagem, podem ser aplicados/pulverizados, sobre o coberto vegetal não tratados, respeitando as distâncias de pelo menos 10 m afastados de poços, cursos de água ou outras fontes. Ter em atenção que estas zonas deixam de servir para recolha de plantas – uma vez que passam a ser zonas contaminadas.
- Tripla lavagem das embalagens vazias com colocação da água de lavagem no tanque de preparação da calda; não reutilizar embalagens vazias e destruí-las ou perfurá-las para impedir possíveis reutilizações e colocá-las no saco de um agente autorizado (Valorfito) com recolha posterior.
- Durante a sua utilização é importante contrariar o aparecimento de efeitos secundários, para isso devem realizar-se tratamentos localizados (menor área, com incidência sobre os locais atacados), privilegiar a utilização alternada de substâncias ativas com modos de ação diferentes e recorrer a técnicas de aplicação que minimizem perdas de produto, como por exemplo calcular volumes de calda de modo a evitar desperdícios.

7 Héliosec - sistema de tratamento de efluentes fitossanitários por desidratação natural, entre as suas várias vantagens, elimina definitivamente todos os produtos, incluindo o cobre e o enxofre. Este sistema é instalado nas explorações agrícolas, tratando-se de um local de preparação da calda e lavagem do material de aplicação. No fundo do depósito é acumulado um extrato seco, que é removido e embalado dentro de um saco, para recolha de agentes autorizados.



Figura 23 - Sistema de tratamento de efluentes fitossanitários-Heliosec

III.5. TÉCNICAS DE PRODI

Em Produção Integrada obtêm-se alimentos de alta qualidade utilizando os recursos naturais e mecanismos de regulação natural em substituição de fatores de produção prejudiciais ao ambiente. Assumem particular importância a preservação e melhoria da fertilidade do solo, a biodiversidade e a observação de critérios éticos e sociais. Assume-se a responsabilidade nas explorações agrícolas, de preservação dos ecossistemas e biodiversidade, através da realização de práticas agrícolas que reduzem os impactos ambientais, garantam a melhoria da fertilidade do solo, mantenham o equilíbrio dos ciclos nutritivos, reduzam os fatores poluentes e preservam o bem-estar de todas as espécies animais.

III.5.1. COMPONENTE VEGETAL

O ecossistema agrário, deve ser a base para o planeamento e realização das atividades na exploração, particularmente as de maior impacto ambiental. Assim, todas as decisões a tomar devem ser ponderadas e traduzidas em planos de gestão, nomeadamente ao nível da conservação do solo (*plano de conservação do solo*), do equilíbrio dos ciclos nutritivos (*plano de fertilização*) e das atividades culturais necessárias (*Ver plano de exploração*).

- a) *Preparação do terreno*, antes da plantação ou sementeira, a parcela deve estar limpa de infestantes e dos resíduos das culturas precedentes, podendo ser incorporadas nas operações de mobilização subsequentes. É importante que se efetuem as adequadas operações de mobilização do solo⁸, das quais se devem privilegiar as práticas de conservação do solo, através da elaboração de um plano de conservação do solo.

O plano de conservação do solo consiste na organização de métodos de preservação do solo da exploração agrícola, onde são definidos os principais riscos associados aos métodos de preparação e correção (metodologias de preparação do terreno mais aconselhada e práticas desaconselhadas). Deverá avaliar também culturas possíveis para cada tipo de solo, e medidas de prevenção da erosão, baseadas no potencial de erosão específico de cada mancha.

Deve dar-se preferência à manutenção do coberto de solo apropriado (recurso a rotações que incluam culturas leguminosas, com capacidade de fixação de azoto e que mantenham o solo coberto, pelo menos, durante a época das chuvas), e ao recurso à plantação ou sementeira segundo as curvas de nível, de modo a minimizar as perdas

⁸ Mobilização do solo - manipulação mecânica do solo, que tem lugar para a preparação da sementeira, destruição de infestantes, incorporação de fertilizantes, corretivos ou resíduos das culturas anteriores – afeta bastante a estrutura do solo. Em casos de mobilização intensiva, pode ocorrer compactação do solo, destruição dos agregados e maior suscetibilidade à erosão hídrica e eólica.

por erosão.

Sempre que possível o solo deverá permanecer protegido da erosão durante o período invernal, por coberto herbáceo, que poderá ser semeado, melhorado ou constituído por vegetação espontânea – enrelvamento. Nas culturas permanentes, esta cobertura pode existir só nas entrelinhas, com aplicação de herbicidas, nas linhas.

Privilegiar a adição de materiais orgânicos, como palhas ou casca de pinheiro, que protegem o solo do impacto das gotas de chuva e dos ventos, enquanto fornecem nutrientes orgânicos aos microrganismos do solo. Esta prática, pode ser utilizada em pomares ou outras culturas permanentes, contribuindo para a manutenção da temperatura e humidade do solo mais favorável.

Deve dar-se preferência (Aguiar *et al.*, 2005) à mobilização mínima ou não mobilização, e procurar compensar os efeitos da mobilização através da incorporação de matéria orgânica ou de resíduos das culturas ou pela rotação com pastagens temporárias ou culturas forrageiras. Ter em atenção que as operações de mobilização do solo quando não corretamente efetuadas, podem trazer grandes inconvenientes ao solo, às culturas e ao ambiente. No entanto, muitas uma avaliação criteriosa das circunstâncias de forma a agir corretamente.

Em casos de mobilização intensiva pode ocorrer a compactação e a erosão dos solos, pelo que se deve recorrer a alfaías que interfiram o menos possível com a estrutura do solo, através da mobilização superficial (uma a duas passagens), com escarificador ou grade de discos para destorroar e enterrar o adubo de fundo. Evitar a passagem frequente com fresa; aconselhado o uso de um subsolador ou charrua ao longo das linhas, para quebrar sulcos (2 passagens cruzadas).

Não é permitida a queima dos resíduos da cultura anterior pelo que se devem incorporar através de uma mobilização ou manter à superfície;

No caso da existência de plantas atacadas/infetadas, estas devem ser arrancadas e queimadas, de modo a reduzir os níveis de infestação de pragas e doenças. No caso dos campos de produção de sementes aconselha-se manter as bordaduras dos campos limpas de infestantes.

Em parcelas com inclinação, convém que as linhas sejam orientadas de acordo com as curvas de nível, de forma a melhorar o aproveitamento da água e prevenir a erosão.

A aplicação de herbicidas deve ser limitada ao mínimo, utilizando-se apenas para combate de infestantes vivazes de difícil controlo. Sempre que possível substituir o herbicida por mobilizações ou cobertura do solo.

Em culturas em que é necessária a cobertura do solo, podem usar-se várias técnicas de “*mulching*” (cobertura com palha, restos de plantas, tela, papel e plástico), contribuindo para manter ou elevar a temperatura do solo, reduzir as perdas de água, impedir o desenvolvimento de infestantes, reduz a lixiviação dos fertilizantes, diminui a compactação do solo e a infeção das plantas por doenças ou o ataque de pragas do solo.

- b) *Desinfecção do solo*, a instalação de uma nova cultura num solo agrícola cuja cultura anterior apresentou sintomas da existência de microrganismos patogénicos, com capacidade para afetar esta nova cultura, obriga à realização de análises de sanidade

vegetal, entre as quais, nematodológicas e de pesquisa de fungos ou bactérias patogénicas do solo. Se os resultados forem positivos, é necessário respeitar um período de repouso do solo, até que novas análises demonstrem que o solo está novamente apto para essa nova cultura.

Em Modo de Produção Integrada é proibida a desinfecção do solo com produtos químicos, recomendando-se, em alternativa, a solarização e/ou a biofumigação⁹ de acordo com os inimigos a combater, ou outras técnicas naturais de desinfecção do solo (Figura 24 a e b).

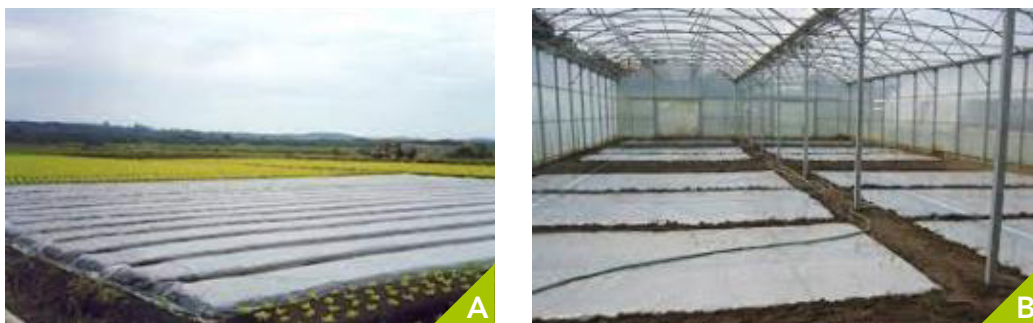


Figura 24 – a) Solarização do solo b) biofumigação | Fonte: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/Solarizacao/Index.html

- c) *Utilização de Variedades Resistentes*, a utilização de uma variedade bem-adaptada às condições locais é essencial ao sucesso da cultura. A introdução de novas variedades deve ser sempre sujeita ao conhecimento das suas características e do seu comportamento agronómico e a correspondente sensibilidade a pragas e doenças, sendo por isso desaconselhada a sua utilização em grandes áreas. É obrigatório o uso de variedades inscritas no Catálogo Comum de Variedades de Espécies Hortícolas ou de Espécies Agrícolas ou no Catálogo Nacional de Variedades. No caso de não estarem inscritas nestas listas, devem constar em listas oficiais dos estados-membros ou em listas de variedades de produtores (aplicável às fruteiras). Em hortícolas consideradas no Catálogo Comum de Variedades de Espécies Hortícolas, é obrigatório o uso de sementes da categoria Certificada ou Standard.

O material vegetal deve ser produzido por fornecedores licenciados pela Direção Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV) bem como encontrar-se registado no Catálogo Nacional de Variedades.

- d) *Rotação das culturas*, a rotação apropriada de culturas constitui um processo eficaz de reduzir substancialmente a ocorrência de inimigos das culturas (infestantes, pragas e doenças), manter ou aumentar a fertilidade do solo, contribuindo para a melhoria do rendimento económico da cultura.
- e) *Colheita de amostras de terra*, serve para conhecer o teor do solo em nutrientes e as suas características físicas e químicas, de modo a proceder a uma fertilização adequada e racional. Interessa também conhecer as necessidades das culturas em termos de

⁹ A biofumigação é uma técnica de desinfecção do solo, procurando a redução da população de microrganismos patogénicos e de plantas infestantes, através da ação tóxica de compostos orgânicos voláteis resultantes da decomposição anaeróbica de resíduos orgânicos frescos. Esta técnica é independente das condições meteorológicas e portanto pode ser efetuada em qualquer estação do ano. O seu tempo de atuação é de 1,5 a 2 meses. Os resíduos orgânicos usados para incorporação do solo, podem ser estrumes da atividade pecuária, subprodutos agroindustriais (bagaço de azeitona e de uva, casca de arroz) ou resíduos de brássicas (couves, nabos, colza). Estes resíduos são incorporados no solo a uma profundidade de 15 a 20 cm, a seguir a uma rega para garantir as condições anaeróbicas e a retenção de gases tóxicos, cobrindo depois o solo com um filme polietileno transparente. O plástico deverá permanecer no solo durante 70 dias. É importante mobilizar o solo superficialmente, após a retirada dos plásticos e após alguns dias proceder à sementeira ou plantação.

nutriente, a qualidade da água da rega, a composição dos corretivos orgânicos e o comportamento dos fertilizantes quando aplicados no solo. Em cultura ao ar livre, é obrigatória a realização de uma análise de solo de 4 em 4 anos. Em cultura protegida, é obrigatória a realização de uma análise de solo anualmente, aconselhando-se uma segunda análise no fim do ciclo de cada cultura para avaliar o estado de fertilidade do solo.

Procedimento de recolha de amostras de terra:

De acordo, com a DGADR (2010), a recolha de amostras de terra para análise deve seguir os seguintes passos:

- Dividir o terreno em parcelas relativamente homogêneas (declive, drenagem, culturas realizadas, etc.);
- Percorrer em ziguezague cada uma das parcelas anteriormente definidas, colhendo ao acaso pequenas amostras de igual tamanho, em pelo menos 15 a 20 pontos diferentes, na camada arável até 20 cm de profundidade;
- Colocar as amostras recolhidas num balde;
- No final, misturar bem as porções de solo e remover pedras e outros objetos sem interesse;
- Recolher do balde uma amostra com cerca de 0,5 kg, colocando-a num saco de plástico devidamente identificado, com duas etiquetas, uma colocada dentro do saco (se a terra estiver seca) e outra, por fora, atada a este com um cordel, sendo assim enviada ao laboratório para análise (Figura 25) e acompanhada por uma Ficha Informativa para amostras de terra devidamente preenchida (<https://wwwl.inia.pt/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes>).

Evitar colher a amostra em locais encharcados, próximos de caminhos, de habitações, ou de estábulos;

Para a análise de micronutrientes, é necessário utilizar na colheita material de plástico ou aço inoxidável a fim de evitar contaminações.

Se utilizar enxada ou pá, abra a cova, raspe a parede com pá de madeira ou plástico e só depois retire a fatia de terra para o balde, utilizando o mesmo material.

Ao enviar as amostras de terra para o laboratório devem ser solicitadas as determinações analíticas, descritas na seguinte Tabela 14.

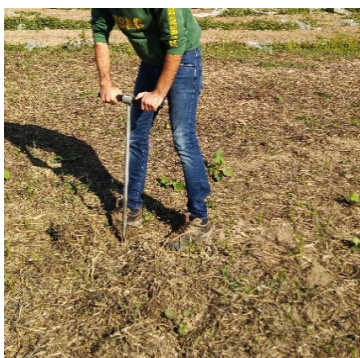


Figura 25 - Recolha de amostras de solo.

Amostras de Solo - Determinações Analíticas Obrigatórias	
Culturas ao ar livre	Culturas protegidas
pH (H ₂ O)	pH (H ₂ O)
Necessidade de cal (se necessário)	Necessidade em cal
Matéria orgânica	Matéria orgânica
Fósforo extraível	Azoto mineral
Potássio extraível	Fósforo solúvel em água
Magnésio extraível	Potássio solúvel em água
	Cálcio solúvel em água
	Magnésio solúvel em água
	Sódio solúvel em água
	Condutividade elétrica

Amostras de Solo - Determinações Analíticas Recomendadas
Calcário total e ativo;
Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco extraíveis

Tabela 14 - Determinações analíticas obrigatórias e recomendadas nas análises dos solos | Fonte: Cavaco, 2006c

- f) Colheita de amostras de material vegetal - as análises foliares são recomendadas sempre que a cultura apresente aspetos anómalos ou não atinja os níveis de produção considerados aceitáveis, tendo em conta a fitotecnia utilizada. A análise é feita anualmente para pomares com mais de 5 anos e vinha com mais de 3 anos.

Procedimento de recolha da amostra:

Em PRODI, de acordo com Cavaco 2006c, a colheita de material vegetal para análise, deverá observar-se os seguintes princípios gerais:

- Colher a parte da planta a analisar de acordo com a espécie e época mais adequada. No caso de não haver instruções, como regra geral, colher as folhas mais nova e completamente desenvolvidas, um pouco antes ou no início da floração;
- O material a analisar deve ser entregue no laboratório no mesmo dia da colheita, ou no dia seguinte (guardado no frigorífico a uma temperatura de 4 a 6 °C);
- No caso de ter a necessidade de enviar o material pelo correio, é aconselhada a secagem do mesmo, em estufa, a 65 °C ou em local arejado, à sombra e resguardado de poeiras;
- O material vegetal deve estar limpo de terra, excrementos, ser isento de doenças e pragas, etc.;

- Caso seja solicitada a determinação de microelementos é necessário proceder, previamente, à lavagem das folhas com água normal e depois com água desmineralizada ou destilada. Não enviar amostras de material vegetal verde pelo correio uma vez que o risco de se deteriorarem é muito elevado;
- Identificar devidamente as amostras. No caso de querer fazer a comparação entre material afetado e não afetado, as amostras devem ser colhidas e acondicionadas separadamente;
- Fornecer as informações necessárias para a boa interpretação dos resultados, nomeadamente, produções, fertilização praticada, época de colheita, etc.;
- Se possível, colher uma amostra de terra no mesmo local e na mesma altura em que foram colhidas as plantas;

Ao enviar as amostras de material vegetal para o laboratório devem ser solicitadas as seguintes determinações analíticas, constantes na Tabela 15 e acompanhadas de uma Ficha Informativa de amostras de material vegetal devidamente preenchida (https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/requisicao-analises/mod-lqars71_requisicao_analise_material-vegetal_v3.pdf)

Amostras de Material Vegetal Determinações Analíticas
Azoto
Fósforo
Potássio
Cálcio
Magnésio
Ferro
Manganês
Zinco
Cobre
Boro
No caso da vinha enxofre também

Tabela 15 - Determinações analíticas nas análises ao material vegetal | Fonte: Cavaco, 2006c

- g) *Colheita de amostras de água de rega*, recorre-se à análise da água de rega para decidir sobre as quantidades dos nutrientes a aplicar no solo. Em Produção Integrada, a análise da água de rega é obrigatória, de quatro em quatro anos, salvo nos casos de a água exceder os valores máximos recomendados, pelo Decreto-Lei nº 236/98, de 01 de agosto, e nestas circunstâncias, esta análise tem que ser feita anualmente.

Procedimento de recolha da amostra:

De acordo com Cavaco 2006c, a recolha de amostras de água para rega deverá ser

feita através da análise de amostras representativas, tendo em atenção os seguintes cuidados:

- No caso de águas de rega provenientes de poços ou furos, deve recolher-se uma amostra de 1 L, meia-hora após se ter iniciado a bombagem da água;
- A amostra de água deve ser guardada em recipiente de vidro ou plástico, bem limpo, lavado pelo menos 3 vezes com a água a colher;
- O recipiente deve ficar bem cheio, sem bolhas de ar e devidamente arrolhado;
- Se não for imediatamente entregue no laboratório, deve ser guardado no frigorífico a temperatura nunca superior a 5 °C;
- Identificar devidamente a amostra e a mesma deve ser acompanhada de uma ficha informativa devidamente preenchida (https://www.inia.pt/images/Servicos-Laboratoriais/solos-nutricao-vegetal-fertilizantes/requisicao-analises/mod-lqars72_requisicao_analise_agua_rega_v3.pdf);

Ao enviar as amostras da água de rega para o laboratório devem ser solicitadas as seguintes determinações analíticas, constantes na Tabela 16.

Amostras de água da rega - Determinações Analíticas obrigatórias
Bicarbonatos
Boro
Cloretos
Condutividade elétrica
Razão de adsorção de sódio
Magnésio
Nitratos
pH
Sódio

Determinações Analíticas – Recomendadas - sempre que se verifiquem entupimentos do sistema de rega
Ferro
Manganês
Sulfatos
Sólidos em Suspensão

Tabela 16 - Determinações analíticas nas análises à água da rega | Fonte: Cavaco, 2006c

h) Colheita de amostras de estrumes e outros corretivos orgânicos, de um modo geral,

em Portugal os solos são pobres em matéria orgânica, aconselhando a sua aplicação sempre que os seus teores sejam inferiores a 1.0%. Em produção integrada, é sempre preferível recorrer à fertilização orgânica, que ajuda a melhorar a fertilidade do solo pelo aumento do teor em matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, retenção da água e redução da erosão. Existe grande diversidade de materiais de natureza orgânica, alguns dos quais subprodutos das explorações agrícolas e agro-pecuárias, como estrumes, chorumes e resíduos das culturas, e lamas de depuração resultantes do tratamento dos efluentes, ou de indústrias agro-alimentares e florestais, bem como da compostagem dos resíduos sólidos urbanos.

Contudo a aplicação desta fertilização orgânica deve ser precedida de uma análise para determinar a sua disponibilidade em nutrientes e detetar a existência de metais pesados e outros compostos tóxicos, que impeçam o seu uso como fertilizantes. (Cavaco, 2006c)

A utilização de lamas de depuração na fertilização do solo deve ser condicionada ao seu teor em metais pesados (cádmio, cobre, crómio, mercúrio, níquel, chumbo e zinco) suscetíveis de causar poluição do solo e dos cursos de água e, de acordo com o Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro, é obrigatória também a análise do solo, antes de cada aplicação de lamas. Só é permitida a utilização de lamas de depuração de ETAR's (Estações de Tratamento de Águas Residuais) tratadas, de acordo com as normas legais em vigor, segundo o Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro.

Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro.

É proibida a utilização de lamas em:

- Prados ou culturas forrageiras, nas três semanas anteriores do pastoreio do gado ou à colheita de forragens;
- Culturas hortícolas e frutícolas, com exceção das culturas de árvores de fruto, durante o período vegetativo;
- Solos destinados a culturas hortícolas ou frutícolas, que estejam normalmente em contacto direto com o solo e que sejam consumidas em cru, durante um período de 10 meses antes da colheita e durante a colheita.
- Em solos destinados ao modo de produção biológico;
- Junto às margens de águas.

Em Produção Integrada, a utilização de compostos orgânicos do tipo Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) só é permitida com produtos de reconhecida qualidade, isto é, produtos bem maturados, higienizados e pobres em metais pesados. A concentração dos metais pesados deve obrigatoriamente respeitar os valores-limite indicado no Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro.

Procedimento de recolha da amostra:

De acordo com o Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro as recolhas das amostras

devem obedecer aos seguintes cuidados:

- Recolha de amostras após tratamento, e antes da entrega ao utilizador, devendo ser representativas das lamas produzidas;
- Recolhidas das amostras na época de maior produção de lamas ou após variações significativas da qualidade dos efluentes;
- Recolha de amostras em vários locais, a diferentes profundidades e horas, sendo posteriormente homogeneizadas, antes de se proceder à sua análise.

As lamas devem ser analisadas pelo menos duas vezes por ano, uma no período outono-inverno e outra no período primavera-verão.

No caso de, no período de dois anos consecutivos, os resultados das análises não defiram de forma significativa entre si, as lamas poderão ser analisadas apenas uma vez por ano.

Sempre que surgirem variações significativas na qualidade da água bruta ou alterações no funcionamento da estação de tratamento de águas residuais, deve ser realizada uma análise após a primeira produção de lamas.

As amostras dos estrumes, lamas e compostos preparados exclusivamente a partir de resíduos de origem vegetal e ou animal provenientes de explorações agrícolas, agropecuárias ou florestais, bem como das indústrias agro-alimentares e da celulose, devem ser acompanhadas da respetiva ficha informativo de acordo com o Anexo IV - Modelo da declaração de planeamento das operações, do Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro (http://www.drapal.min-agricultura.pt/drapal/images/servicos/lamas/DL_276.pdf).

Ao enviar as amostras para o laboratório devem ser solicitadas as seguintes determinações analíticas, constantes na Tabela 17.

Determinações Analíticas obrigatórias Parâmetros agronómicos
Matéria seca
Carbono orgânico
Azoto total
Azoto nítrico e amoniacal
Fósforo total
Potássio total
Cálcio total
Magnésio total
Zinco total

Determinações Analíticas obrigatórias Parâmetros agronômicos
pH
Determinações Analíticas obrigatórias Metais pesados
Cádmio
Cobre
Níquel
Chumbo
Zinco
Mercúrio
Crômio
Determinações Analíticas obrigatórias Microrganismos patogénicos
<i>Salmonella spp</i>
<i>Escherichia coli</i>

Tabela 17 - Determinações analíticas nas análises estrumes e outros corretivos orgânicos | Fonte: Decreto-Lei n° 276/2009 de 2 de outubro

As quantidades de estrumes, chorumes, compostos e/ou outras matérias fertilizantes de natureza orgânica a aplicar ao solo não devem ultrapassar o correspondente a 170 kg de azoto total por hectare e por ano, incluindo o azoto contido nos dejetos depositados diretamente pelos animais nos campos enquanto pastam. Nas explorações situadas em zonas vulneráveis, é proibido exceder esse limite. (Aguiar et al., 2005)

- i) *Adubação foliar*, sempre que se observe sintomas de qualquer desequilíbrio nutricional, confirmados pela análise foliar, a aplicação de um ou mais nutrientes pode ser efetuada por via foliar, a fim de assegurar uma mais rápida correção de tal desequilíbrio. As aplicações podem ter lugar após a colheita, com as folhas ainda verdes e ativas, ou no período de dormência, o mais tarde possível, antes do início da rebentação. Esta aplicação pode ainda ter lugar após a floração, mas com uma concentração da solução bastante inferior às utilizadas nas outras épocas. Acrescenta-se que aplicações de nutrientes por via foliar deverão ser obrigatoriamente justificadas, pelo agricultor ou pelo técnico de produção integrada que acompanha a exploração, no caderno de campo ou no plano de fertilização.
- j) *Fertilização de fundo e de cobertura*, são realizadas tendo em conta os resultados

analíticos das amostras de terra e das amostras de folhas nas culturas perenes (solos e plantas) e da produção pretendida/esperada e para isso é elaborado um plano de fertilização¹⁰, sendo a aplicação de adubos e ou corretivo feita segundo este plano.

Em produção integrada, o plano de fertilização deve referir medidas que garantam a eficácia e segurança da aplicação de fertilizantes, de modo a evitar perdas por lixiviação, erosão e evaporação, e reduzir os riscos de poluição das águas superficiais e subterrâneas, como rotações adequadas, incorporação superficial de palhas e restolhos ou redução dos trabalhos de mobilização do solo, assim como avaliar o declive do terreno e a localização e envolvimento das parcelas, devido à maior suscetibilidade de contaminação com nitratos em locais perto de linhas de água.

As recomendações dos fertilizantes não devem exceder as doses máximas permitidas em Produção Integrada. Tais ajustamentos, sobretudo no caso do azoto (N), deverão fundamentar-se, essencialmente, em observações efetuadas ao longo do ciclo da cultura (vigor das plantas, sensibilidade a pragas e doenças, níveis de precipitação, etc.). No caso do calcário, a quantidade a aplicar é dependente do pH e do poder tampão do solo, a sua aplicação deve ser feita a lanço e incorporação através de mobilização do solo.

Nos casos em que haja necessidade de corrigir o pH do solo, quando o mesmo se encontra ácido, com níveis de magnésio muito baixos, recomenda-se a aplicação de calcário magnesiano. Quando o pH é básico recomenda-se aplicação de enxofre ou gesso.

No caso da matéria orgânica deve ser aplicada a lanço e, incorporada no solo o mais brevemente possível após a sua distribuição, no máximo até 24 horas, nunca ultrapassando as 48 horas, visto que as perdas mais elevadas ocorrem logo a seguir à distribuição, prolongando-se por 2 a 8 dias (Despacho n.º 1230/2018), com os trabalhos de mobilização do solo, de modo a evitar as perdas por volatilização do azoto, entre outros elementos, na Tabela 18 indicam-se as classes de fertilidade para os vários nutrientes, exceto azoto, para culturas ao ar livre, estabelecidas de acordo com os métodos ali referenciados. As aplicações de fertilizações nas culturas devem ser registadas na respetiva ficha de registo (<http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/zv/ajuda.pdf>).

Parâmetro mg/kg	Classes de Fertilidade					Método de extração
	M. baixa	Baixa	Média	Alta	M. Alta	
P ₂ O ₅	≤ 25	26 - 50	51 - 100	101 - 200	> 200	(1)
K ₂ O	≤ 25	26 - 50	51 - 100	101 - 200	> 200	(1)
Mg	≤ 30	31 - 60	61 - 90	91 - 125	> 125	(2)

¹⁰ Plano de fertilização - definição de todos os aspetos de uma exploração agrária relacionados com a manutenção e melhoria da qualidade do solo, como necessidades nutritivas das plantas, capacidade e características do solo, condições meteorológicas da região, disponibilidade de matérias fertilizantes provenientes da própria exploração e os tipos, quantidades, épocas e técnicas de aplicação de fertilizantes: deve ser revisto periodicamente e basear-se em análises de solos e plantas.

Parâmetro mg/kg	Classes de Fertilidade					Método de extração
	M. baixa	Baixa	Média	Alta	M. Alta	
Fe	≤ 10	11 - 25	26 - 40	41 - 80	> 80	(3)
Mn	≤ 7	8 - 15	16 - 45	46 - 100	> 100	(3)
Zn	≤ 0,6	0,7 - 1,4	1,5 - 3,5	3,6 - 10	> 10	(3)
Cu	≤ 0,3	0,4 - 0,8	0,9 - 7,0	7,1 - 15	> 15	(3)
B	≤ 0,2	0,2 - 0,3	0,4 - 1,0	1,1 - 2,5	> 2,5	(4)

(1) Egner-Riehm modificado (lactato de amónio + ácido acético);

(2) Acetato de amónio a pH7;

(3) Acetato de amónio + ácido acético + EDTA;

(4) Água fervente

Tabela 18 - Classes de fertilidade e classificação dos teores do solo em nutrientes (mg/kg) no caso de culturas ao ar livre | Fonte: LQARS, 2006 (Adaptado)

- k) Rega, o crescimento vegetal depende da quantidade de água disponível, pelo que, nos casos em que a água existente no solo não é suficiente para as necessidades hídricas da cultura, é necessário regar. Em produção integrada, a rega é efetuada com a preocupação de minimizar as perdas de água e otimizar a qualidade do produto. Deve estabelecer-se um plano de rega para cada parcela, no qual os cálculos das quantidades de água a utilizar devem basear-se em dados de estações meteorológicas locais. Sempre que possível, a realização de regas deve ser articulada com as fertilizações e tratamentos fitossanitários. (Aguiar et al., 2005)

A gestão da água deve ser encarada de forma integrada e estar assente em princípios de ecologia, economia e ética, que procurem assegurar, a longo prazo, reservas adequadas de água que são uma das bases do equilíbrio dos ecossistemas agrários. Em Portugal, a disponibilidade de água apresenta grandes assimetrias e irregularidades espaciais, sazonais e inter-anuais, pelo que o recurso ao regadio constitui um instrumento importante para a melhoria da produtividade das culturas. (Aguiar et al., 2005)

Em produção integrada a utilização de águas residuais domésticas ou industriais, sem serem tratadas de acordo com as exigências constantes nas regras estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde, é proibida. (Aguiar et al., 2005)

Para além da quantidade de água disponível, é importante salvaguardar a qualidade das águas, quer de superfície quer subterrâneas. Assim, as técnicas de rega utilizadas em produção integrada devem procurar reduzir as perdas de água por percolação e escoamento superficial e ajustar-se aos programas de fertilização e proteção da cultura de forma a minimizar as alterações decorrentes do arrastamento de resíduos associados à cultura, como fertilizantes, matéria orgânica, microrganismos, produtos fitofarmacêuticos, metais pesados, que podem provocar a contaminação dos meios hídricos. (Aguiar et al., 2005)

Neste sentido devem ser tomadas as medidas necessárias ao correto funcionamento da rega, recomendando as seguintes situações:

- Revisão do sistema de rega antes de cada campanha para redução ao mínimo do risco de perda de água;
- Sempre que possível, adotar o sistema de rega por gota-a-gota;
- Prevenir todas as situações possíveis de provocar o encharcamento do solo, especialmente junto ao colo das plantas, a fim de evitar a ocorrência de doenças;
- Registrar o número de regas e a quantidade de água fornecida em cada rega, no caderno de campo, semanalmente;
- A frequência de rega deve ser ajustada ao sistema existente, ao tipo de solo e à fase do ciclo da cultura;
- Aplicar adubos em fertirrega¹¹ após fornecer às plantas 20 a 25% da dotação de rega prevista. Cessar a mesma quando faltar aplicar 10 a 20 % da água prevista;

III.5.2. COMPONENTE ANIMAL

De acordo com o Decreto-Lei n.º 256/2009 de 24 de setembro, para a prática da produção integrada na componente animal é necessária a aplicação de técnicas que estabelecem um adequado equilíbrio e salvaguarda do bem-estar animal, de modo que seja possível obter-se uma produção sustentável em termos de qualidade e quantidade, devendo ter em conta, nomeadamente, o manejo e alimentação animal, a profilaxia e saúde animal e a gestão de efluentes de origem animal.

Para a salvaguarda do bemestar animal torna-se necessário cumprir os cinco requisitos do bemestar animal:

- Livre de fome e de sede: acesso a água fresca de qualidade e a uma dieta adequada às condições fisiológicas;
- Livre de desconforto: fornecimento de um ambiente adequado que inclua um abrigo com uma zona de descanso confortável;
- Livre de dor, ferimentos e doença: prevenção de doenças, diagnóstico rápido e tratamentos adequados;
- Ter liberdade de expressar comportamento normal: fornecimento de espaço adequado, instalações adequadas e a companhia de animais da mesma espécie;
- Livre de stress, medo e ansiedade: assegurando condições e manejo que evitem sofrimento.

¹¹ Fertirrega, consiste na aplicação de fertilizantes nas culturas através da água da rega. As concentrações de fertilizantes a injetar variam de cultura para cultura e são escolhidas pelo utilizador do sistema. Fisicamente a dosagem desses fertilizantes é feita através bombas e válvulas injetores que doseiam a concentração numa cuba de mistura. Posteriormente a mistura é injetada na conduta de rega por uma bomba para que possa ser distribuída através da água. Esta técnica apresenta enormes vantagens na poupança da água, fertilizantes, e na diminuição dos riscos de poluição associados aos fertilizantes.

Assim, a Produção Integrada Animal tem como principal objetivo a alteração de padrões de produção com vista a uma atividade em equilíbrio com o meio físico natural delimitado pela unidade de produção agropecuária. Neste pressuposto os objetivos primordiais são os do aumento da eficiência e minimização dos impactes ambientais e produção de alimentos de qualidade (DGV, 2011).

Com base na publicação da DGV (2011) as normas do Modo de Produção Integrada Animal consideram os seguintes aspetos:

- I) Características gerais
- II) Maneio dos animais, conservação do solo e ecossistemas
- III) Alimentação dos Animais
- IV) Profilaxia e cuidados veterinários
- V) Bem-estar animal (reprodução, manejo e alojamento)
- VI) Gestão e manejo de efluentes

I – Características gerais

- a) A unidade de produção agro-pecuária deverá estar integrada no seu meio físico natural e com práticas que utilizem de forma sustentada os recursos e mecanismos de produção naturais.
- b) A componente da atividade pecuária deverá estar licenciada ou registada em conformidade com a legislação vigente para as respetivas atividades.
- c) Os animais deverão estar corretamente identificados de acordo com as normas vigentes.
- d) O produtor deve assegurar um sistema de rastreabilidade, que estará à disposição da autoridade competente, de acordo com o estabelecido no artigo 18.º do Regulamento (CE) n.º 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 28 de janeiro de 2002, de forma a identificar a origem de todos os alimentos existentes ou utilizados na exploração, bem como dos animais que entraram ou saíram da exploração., Extrato do Artigo 18.º do Regulamento (CE) n.º 178/2002.
- e) Ter em atenção que o MPB e a PRODI podem coexistir na mesma UP. Isto é, o produtor pode fazer agricultura biológica em parte da área e PRODI na restante. Deve, no entanto, afetar ao mesmo modo de produção:
 - Toda a área com plantas da mesma espécie cultivada;
 - Toda a área de pastagem permanente, inclusive em sob coberto de povoamento florestal arborizado e superfície agroflorestal não arborizada com aproveitamento forrageiro, que é utilizada exclusivamente por animais criados nesse modo de produção;
 - Todos os animais da mesma espécie e com o mesmo tipo de produção presentes na

unidade de produção;

- Toda a área de uma parcela agrícola ou agroflorestal;
- f) Por norma, têm de ser submetida toda a superfície agrícola ou agroflorestal da unidade de produção e os respetivos animais ao modo de produção integrado ou ao modo de produção biológico, de acordo com os respetivos normativos. No entanto, (alínea 3, do Art.8º da Portaria 229-B/2008) numa exploração podem ser excecionadas da prática do modo de produção integrado (ou biológico):
 - As áreas de autoconsumo, até 10 % da área da unidade de produção, com o limite de 1 ha, desde que ocupadas com culturas diferentes das realizadas nas restantes áreas da unidade de produção, e os animais até 2 CN, desde que de espécies diferentes das existentes na UP e não destinados a venda;
 - Outras áreas ou animais que o OC considere como tecnicamente não aptos à prática de um destes modos de produção.

II - Maneio dos animais, conservação do solo e ecossistemas

- a) A atividade pecuária deverá favorecer a fertilidade do solo, a conservação e melhoria da biodiversidade. Não sendo admissíveis sinais de abandono, contaminação e sobre pastoreio, quando sejam visíveis sinais de erosão ou compactação devem ser adotadas práticas culturais que contrariem estes fenómenos.
- b) Deverá ser estabelecido na unidade de produção agropecuária um programa de pastoreio racional, estabelecendo uma carga animal, por forma a impedir o sobre pastoreio com consequências a nível da erosão e contaminação do solo e da água, assim como evitar a subutilização das pastagens o que acarreta a sua degradação e o aumento do risco de incêndio.
- c) Sempre que o sistema de produção o justifique, nas fases de recria e acabamento é necessário a constituição de lotes homogêneos em função da idade e peso dos animais.
- d) A eliminação de todo o tipo de resíduos ou sobrantes da atividade pecuária deve realizar-se para que não exista contaminação ou alteração ambiental.
- e) Os animais para serem considerados em PRODI, devem ter permanecido na exploração um período mínimo de “integração” em função dos seguintes aspetos:
 - 1) Um animal que seja adquirido / originário de exploração convencional é considerado “integrado em PRODI”, um mês após ter permanecido na exploração PRODI; no entanto, um animal é considerado na exploração PRODI a partir da sua entrada, mas se sair antes de 30 dias de permanência, não será contabilizado no efetivo PRODI da exploração.
 - 2) Para efeitos da produção de ovos e leite PRODI, esta só é considerada após o animal

estar “integrado” na exploração, isto é, após o período de integração descrito em (1) ou seja, um mês após ter entrado na exploração.

- 3) No caso de produção de carne, quando os animais são destinados ao abate e não tenham nascido na exploração em PRODI, só são considerados de produção integrada, se tiverem permanecido na exploração PRODI um período de integração, tendo em consideração os ciclos de produção mínimos normalmente associados às diferentes espécies animais. Assim, o período de integração para a produção de carne será de 1 mês para o caso das aves; de 3 meses no caso dos suínos, ovinos e caprinos; de 6 meses no caso de bovinos.

- i. O encabeçamento (*) em pastoreio não poderá em caso algum ultrapassar:
 - 2,0 CN por hectare (ha) de superfície agrícola e agro -florestal, no caso de unidades de produção em que mais de 50 % desta superfície se localize em zonas de montanha ou de unidades de produção até 2,00 ha de superfície agrícola e agro -florestal, incluindo áreas de baldio;
 - 2,0 CN por hectare de superfície forrageira nos restantes casos.
- ii. Sem prejuízo dos encabeçamentos previstos na alínea i), o encabeçamento de suínos não poderá ultrapassar as 0,5 CN desta espécie/ ha de superfície forrageira.
- iii. Os parques de retenção dos animais e parques de alojamento ao ar livre só serão permitidos em parcelas cujo Índice de Qualificação Fisiográfica (IQFP) é inferior ou igual a 2; a obrigatoriedade da sua existência e o seu modo de funcionamento obedece ao normativo REAP.
- iv. No caso específico de produção de aves de capoeira, devem ser somente os sistemas de exploração extensivos previstos no artigo 3º da Portaria nº 637/2009 de 9 de junho.

(*) Exceto para o caso das aves de capoeira

III - Alimentação dos Animais

- a) Os animais devem ser alimentados de modo são e equilibrado, em conformidade com as suas necessidades fisiológicas, tendo em consideração as normas de boas praticas na alimentação animal.
- b) Disponibilidade permanente de alimentos grosseiros na alimentação dos ruminantes.
- c) Devem ser observadas todas as medidas contempladas na legislação vigente em matéria de sanidade, segurança e higiene dos alimentos incorporados no processo de produção.

- i. A alimentação dos animais lactantes será assegurada com leite natural e a idade mínima ao desmame é obrigatório e será a que consta na tabela 19, em anexo. Excecionam-se as situações em que a orientação económica da atividade seja a leiteira.
- ii. É obrigatório fazer o registo das matérias primas, alimentos compostos e forragens utilizados na alimentação dos animais, no caderno de campo e conservar e anexar ao caderno de campo as faturas (originais ou cópias) e guias de remessa das matérias primas, alimentos compostos e forragens.
- iii. Será assegurada a presença de alimentos fibrosos na ração (FB na ração) dos animais de acordo com uma percentagem mínima de 10%.
- iv. As fórmulas de rações confeccionadas na própria unidade de produção, bem como das misturas entre alimentos realizadas, têm de ser registadas e conservadas durante 5 anos.
- v. A percentagem mínima de alimentos (em matéria seca), que terá que ser utilizada em PRODI é de 55% no primeiro ano, 65% no 2º ano e 75% no 3º ano e seguintes. Excecionalmente, poderá ser considerada a alteração temporária destas percentagens, quando por condições climáticas adversas, oficialmente reconhecidas, não tenha sido possível assegurar as quantidades de alimentos necessários, certificados em PRODI.
- vi. No mínimo metade da alimentação (em matéria seca), numa base anual tem de ser proveniente da própria unidade de produção. No caso dos ruminantes terá ainda de assentar essencialmente no pastoreio direto, podendo ser complementado com forragens da própria unidade de produção.
- vii. Os alimentos destinados a suplementar a alimentação dos animais, desde que não sejam de produção ou fabricos próprios, deverão ser provenientes de distribuidores e fabricantes registados e/ou autorizados de acordo com o Regulamento (CE) n.º 183/2005, do Conselho de 12 de janeiro de 2005, que estabelece requisitos de higiene dos alimentos para animais. Serão arquivados, durante 3 anos, as guias de remessa, faturas, recibos e etiquetas.

IV - Profilaxia e cuidados veterinários

- a) As atividades pecuárias devem estar qualificadas sanitariamente, com indemnities de doenças conforme as normas em vigor para as distintas espécies animais. Excecionalmente, poderá ser considerada a alteração deste estatuto sanitário, desde que devidamente justificado e por causas não imputáveis ao criador. Nesta situação, o criador ficará obrigado a realizar todas as intervenções que as autoridades sanitárias

determinem tendo em vista a reposição do estatuto inicial.

b) A sanidade animal deve basear-se num programa que contemple:

- Escolha do tipo de animal, raça ou cruzamento conforme a adaptação, rusticidade e resistência às doenças;
- Aplicação de práticas zootécnicas adequadas;
- Adequação da carga animal;
- Alimentação adequada tanto em características nutricionais como sanitárias.

c) As práticas zootécnicas e de manejo não devem criar situações de stress e contribuir para patologias da produção.

d) A exploração pecuária deve ter um Plano de Profilaxia Médico-Sanitária contemplando as doenças infecto-contagiosas, não sujeitas a controlo oficial, e o controlo de parasitoses.

e) A exploração pecuária deve ainda possuir um plano escrito de boas práticas de higiene, o qual contemple práticas de limpeza, desinfeção, desinsectização e desratização das instalações de armazenamento de alimentos ou de alojamento dos animais.

i) A Exploração pecuária deverá ser classificada como oficialmente indemne ou indemne de: (*):

- Tuberculose (Bovinos);
- Brucelose (Bovinos, Ovinos e Caprinos);
- Leucose (Bovinos);
- Doença de Aujeszky (Suínos);

No caso das unidades avícolas, as mesmas obrigam-se a aderirem, perante os serviços oficiais, aos planos nacionais de controlo de salmonelas.

(*) Excecionalmente, poderá ser considerada a alteração deste estatuto sanitário, desde que devidamente justificado e por causas não imputáveis ao criador. Nesta situação, o criador ficará obrigado à realização de todas as intervenções que as autoridades sanitárias determinem tendo em vista a reposição do estatuto inicial.

ii) A prescrição, administração, registo e detenção de medicamentos ou medicamentos veterinários terá que obedecer às disposições previstas no artigo 81º do Decreto-lei nº 148/2008, de 29 de julho, alterado pelo Decreto-Lei nº 314/2009, de 28 de outubro, no que respeita à receita médico veterinária normalizada e artigo 82º sobre o registo, detenção ou posse de medicamentos.

- iii) A prescrição, administração de alimentos medicamentosos terá em conta o normativo legal existente no Decreto – Lei n.º 151/2005 com as alterações que lhe são introduzidas pelo Decreto-lei n.º 148/2008, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 90/167/CEE, do Conselho, de 26 de março, que estabelece o regime jurídico do fabrico, colocação no mercado e utilização de alimentos medicamentosos para animais, e os seus artigos 10º e 11, relativos à prescrição médico-veterinária e receita veterinária, respetivamente.
- iv) É proibida a medicação sistemática como prática preventiva, salvo se justificada por alguma circunstância especial e por prescrição veterinária (neste caso deve ser objeto de registo em caderno de campo).
- v) Os animais objeto de tratamento terão uma marcação temporária durante o respetivo intervalo de segurança de administração de medicamentos e deverão ser isolados em caso de doença infecciosa, debilidade ou dificuldade de locomoção por motivo de lesão.
- vi) É obrigatório assegurar que todos os animais presentes na unidade de produção são submetidos às operações de profilaxia segundo o plano definido a nível nacional ou regional.
- vii) No caso de explorações de suínos, os alojamentos serão sujeitos a limpeza e desinfeção e terão um vazio sanitário de pelo menos 8 dias após a saída de cada lote de animais.
- viii) Adotar um programa de eliminação de cadáveres e outros subprodutos não destinados ao consumo humano (SIRCA), no cumprimento do Regulamento (CE) n.º 1174/2002, de 3 de outubro de 2002, que estabelece regras sanitárias relativas aos subprodutos animais não destinados ao consumo humano.
- ix) Todos os animais que entrem na unidade de produção devem ser objeto de isolamento, quarentena e observação.
- x) Armazenar os medicamentos, Biocidas e Produtos de Uso Veterinário de forma adequada, de forma a evitar o acesso indevido.
- xi) A exploração pecuária terá de ser associada de uma OPP, salvo se dispuser de um médico veterinário responsável sanitário, autorizado para o desempenho das mesmas funções.
- xii) O detentor da exploração pecuária, obriga-se a possuir um livro de registo de medicamentos, ou um registo de medicamentos em suporte informático em observância ao previsto no artigo 82º, do Decreto-lei n.º 148/2008, de 29 de julho, alterado pelo Decreto-Lei

-Lei nº 314/2009, de 28 de outubro, integrando os requisitos complementares previstos no número 9 , daquele artigo, constantes do Despacho nº 3.277/2009, do Diretor Geral de Veterinária.

xiii)O detentor da unidade de produção, obriga-se a dispor de um plano de profilaxia médica e sanitária e de um plano de boas práticas de higiene. O plano de profilaxia médica e sanitária e o plano de boas práticas de higiene, fazem parte integrante do caderno de campo.

xiv)Quando, por medidas sanitárias, seja necessário dispor por tipo de produção e por espécie animal afetada, de medidas de biossegurança, as instalações devem dispor de:

- Um livro de registos de entradas na exploração pecuária a fim de minimizar o risco de dispersão de doenças entre a exploração e as outras explorações, nomeadamente o controlo de pessoas, veículos e animais.
- Vestuário descartável para uso exclusivo das visitas
- Os veículos devem ser estacionados fora do recinto da exploração pecuária

V. BEM-ESTAR ANIMAL (REPRODUÇÃO, MANEIO E ALOJAMENTO DO EFETIVO)

- a) O manejo dos animais deve favorecer os ciclos naturais de reprodução.
- b) A gestão zootécnica deve ter por base o manejo em lotes de acordo com a idade e ou estado reprodutivo, finalidade produtiva, e a utilização de parcelas ou instalações, de forma a reduzir situações que possam provocar danos, enfermidades ou sofrimento desnecessários.
- c) Assegurar a existência de equipamentos adequados que permitam o bem-estar dos animais e a segurança dos intervenientes, durante as manipulações decorrentes do seu manejo habitual e durante as cargas e descargas.
- d) As diversas instalações da exploração pecuária devem dispor de arejamento suficiente.
- e) A qualidade e a quantidade da água administrada aos animais devem ser adequadas.

i) É permitida a inseminação artificial e o transplante de embriões, mas as técnicas que induzam traumatismo ou sofrimento estão proibidas.

ii) A exploração pecuária deve possuir e cumprir um Plano de

Reprodução, o qual deve estar anexo ao caderno de campo.

- iii) Dispor de abrigos, naturais ou artificiais, para proteção dos animais.
- iv) Realizar as intervenções (por exemplo descorna) sobre os animais só se necessárias e conforme os métodos adequados. No caso dos suínos, o corte de caudas e a castração tem que obedecer aos requisitos legais de proteção de suínos.

VI. GESTÃO DOS EFLUENTES PECUÁRIOS

Os efluentes zootécnicos devem ser objeto de maximização da valorização agrícola, na unidade de produção agropecuária, a qual, sempre que exigido no âmbito do Regime de Exercício da atividade Pecuária (REAP) Decreto-lei n.º 214/2008, de 10 de novembro e Portaria n.º 79/2022, de 3 de fevereiro deve estar associada a um plano de gestão de efluentes pecuários (Atividades pecuárias em sistema de exploração intensivo das classe 1 e 2, com um volume de produção de efluentes superior a 200 m³ ou 200 t./ ano), tendo em consideração as orientações previstas no Código de Boas Práticas Agrícolas (CBPA).

Não é permitida a exportação de efluentes pecuários, exceto em casos de impossibilidade temporária de incorporação, em que é permitida, até ao limite de 30% da quantidade, para os destinos legalmente previstos.

Em relação à componente animal ter, ainda, em atenção:

A- Livro de registo de medicamentos ou registo em suporte informático

É obrigatório para o detentor de animais manter atualizado um registo de medicamentos e medicamentos veterinários utilizados nos animais. Este registo, por ordem cronológica, deve conter pelo menos:

- Data do tratamento
- Identificação animal/grupo de animais tratados
- Motivo ou natureza do tratamento
- Nome do medicamento e quantidade administrada
- Intervalo de segurança
- Identificação de quem administrou o medicamento

Este registo deve ser mantido atualizado, em bom estado de conservação e à disposição das autoridades oficiais para efeitos de controlo por um período de 5 anos. O livro de registo deve apresentar-se:

- Com numeração identificativa;
- Organizado por ordem cronológica;
- Paginado sequencialmente.

B- Suporte Informático

O registo pode ser mantido em suporte informático, mas devem ser elaborados relatórios, pelo menos trimestrais, impressos com a informação requerida, a serem mantidos na exploração e assinados sempre que exigido pelo veterinário. Ter em consideração que "a detenção ou posse na exploração pecuária, de medicamentos e medicamentos veterinários sujeitos a receita médico-veterinária, pelos detentores de animais numa exploração pecuária, só é permitida desde que justificada por receita médico-veterinária normalizada, requisição médico veterinária validada pelo médico veterinário responsável clínico ou sanitário da exploração ou por declaração de médico veterinário de prescreveu e administrou o referido medicamento.

C- Plano de Profilaxia Médica e Sanitária

Plano elaborado e assinado pelo médico veterinário responsável sanitário da exploração ou Responsável da OPP, donde constem obrigatoriamente:

A) Plano de Profilaxia Médica

Plano onde constem as intervenções de profilaxia médica (vacinações) contra as principais doenças produtivas com incidência na região e na exploração;

Deverá ser indicada periodicidade das intervenções (vacinações) especificando o medicamento veterinário imunológico a utilizar ou as doenças a proteger;

O plano de profilaxia médica deve indicar a data do início e a data de cessação;

B) Plano de Profilaxia Sanitária

Plano onde constem, obrigatoriamente, a utilização de produtos de uso veterinário, biocidas de uso veterinário e medicamentos veterinários, aplicados diretamente ao animal, com finalidades repelentes e ou de desinsectização, incluindo-se nesta última a utilização de acaricidas e de carracidas;

O plano de profilaxia sanitária deve indicar a data do início e a data de cessação;

No plano de profilaxia sanitária deve constar, obrigatoriamente, decorrente dos produtos a utilizar o intervalo de segurança para o produto ou produtos utilizados;

Sempre que o plano de profilaxia sanitária contemple a aplicação de medicamentos Veterinários sujeitos a receita médico veterinária, a sua administração deve ser registada, pelo criador, no livro de registo de medicamentos ou no registo em suporte informático;

Na Tabela 19 indica-se a idade mínima e recomendada ao desmame de várias espécies e na Tabela 20 a conversão em CN (Cabeças Normais).

Idade ao desmame		
Espécie	Mínima	Recomendada
Bovinos	3 meses	=> a 5 meses
Ovinos	35 dias	=> a 40 dias
Suínos	40 dias	> a 40 dias
Caprinos	30 dias	=> a 40 dias

Tabela 19 - Idade mínima / recomendada ao desmame

Espécie e/ou Tipo de animal	Cabeças normais (CN)
Touros, vacas e outros bovinos c/ > de 2 anos /equídeos c/> de 6 meses.	1,00
Bovinos com menos de 6 meses (só após o desmame)	0,40
Bovinos de 6 meses a 2 anos	0,60
Ovinos / Caprinos com mais de 1 ano (incluída a descendência)	0,15
Galinhas poedeiras	0,014
Outros suínos com mais de 3 meses (varrascos e porcos em recria /acabamento)	0,30

Tabela 20 - Tabela de conversão em cabeças normais (CN) | (Conforme Anexo I da Portaria nº 229-B/ 2008)

III.6. REGISTOS NO CADERNO DE CAMPO

Para além do respeito pelos princípios da Produção Integrada, o agricultor que opte por este modo de produção agrícola é obrigado a ter o caderno de campo¹² (<https://www.dgadr.gov.pt/producao-integrada/cadernos-de-campo>) atualizado, sistema de certificação, formação atualizada e respeitar as normas técnicas específicas para cada cultura. Caso não exista a norma técnica para determinada cultura deve garantir-se o cumprimento dos requisitos mínimos para o exercício de Produção Integrada (https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/prod_sust/normas_pi/i008503.pdf).

III.7. CONTROLO, CERTIFICAÇÃO E ROTULAGEM

A política de qualidade agroalimentar da União Europeia é um vetor essencial da estratégia de valorização destes produtos nos mercados europeu e global, sendo um dos seus objetivos informar compradores e consumidores sobre as suas características e condições de produção (DGADR, 2021).

Abrange vários regimes de qualidade, de adesão voluntária, que acrescem às normas de base legalmente definidas para cada produto em questão, indicando aos operadores económicos e aos consumidores que este possui qualidades adicionais (características,

¹² Caderno de campo: Documento no qual são registadas todas as operações efetuadas na exploração agrícola. O caderno de campo deve ser assinado pelo agricultor e/ou técnico assistente que se responsabiliza pelas informações prestadas.

condições de produção, etc.) que lhe conferem um valor acrescentado.

A garantia que as regras e os princípios da produção Integrada são cumpridos de acordo com as normas estabelecidas, é dada pelo sistema de controlo e certificação implementado entendendo-se por certificação, o processo através do qual uma entidade independente atesta que um produto cumpre determinadas normas ou especificações, funcionando perante terceiros como garantia da aplicação desses requisitos.

De forma a assegurar a aplicação uniforme e eficaz do sistema de controlo, a DGADR dispõe de procedimentos documentados para a delegação de tarefas nos organismos de controlo e para a respetiva supervisão, com vista à avaliação do desempenho operacional dessas entidades de controlo, e ao garante do respeito pelas disposições regulamentares. No site da DGADR, <https://www.dgadr.gov.pt/producao-integrada/controlo-e-certificacao-e-rotulagem>, encontram-se referenciados os operadores sob controlo e os Organismos de controlo e certificação (OC) reconhecidos pela DGADR.

O Despacho n.º 10935/2005, de 22 de abril, aprova o símbolo / logótipo (Figura 26) que se destina a assinalar os produtos agrícolas e os produtos alimentícios obtidos de acordo com as regras de produção integrada.



Figura 26 - Símbolo para assinalar os produtos agrícolas e os géneros alimentícios obtidos de acordo com as regras da produção integrada
Fonte: DGADR - <https://www.dgadr.gov.pt/sustentavel/ap-tec-reconh-tecnicos/producao-integrada>

A certificação dos produtos (vegetais ou animais) tendo por base a Produção Integrada permite a comercialização desses produtos com o logótipo da Produção Integrada, o aumento da transparência na forma como são produzidos e, por conseguinte, o aumento de confiança por parte dos consumidores contribuindo para o fortalecimento das relações na cadeia alimentar, ter acesso a mercados restritos e a apoios comunitários a vários níveis.

MÓDULO IV

AGRICULTURA BIOLÓGICA (AB)

INTRODUÇÃO	232
IV.1. CARATERIZAÇÃO DA AGRICULTURA BIOLÓGICA	233
IV.1.1. NO MUNDO	233
IV.1.2. NA UNIÃO EUROPEIA	233
IV.1.3. EM PORTUGAL (CONTINENTE E REGIÕES AUTÓNOMAS)	234
IV.2. LEGISLAÇÃO	235
IV.3. DEFINIÇÃO, OBJETIVOS E PRINCÍPIOS GERAIS	237
IV.4. ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A AGRICULTURA BIOLÓGICA (ENAB)	239
IV.5. CONVERSÃO À AGRICULTURA BIOLÓGICA	240
IV.6. TÉCNICAS DE PRODUÇÃO EM AGRICULTURA BIOLÓGICA	243
IV.6.1. PARTE VEGETAL	243
IV.6.1.1. O SOLO E OS NUTRIENTES	243
IV.6.1.2. A ÁGUA	246
IV.6.1.3. ROTAÇÕES E CONSOCIAÇÕES	248
IV.6.1.4. ADUBAÇÃO VERDE	252
IV.6.1.5. COBERTURA DO SOLO	255
IV.6.1.6. CONTROLO DE ADVENTÍCIAS	258
IV.6.1.7. COMPOSTAGEM	267
IV.6.1.8. PROTEÇÃO DAS PLANTAS	271
IV.6.2. PARTE ANIMAL	280
IV.7. REGISTOS EM AGRICULTURA BIOLÓGICA	285
IV.8. CONTROLO E CERTIFICAÇÃO	288

MÓDULO IV

AGRICULTURA BIOLÓGICA (AB)

INTRODUÇÃO

Os conceitos, princípios e objetivos da agricultura biológica (AB) têm sido discutidos e definidos pelos organismos privados do setor que, a nível mundial, integram a Federação Internacional dos Movimentos de Agricultura Biológica (IFOAM - <https://www.ifoam.bio/>) (Ferreira, 1999).

Contando com mais de 800 organizações associadas em 117 países a IFOAM é a organização mundial que apoia a agricultura biológica. Foi fundada em 1972, em França, por pioneiros da agricultura biológica de diferentes países, com a finalidade de coordenar as ações dos movimentos de agricultura biológica e contribuir para a divulgação de dados científicos e experimentais.

De acordo com a IFOAM (2009), a agricultura biológica é um sistema de produção que mantém a saúde dos solos, dos ecossistemas e das pessoas. Baseia-se em processos ecológicos, na biodiversidade e nos ciclos naturais, adaptados às condições locais, em vez do uso de inputs com efeitos adversos. A agricultura biológica tem por base os seguintes **4 Princípios** (Ferreira *et al*, 2021a):

Saúde

- A agricultura biológica deve sustentar e melhorar a saúde do solo, da planta, do animal e do homem, como um todo indivisível.

Ecologia

- A agricultura biológica deve ser baseada em sistemas e ciclos ecológicos vivos, trabalhar com eles, respeitá-los, e ajudar à sua sustentabilidade.

Integridade

- A agricultura biológica deve constuir relacionamentos que assegurem integridade em relação com o ambiente e oportunidades de vida.

Precaução

- A agricultura biológica deve ser gerida com precaução e responsabilidade de modo a proteger a saúde e o bem estar das atuais e futuras gerações e do ambiente.

A agricultura biológica é um modo de produção sustentável. Tem como princípios a preservação da natureza, a saúde das populações, ser economicamente viável e promover a justiça social. Privilegia o uso de boas práticas de gestão da exploração agrícola e tem em consideração a adaptação dos sistemas de produção às condições regionais. A prioridade aos mercados locais e ao estabelecimento do equilíbrio ecológico entre o solo, as plantas e os animais são fatores a considerar neste modo de produção. A visão da exploração como um todo, com elaboração cuidada de um plano de gestão da exploração, considerando todos os fatores de produção, bem como a gestão dos efluentes, subprodutos e resíduos torna-se é essencial (DGADR, 2017).

IV.1. CARATERIZAÇÃO DA AGRICULTURA BIOLÓGICA

IV.1.1. NO MUNDO

De acordo com os dados publicados em 2021 pelo FIBL (Instituto de Investigação de Agricultura Biológica), em <https://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2021/infographics.html>, em 2019, 187 países do mundo tinham atividade ligada à agricultura biológica.

No mundo, em 2019, cerca de 72,3 milhões de hectares (mha) eram ocupados pela agricultura biológica, encontrando-se 36,0 mha situados na Oceania, 16,5 mha na Europa e 8,3 mha na América Latina.

O número de produtores situou-se, em 2019, nos 3,1 milhões refletindo um acréscimo de 13 % relativamente a 2018. A Índia, o Uganda e a Etiópia são os países com maior número de produtores biológicos.

O mercado global de produtos alimentares biológicos aumentou, situando-se em mais de 106 milhões de euros sendo que a procura por estes produtos continua em crescimento.

Ao nível do consumo per capita a Dinamarca é o país que apresenta maior consumo com um valor de 344€.

Em termos de distribuição por países, 49,38 % da área em MPB está situada na Austrália (35,7 mha), seguida pela Argentina (3,6 mha) e Espanha (2,4 mha).

IV.1.2. NA UNIÃO EUROPEIA

Segundo dados do EUROSTAT (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Organic_farming_statistics#Total_organic_area) a UE-27 apresentava, em 2019, uma área de cerca de 13,8 milhões de hectares (mha), correspondendo a 8,5 % da área total

utilizada na UE27 observando-se um aumento de 0,5 % em relação a 2018.

Em termos absolutos, em 2019, os países com as maiores áreas em AB foram Espanha (2,35 mha), França (2,24 mha) e Itália (1,99 mha). A dimensão da área em AB difere consideravelmente de um Estado-Membro para outro. Quatro Estados-Membros representavam mais de metade da superfície cultivada em AB: Espanha (17,1 %), França (16,2 %), Itália (14,5 %) e Alemanha (9,4 %). Juntos, representam 57,1 % da área em AB da UE-27 valor semelhante ao de 2018 (57,5 %).

No que diz respeito à produção animal, a Letónia apresentou em 2019, o maior efetivo em AB de ovelhas e cabras (36,2 %) e o segundo de bovinos (25,1 %). A Grécia regista o maior efetivo de bovinos em AB (26,9 %).

IV.1.3. EM PORTUGAL (CONTINENTE E REGIÕES AUTÓNOMAS)

Em Portugal, no período de 2013-2020 pode observar-se uma tendência de crescimento, da área e do número de produtores em MPB, apesar de alguma oscilação, no respeitante à área, em 2018 (Figura 1). Em 2020 a área em MPB situava-se nos 322 039 ha (sendo em 2013 de 197 295 ha) e o número de produtores em 5945 (quase o dobro, comparativamente a 2013, que era de 3104).

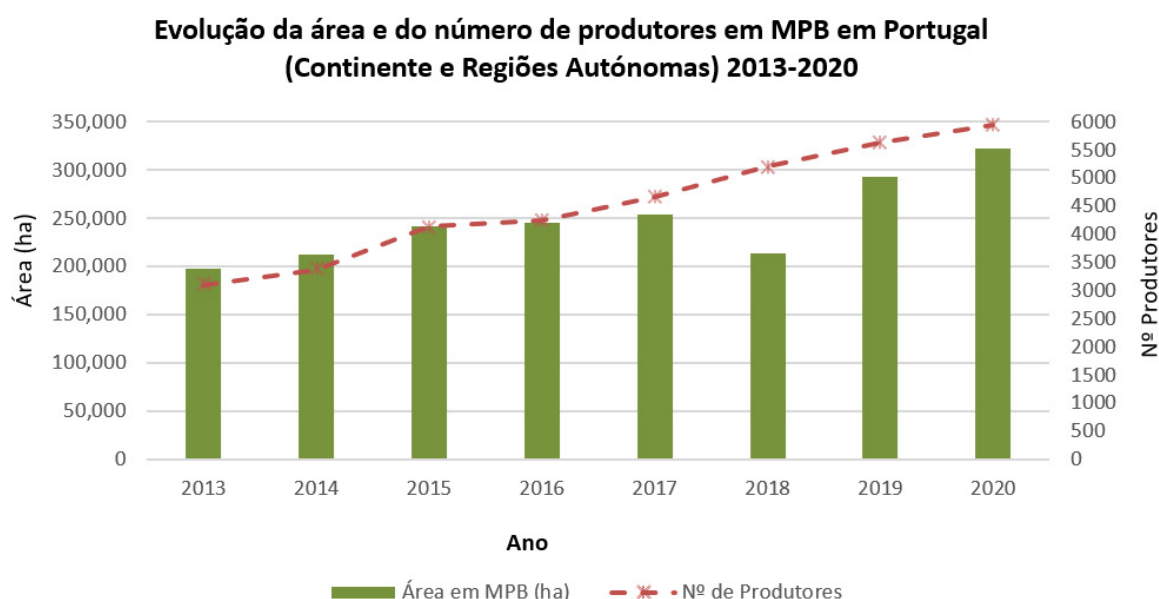


Figura 1 - Evolução da área e do número de produtores em MPB em Portugal (Continente e Regiões Autónomas) de 2013 a 2020
Fonte: <https://www.dgadr.gov.pt/sustentavel/agricultura-e-producao-biologica>. Adaptado. (2021)

De acordo com os dados publicados pela DGADR (2021) no que diz respeito à distribuição por culturas, a maior parte da área, em 2020, encontra-se ocupada por prados e pastagens permanentes (166 993 ha) seguindo-se as culturas permanentes para consumo humano com 49 816 ha (dados disponíveis em <https://www.producaobiologica.pt/index.php/producao-biologica/indicadores-de-producao>).

Na Tabela 1, apresentam-se dados do GPP (Gabinete de Planeamento e Políticas) e da DGADR (Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural), referentes a 2017, onde se pode observar a área e o número de produtores em MPB, por tipo de cultura e por Região Agrária, em Portugal Continental. Em 2017, as pastagens constituíram a cultura mais representativa com uma área de 146 687 ha contribuindo a região do Alentejo com 100 995 ha. As plantas aromáticas representavam, em 2017, a cultura com menor área (855 ha) sendo

a região do Alentejo que mais contribuiu para este valor com 383 ha ocupados pelas plantas aromáticas.

Agricultura em Modo de Produção Biológico, por Regiões Agrárias												
2017*												
Continentes	Total		Culturas Arvenses		Floresta		Pastagens		Olival		Vinha	
	Área	Produtores	Área	Produtores	Área	Produtores	Área	Produtores	Área	Produtores	Área	Produtores
Regiões agrárias	ha	nº	ha	nº	ha	nº	ha	nº	ha	nº	ha	nº
Continente	283 079	4 268	7 347	410	30 606	276	146 687	1 314	21 635	1 758	3 499	528
Entre-Douro e Minho	8 639	509	54	62	50	16	7 129	118	51	24	153	59
Trás-os-Montes	20 783	1110	134	27	2 555	10	1 989	116	7 048	704	1 246	167
Beira Litoral	2 871	285	94	16	635	15	496	29	49	37	140	32
Beira Interior	47 533	729	1 818	125	1 842	65	28 142	345	4 203	419	743	146
Ribatejo e Oeste	34 207	474	196	25	12 671	53	7 811	66	504	65	211	54
Alentejo	167 247	1027	5 027	150	12 367	105	100 995	630	9 759	497	991	58
Algarve	1 798	135	25	5	485	12	125	10	20	12	16	12
Culturas	Fruticultura		Horticultura		Frutos Secos		Plantas aromáticas		Pousio		Culturas Forrageiras	
	Área	Produtores	Área	Produtores	Área	Produtores	Área	Produtores	Área	Produtores	Área	Produtores
Regiões agrárias	ha	nº	ha	nº	ha	nº	ha	nº	ha	nº	ha	nº
Continente	4 289	1 153	2 707	884	24 408	1 047	855	377	5 993	879	35 052	969
Entre-Douro e Minho	256	196	193	193	106	73	98	93	226	132	323	81
Trás-os-Montes	351	203	63	79	6 101	729	25	15	873	112	397	69
Beira Litoral	193	94	293	175	33	26	38	36	185	76	715	15
Beira Interior	977	193	261	102	411	121	36	29	958	151	8 142	303
Ribatejo e Oeste	584	190	443	155	8 390	32	248	85	777	231	2 371	37
Alentejo	1 248	176	1 345	141	9 338	53	383	97	2 694	140	23 102	461
Algarve	681	101	108	39	28	13	28	22	281	37	2	3

Tabela 1 - Área (ha) e número de produtores em MPB, por tipo de cultura e por Região Agrária, em Portugal, em 2017 | Fonte: DGADR; GPP 2020

Ainda que as explorações em agricultura biológica tenham uma dimensão média elevada, verifica-se uma variabilidade regional algo acentuada, uma vez que na Beira Litoral a dimensão média é cerca de 8 hectares e no Alentejo a dimensão média é de 169 hectares. Na região da Beira Interior a dimensão média situava-se nos 69 hectares e no Ribatejo e Oeste nos 51 hectares.

Em relação aos efetivos animais o grupo com maior representatividade em MPB e em 2020, são os ovinos, com cerca de 94 mil animais, seguidos dos bovinos com perto de 93 mil animais (Tabela 2). Comparativamente a 2013 verificou-se, em 2020, um aumento em todo o efetivo, destacando-se em valor absoluto e por ordem decrescente os bovinos, as aves e os ovinos, respetivamente.

Efetivo pecuário	Número de cabeças	
	2020	2013
Bovinos	92 673	69 095
Suínos	2 037	2 009
Ovinos	93 385	88 528
Caprinos	6 931	6 519
Aves	56 226	45 264

Tabela 2 - Efetivos animais em MPB, em Portugal, em 2020 e em 2013 | Fonte: <https://www.dgadr.gov.pt/agricultura-e-producao-biologica> (2021)

IV.2. LEGISLAÇÃO

Em 1991, no contexto da reforma da política agrícola da UE, o Conselho Europeu de Ministros da Agricultura adotou o Regulamento (CEE) N.º 2092/91 relativo à agricultura biológica e à rotulagem dos produtos agrícolas e alimentos biológicos. Inicialmente, este

regulamento abrangia apenas produtos vegetais, tendo sido introduzidas posteriormente outras regras relativas aos produtos de origem animal. Simultaneamente, esta legislação permitiu a importação de produtos biológicos de países terceiros com os critérios de produção e sistemas de controlo em pé de igualdade com a UE. Este regulamento inicial estabeleceu normas mínimas a nível europeu que vieram permitir aos consumidores comprar produtos de MPB em qualquer país da UE com garantia do cumprimento dos mesmos requisitos mínimos.

Em 1999, é publicado o Regulamento (CE) N.º 1804/1999 do Conselho de 19 julho que completa, no que diz respeito à produção animal, o anterior regulamento, entrando em vigor em agosto de 2000. Neste regulamento foi deixada aos Estados-Membros e organizações privadas a responsabilidade da criação das suas próprias normas adicionais mais restritivas.

Em 2007, o Conselho Europeu de Ministros de Agricultura acordou o novo Regulamento (CE) N.º 834/2007 do Conselho, de 28 de junho, relativo à produção biológica e rotulagem dos produtos biológicos. Este regulamento estabeleceu o quadro jurídico para todos os níveis da cadeia de abastecimento, desde a produção, distribuição, controlo e à rotulagem dos produtos biológicos que podem ser oferecidos e comercializados na UE, revogando em simultâneo o anterior Regulamento (CEE) N.º 2092/91.

Posteriormente, foram publicados dois regulamentos de execução, que estabelecem as normas de execução do Regulamento (CE) N.º 834/2007:

- i) Regulamento CE N.º 889/2008 da Comissão, de 5 de setembro de 2008 que estabelece as normas de execução do Regulamento (CE) N.º 834/2007 do Conselho, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no que respeita à produção biológica, à rotulagem e ao controlo.
- ii) Regulamento CE N.º 1235/2008 da Comissão, de 8 de dezembro de 2008 que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) N.º 834/2007 do Conselho no que respeita ao regime de importação de produtos biológicos de países terceiros.

Em 2018 o Parlamento Europeu e o Conselho da UE adotaram o Regulamento (UE) 2018/848, de 30 de maio, relativo à produção biológica e rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CE) N.º 834/2007 do Conselho. Este regulamento estabelece os princípios da produção biológica e define as regras relativas à produção biológica, à certificação que lhe está associada e à utilização de indicações referentes à produção na rotulagem e na publicidade, bem como as regras sobre os controlos suplementares em relação aos previstos no Regulamento (UE) 2017/625. Visou ainda melhorar a legislação relativa a este modo de produção com os objetivos de remover obstáculos ao desenvolvimento sustentável da produção biológica na UE, garantir uma concorrência equitativa para os agricultores e operadores, permitir que o mercado interno possa funcionar de forma mais eficiente e manter, ou melhorar, a confiança dos consumidores nos produtos biológicos. Na Tabela 3 assinalam-se algumas das principais novidades do Reg. (UE) 2018/848. Inicialmente prevista para janeiro de 2021, a entrada em vigor deste Regulamento dá-se em 1 de janeiro 2022.

- Inclusão de novos produtos abrangidos e com possibilidade de certificação;
- Certificação de grupo para pequenos produtores;
- Obrigatoriedade anual de controlo físico ao local de produção obrigatório;

- Novo modelo único de certificado;
- Fim do regime de equivalência para importações pós 2025
- Agravamento de penalizações a atribuir pelas autoridades competentes (DGADR, no caso de Portugal) aos OCC's;
- Inexistência de LMR regulamentados além dos contemplados para os produtos convencionais. Todavia surge a possibilidade de as autoridades nacionais estabelecerem LMR para os alimentos biológicos (ex: DGADR estabelece um LMR de qualquer produto fitofarmacêutico homologado para a cultura convencional, em alimentos biológicos, de 0,05 mg/Kg).

Tabela 3 - Algumas das principais novidades do Regulamento (UE) 2018/848

No site <https://www.dgadr.gov.pt/agricultura-e-producao-biologica> pode ser consultada toda a regulamentação referente à produção biológica

IV.3. DEFINIÇÃO, OBJETIVOS E PRINCÍPIOS GERAIS

De acordo com o regulamento CE nº 834/2007: "A produção biológica é um sistema global de gestão das explorações agrícolas e de produção de géneros alimentícios que combina as melhores práticas ambientais, um elevado nível de biodiversidade, a preservação dos recursos naturais, a aplicação de normas exigentes em matéria de bem-estar dos animais e método de produção, em sintonia com a preferência de certos consumidores por produtos obtidos utilizando substâncias e processos naturais."

A Agricultura Biológica tem como objetivo principal produzir alimentos saudáveis, promovendo em simultâneo práticas sustentáveis, preservando o ecossistema agrícola recorrendo ao uso de métodos preventivos e culturais (como sejam as rotações culturais, utilização de resíduos das culturas e estrumes de origem animal, de acordo com as respetivas normas de utilização), por forma a minimizar os impactos sobre o ambiente. O Reg. (UE) 2018/848 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018 relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CE) nº 834/2007 do Conselho, enumera como objetivos da AB:

- Contribuir para a proteção do ambiente e do clima;
- Manter a fertilidade dos solos a longo prazo;
- Contribuir para um elevado nível de biodiversidade;
- Contribuir substancialmente para um ambiente não tóxico;
- Contribuir para normas exigentes de bem-estar dos animais e, em especial, satisfazer as necessidades comportamentais dos animais que sejam próprias de cada espécie;
- Dar preferência aos circuitos curtos e às produções locais nas diversas regiões da União;
- Incentivar a conservação das raças raras e autóctones em risco de extinção;
- Contribuir para o desenvolvimento da oferta de material genético vegetal adaptado às necessidades e objetivos específicos da agricultura biológica;
- Contribuir para um elevado nível de biodiversidade, em especial utilizando material fitogenético diverso, como material biológico heterogéneo e variedades biológicas adaptadas à produção biológica;
- Promover o desenvolvimento de atividades de reprodução vegetal biológica a fim de contribuir para a criação de perspetivas económicas favoráveis para o setor biológico.

O mesmo Regulamento, aponta como princípios gerais da AB:

- a) Respeito pelos sistemas e ciclos da natureza e conservação e melhoria do estado dos solos, da água e do ar, da saúde dos vegetais e dos animais, assim como do equilíbrio entre eles;
- b) A preservação de elementos da paisagem natural, como os sítios de património natural;
- c) A utilização responsável da energia e dos recursos naturais, tais como a água, os solos, a matéria orgânica e o ar;
- d) A produção de uma ampla variedade de géneros alimentícios e de outros produtos agrícolas e aquícolas de elevada qualidade que respondam à procura, por parte dos consumidores, de bens produzidos por processos que não sejam nocivos para o ambiente, a saúde humana, a fitossanidade ou a saúde e o bem-estar animal;
- e) Salvaguarda da integridade da produção biológica em todas as fases de produção, transformação e distribuição dos géneros alimentícios e dos alimentos para animais;
- f) A conceção e gestão adequadas de processos biológicos baseados em sistemas ecológicos que utilizem recursos naturais internos ao sistema de gestão;
- g) A restrição da utilização de fatores de produção externos; quando forem necessários fatores de produção externos ou quando não existirem as práticas e os métodos de gestão adequados referidos na alínea f);
- h) A adaptação do processo de produção, sempre que necessário e no âmbito do presente regulamento, para ter em conta a situação sanitária, as diferenças regionais no equilíbrio ecológico, o clima e as condições locais, as fases de desenvolvimento e as práticas específicas de criação;
- i) A exclusão, de toda a cadeia alimentar biológica, da clonagem animal, da criação de animais poliploides obtidos artificialmente e de radiações ionizantes;
- j) A observância de um elevado nível de bem-estar animal, respeitando as necessidades próprias de cada espécie.

No que respeita à produção biológica animal, referem-se os seguintes princípios:

Princípios da Produção Animal em Agricultura Biológica

- A produção animal sem terra é proibida
- Densidade animal reduzida e compatível com uma gestão sustentável do solo
- A utilização de OGM, a clonagem animal e as radiações ionizantes estão excluídas de toda a cadeia alimentar biológica
- É proibida a administração de hormonas
- É proibida a administração de antibióticos salvo em casos em que a saúde e o bem-estar animal estejam em causa
- Sistema produtivo baseado no uso de recursos naturais da exploração
- Escolha de raças com:
 - Elevado grau de diversidade genética
 - Capacidade de adaptação às condições locais
 - Alta longevidade
 - Resistência às doenças
- Adoção de práticas de criação que reforcem o sistema imunitário, tais como:
 - 1) Exercício regular
 - 2) Acesso permanente a áreas ao ar livre e a pastagens

IV.4. ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A AGRICULTURA BIOLÓGICA (ENAB)

Através do Despacho n.º 7665/2016 de 9 de junho de 2016, foi criado um Grupo de Trabalho com o objetivo de avaliar, preparar e apresentar uma ENAB e colocar em execução um Plano de Ação (PA) para a produção e promoção de produtos agrícolas e géneros alimentícios biológicos. A ENAB tem um horizonte temporal de 10 anos com avaliação e revisão intercalar ao fim de 5 anos (2022). Desta forma, em 2022 e em simultâneo com a revisão intercalar da ENAB, deverá ser definido um segundo Plano de Ação, para o período 2022-2027, coincidente com a vigência no novo programa de desenvolvimento rural.

A Estratégia integra assim, necessariamente, os princípios e orientações que deverão servir de base à definição do próximo Programa de Desenvolvimento Rural, no âmbito da Política Agrícola Comum pós 2020.

Constituem **Metas Estratégicas** as seguintes:

- 1) Duplicar a área de Agricultura Biológica, para cerca de 12 % da SAU (Superfície Agrícola Utilizada) nacional;
- 2) Triplicar as áreas de hortofrutícolas, leguminosas, proteaginosas, frutos secos, cereais e outras culturas vegetais destinadas a consumo direto ou transformação;
- 3) Duplicar a produção pecuária e aquícola em MPB (Modo de Produção Biológico), com particular incidência na produção de suínos, aves de capoeira, coelhos e produtos apícolas;
- 4) Duplicar a capacidade interna de transformação de produtos biológicos;
- 5) Incrementar em 50 % o consumo de produtos biológicos;
- 6) Triplicar a disponibilidade de produtos biológicos nacionais no mercado;
- 7) Reforçar a capacidade técnica em Agricultura Biológica, com duplicação do n.º de técnicos credenciados e o reforço da capacidade técnica específica do Estado;
- 8) Aumentar em pelo menos 20 % a capacidade de oferta formativa;
- 9) Criação de uma rede experimentação em Agricultura Biológica, com instalação de pelo menos, uma unidade experimental certificada, em cada Região Agrária do País;
- 10) Criação de um Portal “BIO” de divulgação, promoção de inovação e difusão de informação técnico-científica específica.

A ENAB, aprovada através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 110/2017, de 27 de julho de 2017, assenta em três eixos de ação (1 — Produção; 2 — Promoção e mercados e 3 — Inovação, Conhecimento e Difusão de Informação) e **cinco objetivos estratégicos**:

- i) Fomentar a expansão das áreas de Produção Biológica nos setores da Agricultura, da Pecuária e da Aquicultura, através da melhoria da sua viabilidade técnica e do reforço da sua atividade económica.

- ii) Aumentar a oferta de produtos agrícolas e agroalimentares obtidos em Produção Biológica, promovendo a sua competitividade e a sua rentabilidade comercial nos mercados interno e externo.
- iii) Desenvolver a procura de produtos biológicos, através da estruturação das fileiras, a abertura de novos mercados, a promoção da sua notoriedade, da sua disponibilidade e do reforço da confiança e credibilidade junto do consumidor.
- iv) Promover o conhecimento e elevar o nível de competências sobre a Agricultura e Produção Biológica nas condições edafo-climáticas específicas nacionais.
- v) Dinamizar a inovação empresarial e a disponibilidade de informação estatística, de mercado e de apoio técnico à produção agrícola, pecuária e aquícola Biológica.

O Plano de Ação consubstancia os seus objetivos operacionais e determina um quadro de execução de médio e longo prazo.

IV.5. CONVERSÃO À AGRICULTURA BIOLÓGICA

O Regulamento (UE) 2018/848, no ponto 6) do seu artigo 3º, define «Conversão», como sendo a transição da produção não biológica para a produção biológica num determinado período durante o qual se aplicam as disposições do mesmo regulamento relativas à produção biológica. Assim, quando uma exploração agrícola pretende produzir produtos biológicos, deve passar por um período de conversão no decurso do qual deve ser gerida de acordo com as regras da produção biológica, ainda que os seus produtos não sejam, nesta fase, considerados biológicos. Apenas poderá colocar os seus produtos no mercado como produtos biológicos assim que este período de conversão tenha terminado e tenha sido efetuado um controlo. Após o período de conversão, qualquer exploração agrícola da UE que deseje passar para a produção biológica deve ser gerida em total consonância com os requisitos da produção biológica.

O regulamento permite ainda as explorações agrícolas paralelas (ou seja, não biológicas, em conversão e biológicas) desde que essas atividades estejam clara e genuinamente separadas.

Destacam-se algumas regras importantes:

- A) Os agricultores e os operadores que produzem algas ou animais de aquicultura cumprem um período de conversão. Durante todo o período de conversão, aplicam todas as regras em matéria de produção biológica estabelecidas no regulamento e, em especial, as regras aplicáveis à conversão estabelecidas no artigo 3º e no anexo II;
- B) O período de conversão tem início no momento em que o agricultor ou o operador que produz algas ou animais de aquicultura notifica as autoridades competentes da sua atividade no Estado-Membro em que esta for exercida e em que a exploração desse agricultor ou operador estiver sujeita ao sistema de controlo.
- C) Não pode ser reconhecido retroativamente qualquer período anterior como parte integrante do período de conversão exceto quando:
 - i) As parcelas de terreno do operador tenham sido objeto das medidas definidas num

programa aplicado em conformidade com o Regulamento (UE) nº 1305/2013 para garantir que não foram utilizados nessas parcelas de terreno produtos ou substâncias diversas dos autorizados na produção biológica;

- ii) O operador possa apresentar provas de que as parcelas de terreno tinham consistido em superfícies naturais ou agrícolas que, durante um período de pelo menos três anos, não tenham sido tratadas com produtos ou substâncias cuja utilização não é autorizada na produção biológica.
- D) Os produtos produzidos durante o período de conversão não podem ser comercializados como produtos biológicos nem como produtos em conversão;
- E) São definidos períodos de conversão específicos para cada tipo de cultura ou produção animal conforme definido, nas regras aplicáveis à conversão;
- F) Afim de determinar o período de conversão acima referido, pode ser tido em conta um período imediatamente anterior à data de início de período de conversão, desde que estejam reunidas certas condições. Em alguns casos excecionais e em função dos antecedentes das parcelas podese reduzir ou, pelo contrário, prolongar o período de conversão.

O período de conversão para o MPB é, em geral, de 2 a 3 anos, respetivamente para culturas anuais e perenes, e durante esse período os produtos não podem ser comercializados como provenientes de MPB. No entanto, deve referir-se à possibilidade de certificação de produtos vegetais ainda no decorrer da fase de conversão, a partir do final do primeiro ano de conversão (12 meses). Durante o segundo ou terceiro ano de conversão, deverá estar indicado “conversão à agricultura biológica” na rotulagem e/ou publicidade dos produtos a colocar no mercado (Serrador, 2009).

Não é obrigatório que o agricultor tenha de proceder à conversão de todas as parcelas ao mesmo tempo. No entanto, tem de definir quais as culturas a produzir em Agricultura Biológica. A conversão de toda a exploração é mais simples do que converter apenas parte desta. É permitido converter parte da exploração, mas para uma parcela ser convertida esta deve constituir uma área contígua de terrenos e não de terrenos dispersos.

Para que a etapa da conversão para a Agricultura Biológica tenha êxito, deve ser minimamente planeada e exposta num “plano de conversão”, realizado de acordo com uma avaliação prévia da exploração agrícola:

- a) Avaliação do terreno, da cultura e dos registos;
- b) Observação visual da(s) cultura(s), se for o caso (ex.: sintomas de carências, desenvolvimento, homogeneidade);
- c) Observação do perfil do solo (ex.: camadas, compactação, circulação da água, coloração, pedregosidade);
- d) Observação da superfície do solo (ex.: formação de crosta, tipo e aspeto da vegetação espontânea);
- e) Recolha de amostras de terra (e, eventualmente, de material vegetal) para análise laboratorial;

f) Histórico das produções, das fertilizações e dos tratamentos fitossanitários.

Neste plano, devem constar as medidas técnicas que vão ser implementadas de modo a:

- i) Melhorar a fertilidade do solo e a sua diversidade biótica;
 - ii) Diversificar o agro-sistema procurando um maior equilíbrio na gestão das pragas tendo por base:
- A) O resultado das análises (solo e material vegetal): quais as correções minerais (calcário, fósforo, potássio, enxofre ou outros) a efetuar; estes resultados irão contribuir para o estabelecimento de um plano de fertilização onde constam os fertilizantes a aplicar (tipo e quantidade) bem como as épocas de aplicação.
 - B) A incorporação de matéria orgânica, como principal fonte de fertilizantes, preferencialmente após o processo de compostagem;
 - C) Evitar o recurso a alfaías que promovam reviramentos profundos ou a destruição dos agregados;
 - D) O planeamento de rotações apropriadas à exploração;
 - E) A proteção do solo com cobertos herbáceos ou com coberturas vegetais mortas;
 - F) O recurso à adubação verde;
 - G) Reciclar a matéria orgânica produzida na parcela (nunca queimar).

No que respeita à produção animal biológica, quando tiverem sido introduzidos numa exploração animais de criação não biológica, para que os produtos animais possam ser vendidos como produtos biológicos as regras de produção em MPB devem ter sido aplicadas de acordo com os períodos referidos na Tabela 4.

Espécie Animal			Período de Conversão
Algas			6 meses
Aquicultura	Instalações que não possam ser esvaziadas, limpas e desinfetadas		24 meses
	Instalações que tenham sido esvaziadas ou sujeitas a vazio sanitário		12 meses
	Instalações que tenham sido esvaziadas, limpas e desinfetadas		6 meses
	Instalações em águas abertas, incluindo as utilizadas para a produção de moluscos bivalves		3 meses
Aves de Capoeira destinadas à produção de carne*		Patos de Pequim	7 semanas
		Restantes	10 semanas
Aves de Capoeira destinadas à produção de ovos*			6 semanas
Coelhos			3 meses

Espécie Animal	Período de Conversão
Cervídeos	12 meses
Apicultura	12 meses

(*) Introduzidos na exploração com menos de três dias

Tabela 4 - Períodos de conversão de espécies de animais | Fonte: Regulamento (UE) 2018/848, do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018

Quando estiverem presentes na exploração no início do período de conversão animais de criação não biológica, os respetivos produtos podem ser considerados biológicos se a conversão for feita simultaneamente para toda a unidade de produção, incluindo animais, pastagens e/ou quaisquer terras utilizadas para a alimentação animal.

A produção animal em Agricultura Biológica, rege-se pelo Regulamento (UE) 2018/848, do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, através dos artigos 2º, aplica-se a produtos “produzidos, preparados, rotulados, distribuídos, colocados no mercado, importados para a União Europeia ou exportados a partir da União Europeia”, nomeadamente: “Produtos agrícolas vivos ou não transformados”

IV.6. TÉCNICAS DE PRODUÇÃO EM AGRICULTURA BIOLÓGICA

IV.6.1. PARTE VEGETAL

IV.6.1.1. O SOLO E OS NUTRIENTES

Em agricultura biológica alimenta-se o solo para alimentar a cultura, de forma a manter e a melhorar a sua fertilidade.

Um solo agrícola, para ter uma fertilidade média e adequada à maioria das culturas, deve ter um teor de húmus de, pelo menos 3 %, o que é classificado como “médio” (3 % a 3,5 % em culturas de ar livre). Um teor considerado alto é de 4,5 % a 6 % e, muito alto, maior que 6 % (Ferreira, 2021a).

A fertilidade do solo é a capacidade que o solo tem em fornecer os nutrientes essenciais, tanto em quantidade como em proporção adequadas, para o crescimento das plantas. A fertilidade do solo depende da sua composição e das interações entre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Na agricultura biológica é feito sempre um esforço em melhorar estas propriedades para estabelecer um solo saudável e isto é possível através:

- Rotações;
- Consociações;
- Inclusão de leguminosas e/ou culturas para sideração;
- Incorporação nos solos de compostos, ou outros fertilizantes permitidos em AB;
- Mobilização do solo de forma a manter ou melhorar a sua estrutura;
- Cobertura do solo o máximo de tempo dentro da rotação de culturas.

As propriedades físicas do solo: estrutura, densidade aparente e porosidade, capacidade de armazenamento, infiltração e drenagem da água, textura e resistência à compactação; afetam o crescimento e a proliferação das raízes e influenciam a disponibilidade de nutrientes. Neste sentido, deve-se recorrer de preferência a mobilizações pouco profundas, que poderão conservar a matéria orgânica do solo, mas as lavouras poderão também ser necessárias, particularmente quando se pretende que o solo fique mais solto e arejado. Deve-se evitar mobilizações profundas quando o solo está encharcado para evitar a compactação do terreno, ou quando existe o risco de transportar pedras e material grosseiro para a superfície do solo (Mourão, 2007).

Gestão do solo

As preocupações com a fertilidade do solo englobam medidas, que deverão funcionar devidamente integradas:

- I) Medidas de controlo da erosão, uma vez que a erosão é um dos principais fatores responsáveis pela perda de fertilidade do solo;
- II) Mobilizações do solo (tipo, máquinas, frequência, objetivo). As mobilizações do solo devem ser bem planeadas e reduzidas a um mínimo, de acordo com as condições existentes. As más técnicas de mobilização provocam no solo, entre outros efeitos:
 - Redução no nível de matéria orgânica (por aceleração da sua mineralização);
 - Degradação da estrutura (destruição da sua agregação);
 - Distúrbios na vida microbiana e na sua capacidade de decomposição e humificação da matéria orgânica.

O reviramento das camadas provocado pelas lavouras é prejudicial para a atividade biológica do solo e o uso repetido da charrua provoca o aparecimento de camadas compactas (calo de lavoura) que dificultam o desenvolvimento das raízes. As lavouras são de evitar, devendo ser efetuadas, quando estritamente necessários e, apenas, até uma profundidade de 20 a 30 cm.

Deve evitar-se o recurso à fresa, dado que destrói os agregados do solo, contribuindo, assim, para a diminuição da fertilidade do solo.

- III) Utilização de matéria orgânica dos animais de pecuária biológica

O estrume fresco é um excelente fertilizante em AB, uma vez que, fornece nutrientes e matéria orgânica, e estimula os processos biológicos no solo contribuindo para melhorar a fertilidade.

No entanto, estrumes e chorumes provenientes de pecuárias intensivas sem terra não são permitidos.

Com vista a evitar a poluição ambiental de recursos naturais, tais como o solo e a água, por nutrientes, está estabelecido um limite máximo para o estrume a utilizar por hectare. Este limite está relacionado com o teor de azoto do estrume. Assim, a quantidade total de estrume animal aplicada na exploração não pode exceder 170 kg de azoto por ano

e por hectare de superfície agrícola utilizada (SAU). Este limite é apenas aplicável a estrume, estrume seco e estrume de aves de capoeira desidratado, excrementos compostados de animais, incluindo estrume de aves de capoeira, estrume compostado e excrementos líquidos de animais.

Uma gestão cuidadosa permite um retorno máximo a partir de nutrientes provenientes de estrumes, chorumes e compostos, minimizando perdas gasosas e por lixiviação.

Para obter melhores resultados é importante aplicar estrume quando a absorção pela cultura é mais elevada e as perdas menores. As perdas de amónio na aplicação podem ser reduzidas até 90 %, se se incorporar o chorume após 6 horas da aplicação e o estrume após 24 horas.

Evitar aplicações no outono e no inverno e, se for aplicado estrume em terra mobilizada, deve-se incorporá-lo o mais rápido possível para minimizar as perdas.

IV) Gestão dos resíduos das culturas

Os resíduos das culturas constituem uma excelente fonte de incorporação de matéria orgânica no solo, fornecendo nutrientes, alimento e energia aos microrganismos do solo (estimulando assim, a atividade microbiana), a sua incorporação permite a retenção de água e previne a degradação da estrutura do solo.

Os resíduos das culturas incluem raízes e restos de culturas como a palha.

Nos pomares, olivais e vinhas, a lenha de poda (isenta de doenças) deve ser triturada podendo ficar à superfície (Figura 2), ou ser incorporada com uma ligeira gradagem.

Os resíduos urbanos não são permitidos em agricultura biológica.



Figura 2 - Resíduos de lenha de poda

Ao aplicarmos ao solo os sobrantes das culturas, os adubos verdes, as ervas espontâneas, os fertilizantes orgânicos da própria exploração, bem como os fertilizantes minerais de ação lenta, estamos a alimentar o solo, que por sua vez alimenta a cultura (Ferreira,

2021a).

Os nutrientes minerais são absorvidos, principalmente, pelas raízes das plantas a partir do solo, exceto o C, O e H que são absorvidos a partir do ar e da água. Consideram-se essenciais para o crescimento das plantas todos os nutrientes minerais que:

- i) Na sua ausência a planta seja incapaz de completar o seu ciclo de vida;
- ii) Possuam uma função na planta que não pode ser substituída por outro elemento mineral;
- iii) Estejam envolvidos diretamente no metabolismo da planta.

Os **nutrientes minerais considerados essenciais** são: Azoto (**N**); Fósforo (**P**); Potássio (**K**); Cálcio (**Ca**); Magnésio (**Mg**); Enxofre (**S**); Cloro (**Cl**); Boro (**B**); Molibdénio (**Mo**); Ferro (**Fe**), Zinco (**Zn**), Manganês (**Mn**); Cobre (**Cu**); e Níquel (**Ni**).

Os elementos minerais absorvidos pelas plantas que podem beneficiar o crescimento, tais como o sódio (**Na**), o silício (**Si**), o cobalto (**Co**) e o alumínio (**Al**) não são essenciais sendo considerados como elementos benéficos.

Os **macronutrientes** são todos os elementos que as plantas necessitam em maiores quantidades (ainda que variável entre diferentes culturas), e mesmo quando presentes em excesso, não lhes causam intoxicação.

Os **macronutrientes principais** incluem o **N**, **P** e **K**. Recebem esta designação porque são absorvidos em quantidades elevadas e, por isso, os seus teores disponíveis nos solos são na maior parte dos casos insuficientes, havendo necessidade de recorrer à sua aplicação sobre a forma de fertilizantes.

Os **macronutrientes secundários** incluem o **Ca**, **Mg** e **S**. São nutrientes que embora absorvidos em quantidades relativamente elevadas normalmente existem nos solos em teores suscetíveis de dispensar a sua aplicação sob a forma de adubos inorgânicos.

Os **micronutrientes**, são nutrientes que as plantas absorvem em quantidades reduzidas, podendo causar-lhes intoxicação quando absorvidos em excesso. São considerados as vitaminas das plantas e incluem os seguintes elementos: **Fe**, **Mn**, **Zn**, **Cu**, **Ni**, **Mo** e **B**. As plantas para crescer requerem uma concentração mínima de cada nutriente que varia com a espécie e o ambiente (Mourão, 2007).

Os fertilizantes permitidos em AB podem ser consultados em: https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/val/mpb/Materias_Fertilizantes_para_utilizacao_MPB.pdf

“Fertilizantes” em <https://www.dgadr.gov.pt/agricultura-e-producao-biologica>

IV.6.1.2. A ÁGUA

A qualidade da água de rega é importante para o solo e para as culturas. O conhecimento prévio da qualidade da água é fundamental já que certas espécies de plantas são mais sensíveis que outras à presença de alguns sais. Permite também atuar no solo para corrigir eventuais

problemas (Ferreira, 2009).

As águas de má qualidade podem provocar salinização do solo, diminuição da sua permeabilidade e toxicidade para as culturas. O excesso de elementos nutritivos, principalmente o azoto (nitratos), o cálcio e o magnésio, fornecem nutrientes às culturas e devem ser tidos em conta nos cálculos de fertilização (Ferreira, 2009).

A realização de análises à água de rega constitui-se como uma medida essencial, sendo que, a qualidade da água bem como os nutrientes por ela veiculados é importante para se perceber se a sua utilização pode interferir no solo e se definirem as quantidades de nutrientes a aplicar. A análise química e microbiológica deve ser feita periodicamente. A primeira (análise química) tem mais importância no que diz respeito ao efeito da água no solo e na cultura. A segunda (análise microbiológica) condiciona principalmente a qualidade do alimento, principalmente no caso dos legumes consumidos em fresco (Ferreira, 2009).

A amostra de água deve, preferencialmente, ser colhida no cabeçal de rega, após ter passado os filtros, numa zona do sistema não contaminada por adubos ou corretivos da água. Deve realizar-se cerca de meia hora após o início da bombagem da água.

No caso de águas superficiais em movimento (rio, canal, etc.), a amostra deve ser colhida onde a corrente seja normal, evitando remoinhos ou zonas de água estagnada. Colher a amostra a cerca de 30 cm de profundidade e, se possível, no centro da corrente. Colocar o recipiente no sentido contrário ao da corrente e evitar a entrada de materiais flutuantes.

A colheita das amostras de água deve realizar-se antes de se iniciar a época de rega, embora se possa efetuar em qualquer época do ano.

Recomenda-se que a periodicidade da colheita das amostras seja de 4 anos, desde que não haja restrições ao uso da água. Nas zonas vulneráveis a determinação do teor de nitratos da água deve realizar-se anualmente.

Nos casos em que a amostra apresente valores de alguns parâmetros que excedam os limites máximos recomendados pela legislação em vigor, a monitorização desses parâmetros deve ser feita anualmente.

A água é um bem escasso. As práticas culturais adotadas na agricultura biológica favorecem o aumento do teor e da estabilidade da matéria orgânica no solo, a melhoria da sua estrutura e o aumento da retenção de água. No entanto, a boa gestão da água de rega é essencial pelo que deve ser estabelecido um plano de rega a nível da exploração agrícola e o produtor deve procurar seguir o Código de Boas Práticas Agrícolas (<https://www.dgadr.gov.pt/diretiva-nitratos/codigo-boas-praticas-agricolas>) no que se aplica à produção biológica. Deve promover-se uma gestão eficiente da água. Uma gestão da água que permita o correto fornecimento de água às plantas e minimize as perdas, é essencial para prevenir a poluição dos solos e das águas superficiais e/ou subterrâneas com nitratos em culturas de regadio. A escolha do método de rega deve ter em consideração as características do solo, a qualidade e quantidade de água para rega, as condições climáticas, a cultura e fase do ciclo vegetativo da mesma requerendo, para tal, um conhecimento profundo do solo (infiltração e retenção) e dos sistemas de rega a adotar.

É importante instalar um contador exclusivo que permita monitorizar a quantidade de água fornecida à parcela.

IV.6.1.3. ROTAÇÕES E CONSOCIAÇÕES

A rotação de culturas é o principal mecanismo para gerir a disponibilidade de nutrientes em agricultura biológica (Costa, 2016). A rotação é uma sucessão de culturas que seguem uma ordem determinada, ao longo de um dado número de anos, sobre uma mesma parcela. Obriga à divisão do terreno em folhas de cultura (afolhamento), em número igual ao dos anos da rotação, de forma a que em cada ano, todas as culturas da rotação sejam cultivadas. Se a dimensão das parcelas justificar, pode utilizar-se a rotação em faixas. Na rotação em faixas pratica-se a consociação de culturas que tem múltiplas vantagens do ponto de vista sanitário, e pode incluir o sistema de faixas de compensação ecológica que, tal como as bordaduras e as sebes, se utilizam para aumentar a diversidade e atrair insetos auxiliares. No entanto, este sistema pode tornar-se mais dispendioso a nível de práticas culturais específicas de cada cultura. Na Figura 3 apresenta-se o esquema de uma rotação com afolhamento e de uma rotação em faixas (Mourão, 2007).

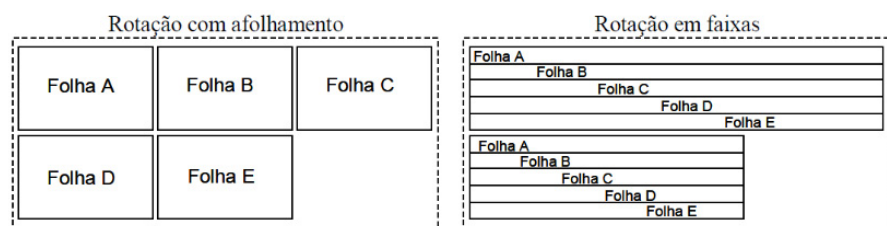


Figura 3 - Rotação com afolhamento (esquerda) e rotação em faixas (direita)

Sendo adequada às condições de solo e clima, a rotação de culturas possibilita o aumento da fertilidade do solo e melhoria da fertilização das culturas, uma melhor utilização da água e dos nutrientes minerais do solo, um menor risco de incidência de pragas e doenças, um controlo preventivo de infestantes, um aumento da biodiversidade e uma maior diversidade de produtos hortícolas disponíveis, para os quais existem oportunidades de mercado, que devem ser previamente avaliadas (Ferreira, 2009; Mourão, 2007). Em culturas hortícolas é muito usual o recurso a rotação em faixas (Figura 4).



Figura 4 - Culturas hortícolas em faixas

Numa rotação (Costa, 2016), cada cultura traz efeitos benéficos à cultura seguinte, tendo como efeito consecutivo uma melhor produção. Em termos de gestão da fertilidade do solo, há duas fases básicas da rotação. A primeira fase é a fase de armazenamento de azoto (culturas melhoradoras), com base na utilização de espécies leguminosas. A segunda é a fase exploradora. Estas duas fases devem ser equilibradas relativamente à necessidade de

nutrientes das culturas e à sua disponibilidade. O azoto acumulado no solo durante a primeira fase (armazenamento de azoto) é disponibilizado para as plantas através da mineralização, durante a segunda fase. Em agricultura biológica pretende-se, ainda, aumentar o teor de matéria orgânica do solo de modo a melhorar a sua fertilidade e estrutura. As diferentes espécies têm, também, diferentes capacidades de extrair os nutrientes do solo, de acordo com as suas necessidades. As leguminosas extraem melhor o fósforo, as crucíferas e as solanáceas o potássio. Quando do estabelecimento de uma rotação, a quantidade de nutrientes retirada pela cultura (exportação) deve ser tida em conta, uma vez que irá permitir alternar culturas com diferentes exigências. Na Tabela 5 pode observar-se a classificação de algumas culturas quanto à sua exigência em azoto.

Muito exigente (>120 kg/ha)	Exigente (75-120 kg/ha)	Pouco exigente (<75 kg/ha)	Melhoradora (leguminosa)
Acelga	Aboborinha	Aipo-rábano	Ervilha
Agrião	Alcachofra	Arroz	Ervilhaca
Aipo-branco	Alface	Aveia	Fava
Alho	Alho-francês	Cerefólio	Feijão
Beringela	Cardo	Melão	Grão-de-bico
Batata	Cebola		Lentilha
Beterraba-de-mesa	Cebolinho		Luzerna
Couve-de-Bruxelas	Cenoura		Trevos
Couve-flor	Centeio		Outras leguminosas
Couve-repolho	Cevada		
Endívia	Chicória		
Espargo	Escarola		
Milho	Espinafre		
Morango	Nabo		
Tabaco	Pepino		
Tomate	Pimento		
	Rabanete, rábano		
	Trigo		

Nota: Os valores indicados referem-se às exportações para produções médias.

Tabela 5 -Classificação das culturas quanto à sua exigência em azoto | Fonte: Ferreira, 2021a

No que respeita à proteção fitossanitária e à sensibilidade a pragas e doenças, é importante saber quais as pragas e doenças a que cada cultura é mais suscetível por um lado, e por outro, quais as pragas e doenças que podem manter-se no solo por mais ou menos tempo.

Geralmente uma doença ou praga ataca diferentes plantas da mesma família botânica e não de família diferente constituindo, este, um dos critérios que permite colocar as culturas na rotação na ordem certa, mesmo não conhecendo todas as doenças e pragas a que as culturas estão sujeitas. No entanto, existem algumas exceções como seja o caso dos nemátodes das galhas que atacam tomate, pepino e melão (Ferreira, 2009). Na Tabela 6 é indicado o risco de nemátodes, fungos e insetos, consoante a cultura precedente.

Cultura	Precedente cultural (Culturas de 1. Batata a 19. Cereais)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1. Batata	AC	A	A	A	A			A	A	A	A		A	A	A	A	A		
2. Morango	A	AC	A	A	A			A	A	A	A		A		A	A			
3. Chicória frizada	A	A	AC	C	A		C	AC	C	A	HR		A	N		A	AC	H	
4. Pepino	AC	A	C	AC	A		C	A	AC	A			C	A	A	A	C	H	
5. Beterraba	AC	A	A	A	AC	AC		A	A	A		C	A	A		A	A		D
6. Couves					A	AC	A					RC		A					
7. Feijão			C	C		A	AC	AC	C	A			C	R	AC	A	C	H	
8. Ervilha	A	A	AC	AC	AS		AC	AC	AC		A		AC	A	A	A	A		
9. Aipo-rábano	A	A	C	AC			AC	AC	AC	AC			C	A	A	A			
10. Cenoura	AC	A	A	A	A	A	A	A	A	C			A	A	A	A	A		
11. Alho francês	A	A									C				A	C		H	
12. Rabanete	C				A	RC		A				RC		RC					
13. Alface	A	A	AC	C	A		C	A	C	A	HR		AC	N		A	AC	H	
14. Espinafre	A	HR		A	A			A	A	A	HR			AC	A	A	A	H	
15. Fava	A	A	C	A			AC	AC	A	A				A	AC	A			
16. Cebola	A	A	A	A	AS		A	AD	A		C		A	A	A	CA	A		
17. Endívia	AN		AC	C	A	N	CN	A	CN	AN		RN	A	N	CN	A	AC	N	
18. Milho										A						A			AD
19. Cereais								A									HR		C

Legenda: Importância e natureza do risco

Verde-escuro : Forte risco de estragos;

Verde-claro : estragos eventuais;

Para os parâmetros em questão:

A – Nemátodos;

C – Fungos;

D – Insetos;

H – Efeito residual de herbicida (em período de conversão);

N – Efeito residual do azoto (em período de conversão);

R – Risco só no caso de sucessão das culturas no mesmo ano.

Tabela 6 - Risco de nemátodes, fungos e insetos para as principais culturas hortícolas de ar livre, consoante a cultura precedente | Fonte: Ferreira, 2021b

Seguem-se algumas recomendações genéricas para o estabelecimento de uma rotação de produtos hortícolas (Mourão, 2007; Ferreira, 2009):

- 1) Não suceder plantas da mesma família;
- 2) Manter um intervalo mínimo de 5 anos para plantas sensíveis à mesma doença se

presente no solo (ex. *Rhizoctonia solani*, que ataca as culturas de cenoura, beterraba, endívia, morangueiro, tomateiro e luzerna);

- 3) Introdução de uma cultura leguminosa como fonte de azoto;
- 4) Introdução de um adubo verde, que contribui para a melhoria da estrutura do solo, para a limitação de plantas infestantes e para o fornecimento de nutrientes;
- 5) Um afolhamento deve integrar pelo menos 20% da superfície total com adubo verde ou prados, que incluam plantas leguminosas;
- 6) Suceder plantas com sistemas radiculares diferentes;
- 7) Suceder plantas que desenvolvem órgãos diferentes, pois apresentam diferentes exigências em nutrientes, como as culturas de folhas que são muito exigentes em azoto (**N**), as culturas de leguminosas em fósforo (**P**), as culturas de raízes em potássio (**K**) e as bolbosas em K e enxofre (**S**).

Na Tabela 7 são indicadas para várias culturas agrupadas por famílias, as culturas precedentes a evitar e as precedentes favoráveis.

Família/Cultura	Precedente favorável	Precedente a evitar	Observação
Compostas: Alface, alcachofa	Alho, alho-francês, batata, cebola	Alface, beterraba, couve, nabo, rábano	
Crucíferas: Couves, nabo, rábano	Alho, alho-francês, cebola, espinafre	Abóbora, aipo, cenoura, couves, feijão, melão, nabo, pepino, tomate	Rotação 5 anos
Cucurbitáceas: Melão	Alho, alho-francês, cebola	Abóbora, melancia, melão, pepino	Rotação de 7 anos aconselhável
Gramíneas:			
Aveia	Batata, beterraba, couve, milho, trigo	Aveia, cevada, leguminosas	
Centeio	Aveia, batata, centeio, cevada, leguminosas, linho, mostarda	Beterraba, couve, milho	
Cevada	Batata, beterraba, couve, milho	Aveia, cevada, luzerna, trevo, violeta, trigo*	*Risco de doenças
Milho	Aveia, beterraba, couve, linho	Milho* batata**	* Risco de doenças **Risco de alfinetes
Trigo	Aveia, batata, leguminosas, linho, mostarda	Cevada, trigo	
Leguminosas: Ervilha, fava, feijão	Alho, alho-francês, cebola	Ervilha, fava, feijão	Rotação 4-5 anos para fava e ervilha, 2-3 anos para feijão
Aliáceas: Alho, alho-francês, cebola	Crucíferas, cucurbitáceas, leguminosas, solanáceas	Alho, alho-francês, beterraba, cebola, milho	Rotação 7 anos
Solanáceas: Batata, beringela, pimento, tomate	Alho, alho-francês, cebola	Abóbora, batata, beringela, melão, pepino, pimento, tomate	Rotação 3-4 anos
Apiáceas: Aipo, cenoura	Alho, alho-francês, cebola, milho	Aipo, beterraba, cenoura	Rotação 3 anos

Tabela 7 - Culturas, precedentes favoráveis e desfavoráveis | Fonte: Ferreira, 2021a

As consociações ou associações de culturas, são sistemas de policultura em que duas ou mais espécies de plantas estão suficientemente próximas para que haja uma competição ou complementaridade entre elas (Figura 5).



Figura 5 - Consociação funcho rúcula
Fonte: André Oliveira

Estas interações podem ter efeitos negativos (inibidores) ou positivos (estimulantes). Numa consociação positiva verifica-se um melhor combate às pragas (insetos e ácaros), menos ervas infestantes devido ao sombreamento ou alelopatia e uma melhor utilização dos nutrientes do solo com possibilidade de aumento da produtividade (Ferreira, 2009). Algumas consociações positivas podem deixar de o ser em presença de uma praga que ataque ambas as culturas (ex. milho+batata – ambas as culturas são atacadas por alfinetes - *Agriotes spp*).

As consociações entre gramíneas e leguminosas são as mais comuns; no entanto, muitas outras podem ser utilizadas em agricultura biológica. O azoto fixado pelas leguminosas beneficia a cultura não-leguminosa que está presente na consociação.

IV.6.1.4. ADUBAÇÃO VERDE

A adubação verde ou sideração é uma prática cultural que consiste no cultivo de plantas destinadas a ser incorporadas no solo, em verde, com o objetivo de fertilizar o solo e a cultura seguinte, sendo normalmente constituída por espécies da família das Leguminosas (Fabaceas), por uma consociação destas com Gramíneas (Poáceas) ou por plantas de outras famílias (por exemplo Brássicas, ex. Crucíferas). As Leguminosas fornecem principalmente azoto (fixação biológica do azoto atmosférico devido à relação de simbiose com as bactérias *Rhizobium*) e as Gramíneas fornecem matéria orgânica (contribuindo para o húmus do solo). As espécies de plantas utilizadas tomam a designação de adubos verdes. O recurso a esta prática, em agricultura biológica, assume um papel muito importante no aumento do teor de matéria orgânica e de nutrientes no solo.

Na Tabela 8 enumeram-se as famílias botânicas e as principais espécies que se utilizam nesta técnica:

Família botânica	Espécies (nome vulgar)
Leguminosas	Ervilha forrageira, ervilhaca, luzerna, serradela, tremocilha, tremoço branco, fava e trevo (subterrâneo, branco, encarnado e violeta)
Gramíneas	Aveia, azevém anual, bromus, centeio, cevada, panasco, sorgo e trigo sarraceno
Crucíferas	Colza forrageira, couve forrageira, mostarda e rábano forrageiro

Tabela 8 - Famílias botânicas e principais espécies utilizadas na técnica de adubação verde

Para além da fixação biológica do azoto, a adubação verde apresenta outras vantagens (Ferreira, 2021b; Mourão, 2007):

- Proteção contra a erosão: a cobertura do solo diminui o escoamento superficial, pois aumenta a penetração da água, diminui o impacto das gotas de chuva e fixa o solo através das raízes;
- Aumento da fertilidade do solo: além do aumento do azoto verifica-se o aumento da disponibilidade de outros nutrientes minerais na camada superficial do solo, pois as raízes de muitas plantas utilizadas como adubo verde extraem nutrientes num maior volume de solo;
- Aumento da disponibilidade de fósforo, que se encontrava em formas não solúveis no solo, nomeadamente através da acidificação que ocorre devido aos exsudados radiculares e à decomposição do adubo verde;
- Melhoria da estrutura do solo: os microrganismos do solo decompõem o material vegetal presente libertando substâncias orgânicas que agregam as partículas do solo que, por sua vez, irão contribuir para a melhoria da porosidade do solo, da capacidade de retenção de água, do crescimento das raízes e da absorção de nutrientes;
- Retenção de nutrientes do solo em períodos de chuva evitando a lixiviação e contaminação das águas subterrâneas;
- Produção de matéria orgânica para o solo (fotossíntese pela planta e humificação pelos organismos decompositores do solo);
- Aumento da atividade biológica do solo quando da incorporação do adubo verde;
- Desinfecção parcial do solo devido ao desenvolvimento de microrganismos decompositores e antagonistas de doenças;
- Controlo de infestantes pelo efeito de ensombramento e de competição que limita a germinação e o crescimento de muitas infestantes;
- Incremento da fauna auxiliar: proporciona abrigo e alimento;
- Limitação natural de pragas;
- Produção de mel pelo alimento disponível para as abelhas à floração.

A eficiência da fixação de azoto é variável com o rizóbio, a leguminosa e as condições de solo e clima. O rizóbio existe naturalmente no solo, mas com uma distribuição heterogénea

variável com diversas condições (humidade e presença ou ausência de minerais – fósforo, potássio, cálcio...) assim como, com o cultivo, anterior, de leguminosas pelo que pode ser necessário proceder à inoculação das sementes com determinada estirpe de rizóbio. A capacidade de fixação de azoto por hectare varia de espécie para espécie de leguminosa sendo, por exemplo, de 177-250 kg/ha/ano para a fava e de 2-215 kg/ha/ano para o feijão comum, (Ferreira, 2021b).

Para o sucesso da adubação verde há que ter em atenção:

- Época de realização de acordo com as características das plantas que se vão utilizar e evitando os períodos de maior risco de erosão;
- A inoculação das sementes com o *Rhizobium* específico, caso seja a primeira vez que a leguminosa entra no terreno, misturando-se as sementes com o inóculo adquirido comercialmente;
- Fertilizar o solo com fósforo, potássio ou outros nutrientes se necessário;
- Utilizar a dose de sementeira recomendada para cada espécie;
- Semear a uma profundidade diretamente proporcional ao tamanho da semente;
- Semear e manter a humidade no solo necessária à germinação das sementes;
- Destroçar as plantas no início da floração, evitando a formação de sementes (Figura 6).



Figura 6 - Faveira em plena floração (A). Destroçamento com destroçador de correntes (B)
Fonte: Rosa Guilherme

- Aguardar um breve período de secagem à superfície e incorporar superficialmente, de modo a evitar a falta de oxigénio necessário à decomposição. As plantas após o corte podem permanecer à superfície do solo como cobertura vegetal. (Figura 7)



Figura 7 - Incorporação com grade de discos | Fonte: <https://planetabiologia.com/a-importancia-do-solo-e-a-agricultura/>

- i) Semear ou plantar 3-4 semanas após a incorporação.

De forma resumida, um bom trabalho de sideração consistirá em passar um corta-mato de correntes ou facas, ou um destroçador de martelos, deixar secar durante cerca de 3 dias sobre o terreno e só depois efetuar um ligeiro enterramento (até 10 cm) com grade de discos. Duas a quatro semanas após efetuar uma escarificação a 10 cm de profundidade. Ter em atenção que, em culturas anuais, o adubo verde é um precedente cultural da cultura principal pelo que, de forma geral, o procedimento descrito deve ser realizado cerca de um mês antes da sementeira ou plantação da cultura que se pretende beneficiar.

IV.6.1.5. COBERTURA DO SOLO

A cobertura do solo pode ser feita com materiais vivos (culturas de cobertura) ou com recurso a materiais não vivos de origem vegetal (palha, ervas secas, casca de árvores, engaço de uva, entre outros) ou de origem sintética (plástico; telas têxteis). Na Tabela 9 enumeram-se as vantagens e os inconvenientes da cobertura do solo.

Vantagens da cobertura do solo	Combate às ervas infestantes
	Diminuição da evaporação de água
	Fornecimento de nutrientes à cultura
	Manutenção do solo, evitando a erosão
	Melhoria da estrutura e da permeabilidade do solo
	Melhoria da absorção de nutrientes
	Incremento da biodiversidade do solo
	Maior facilidade de circulação de máquinas
Inconvenientes da cobertura do solo	Aumento do risco de geada
	Maior possibilidade e propagação de doenças ao nível do solo
	Aumento da população de ratos
	Custo do material a aplicar
	Exigência em mão de obra na colocação do material

Tabela 9 - Vantagens e os inconvenientes da cobertura do solo

Culturas de cobertura – enrelvamento

Uma cultura de cobertura é semeada normalmente durante os períodos em que o solo não está ocupado com outras culturas, no mínimo durante 2-3 meses, destinando-se ou não a ser colhida e apresentando como grande vantagem a diminuição da lixiviação de azoto (particularmente em períodos com elevados valores de precipitação). Para além das culturas Leguminosas (Fabaceas), as culturas mais utilizadas incluem o trigo sarraceno, aveia, azevém anual, colza e rábano forrageiro podendo ser usadas em consociação ou em cultura estreme. O solo pode ficar coberto todo o ano ou apenas num determinado período destacando-se como benefícios:

Proteção da erosão – os ventos e chuvas fortes de inverno são especialmente destrutivas, arrastando pequenas partículas de solo. A presença de uma fina camada de plantas de cobertura protege o solo do vento e as suas raízes contribuem para a fixação do solo.

Eliminação de infestantes – o enrelvamento presente na parcela durante uma grande parte ou todo o ano pode eliminar o aparecimento de infestantes anuais ou perenes. De entre as gramíneas, o azevém anual apresenta propriedades alelopáticas¹ que previnem a germinação de sementes de outras espécies e o aparecimento de plântulas em toda a zona do seu sistema radicular.

Fixação de azoto – as leguminosas promovem a fixação do azoto atmosférico favorecida pela relação simbiótica com diferentes estirpes de *Rhizobium*.

Melhoria da estrutura do solo – os sistemas radiculares exsudam substâncias gelatinosas que ajudam a agregar as partículas do solo, melhorando a sua estrutura. As gramíneas são excecionalmente eficientes neste aspeto.

Redução de pragas – o enrelvamento facilita o desenvolvimento de insetos auxiliares contribuindo, muitas vezes, para minimizar ou eliminar a necessidade de utilizar outros meios de luta. O enrelvamento permite, também, manter ou aumentar a matéria orgânica do solo o que promove a agregação do solo, a disponibilidade de nutrientes e a capacidade de retenção de água. Na Figura 8 podem ser observadas as principais caraterísticas das culturas de cobertura.

Características Gerais das Culturas de Cobertura

- Baixo preço das sementes
- Fácil incorporação
- Germinação rápida
- Crescimento rápido
- Competição com infestantes
- Capacidade de crescer em solos pobres em nutrientes

Figura 8 - principais caraterísticas das culturas de cobertura

A composição e durabilidade dos materiais utilizados são muito variáveis existindo várias opções inorgânicas e orgânicas.

Os *materiais inorgânicos* incluem vários tipos de materiais rochosos, vulcânicos, fibras têxteis, e outros materiais. Estes materiais não se decompõem e não precisam de ser substituídos frequentemente. Por outro lado, não contribuem para melhorar a estrutura do solo, disponibilizar matéria orgânica nem fornecer nutrientes. Por estas razões, muitos produtores biológicos preferem utilizar materiais de cobertura orgânicos.

Os *materiais orgânicos* incluem palhas, restos de madeira ou serradura, agulhas de pinheiros, cascas de madeira, fibra de coco, folhas, misturas de materiais, ou outros produtos normalmente de origem vegetal. Estes materiais decompõem-se a diferentes velocidades, em função do tipo de material, clima e comunidade de microrganismos presente. Como este processo de decomposição melhora a qualidade e fertilidade do solo, esta vantagem confere-lhe interesse ainda que a sua manutenção seja mais exigente.

Entre os principais tipos de materiais para cobertura do solo, referem-se:

i) *Filmes de plástico*, tem-se assistido a um uso extensivo e em constante expansão de

1 Alelopatia - capacidade de as plantas produzirem substâncias químicas que, libertadas no ambiente de outras, influenciam de forma favorável ou desfavorável o seu desenvolvimento.

filmes plásticos na agricultura (Figura 9), principalmente os de polietileno de baixa densidade, devido ao seu baixo custo, fácil manuseamento e propriedades elásticas. Como benefícios na sua utilização assinalam-se o aumento da temperatura e da conservação da humidade no solo, o aumento da precocidade e produtividade da cultura, a redução das infestantes, algumas pragas e doenças, a utilização mais eficiente de água e nutrientes no solo, a menor compactação do solo e a maior limpeza dos frutos e hortalças.



Figura 9 - Cobertura do solo com filmes de plástico preto

Apesar das vantagens, existem várias limitações ao uso de filmes plásticos, nomeadamente os custos de remoção, a eliminação/reciclagem dos plásticos utilizados e sobretudo as questões de índole ambiental. Contudo, pode-se optar pelo uso de filmes plásticos biodegradáveis minimizando os custos de remoção e eliminação. Os filmes de plástico preto apresentam um melhor efeito contra as plantas infestantes, em comparação com os filmes transparentes, pela redução da radiação solar transmitida e inibição da germinação.

- ii) *Tela têxtil*, a sua utilização na cobertura dos camalhões de diversas culturas hortícolas e permanentes é uma boa alternativa aos filmes plásticos não biodegradáveis uma vez que apresenta uma durabilidade média de 7 anos (Figura 10). Entre as principais vantagens na sua utilização considera-se o aumento da permeabilidade, a conservação da humidade do solo e a diminuição da erosão. Entre as desvantagens apontam-se a remoção e a eliminação/reciclagem.



Figura 10 - Tela Têxtil utilizada na cobertura do solo

- iii) *Papel ou cartão*, sem tintas pode ser utilizado na cobertura do solo em faixas, não apresentando qualquer problema de poluição ambiental. As principais vantagens desta técnica são a sua abundante disponibilidade e rápida biodegradabilidade. As desvantagens prendem-se com a suscetibilidade ao vento e à chuva, assim como o risco de incêndio.
- iv) *Cobertura vegetal*, consiste no revestimento do solo com palhas de cereais sem sementes (empalhamento/"*mulching*"²) ou outros resíduos vegetais como plantas infestantes cortadas e deixados à superfície do solo, resíduos das culturas, fetos, bagaços, matos, cascas, aparas de madeira ou folhas e ramos de árvores (Figura 11). As vantagens da cobertura vegetal/empalhamento são a limitação do desenvolvimento das infestantes pela obstrução à entrada de luz, o aumento da fertilidade e permeabilidade do solo, o aumento da incorporação de matéria orgânica e da biodiversidade, a diminuição da erosão e perdas de água por evaporação do solo e a estabilização da temperatura do solo.



Figura 11 - Exemplo de uma cobertura vegetal | Fonte: André Oliveira

As limitações da cobertura vegetal/empalhamento são a retenção de grandes quantidades de água no solo (onde o aumento da humidade contribui para o aparecimento de doenças) e a maior exigência de mão-de-obra na colocação do material e transporte, caso não seja produzido localmente. Algumas espécies vegetais podem ser produzidas especificamente para empalhamento, nomeadamente o centeio (*Secale cereale*), o trigo mourisco ou sarraceno (*Fagopyrum esculentum*), o sorgo (*Sorghum bicolor* subsp. *bicolor*) e o trevo-branco (*Trifolium repens*), pelo seu rápido crescimento e elevada produção de biomassa. O centeio é resistente ao frio e os seus resíduos produzem grande quantidade de substâncias com efeito alelopático que quando deixados à superfície do solo são lixiviadas e impedem a germinação de algumas sementes.

IV.6.1.6. CONTROLO DE ADVENTÍCIAS

Os termos infestante, erva daninha e flora adventícia são muitas vezes utilizados para designar plantas que se desenvolvem em locais onde não são desejadas. Lampkin (1990) define infestante como qualquer planta que está adaptada ao habitat alterado pelo homem e que interfere negativamente na sua atividade. As plantas infestantes apresentam-se como um dos maiores problemas para qualquer agricultor. Ao competirem com as culturas por água, nutrientes e luz as infestantes podem dar origem a perdas quantitativas e qualitativas na produção (Figura 12).

² Mulching" na língua inglesa. Camada protetora de um material orgânico ou inorgânico que é colocado à superfície do solo.

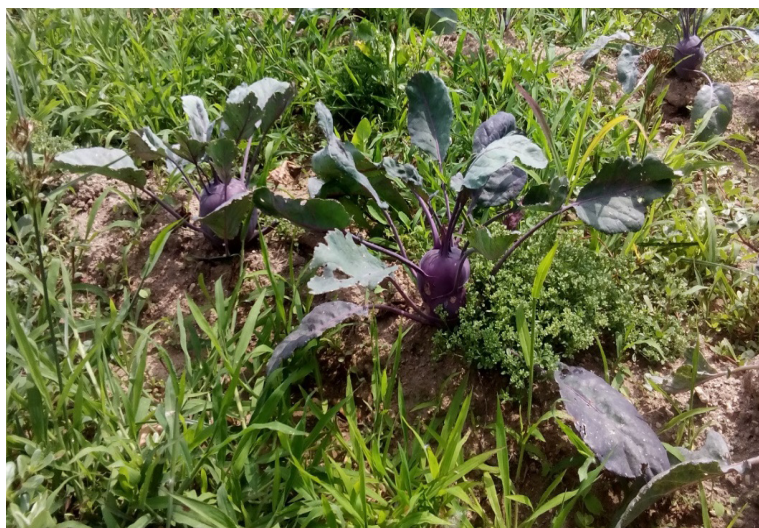


Figura 12 - Infestantes em culturas hortícolas | Fonte: Rosa Guilherme

As características principais das infestantes prendem-se com: rápido crescimento e amadurecimento (estabelecimento rápido da população); muitas reproduzem-se na fase jovem; toleram uma vasta gama de condições edafoclimáticas; apresentam várias estratégias reprodutivas e de regeneração (sementes ou propágulos; dormência das sementes); produzem um elevado número de sementes; tendem a associar-se a culturas com ciclos semelhantes e apresentam capacidade de ocupar locais perturbados pela atividade humana.

Para o controlo das infestantes em AB, não é permitido o recurso a herbicidas sintéticos sendo as infestantes controladas por outros métodos, na maioria das vezes, de forma associada e que envolvem mão de obra, operações mecânicas ou outras de custos elevados. A minimização dos danos causados pelas infestantes é conseguida, fundamentalmente, recorrendo a métodos culturais, físicos e mecânicos, onde a eliminação das infestantes é feita através do arranque/corte ou mobilização do solo.

Para que estes métodos tenham sucesso o conhecimento da composição e ecologia da flora, presente na parcela, é um aspeto fundamental para uma gestão eficaz das infestantes na cultura.

As infestantes classificam-se em anuais, bianuais, plurianuais perenes e plurianuais vivazes relativamente ao seu ciclo de vida e ao modo como se propagam. As anuais, de primavera-verão ou de outono-inverno, são plantas herbáceas que germinam, desenvolvem, florescem e frutificam num período inferior a um ano, reproduzindo-se exclusivamente por semente. As bianuais, são plantas herbáceas que vivem mais de um ano e menos de dois, florescem e produzem semente uma única vez. Durante o primeiro ano acumulam reservas, quase sempre em raízes tuberosas e no segundo ciclo de desenvolvimento tem lugar a inflorescência e a produção de sementes. As plantas plurianuais são plantas herbáceas ou lenhosas com um ciclo de vida superior a dois anos distinguindo-se dois grupos, as plantas vivazes que se desenvolvem devido à presença de um órgão subterrâneo capaz de acumular substâncias de reserva e regenerá-los indefinidamente (rizomas, tubérculos, bolbos, bolbilhos, raízes e estolhos) e as plantas perenes, plantas herbáceas ou lenhosas, que mostram sempre órgãos aéreos, podendo renová-los ativamente.

Vistas, na maioria das vezes, como um grande problema as infestantes podem, também, apresentar benefícios. As infestantes são agentes dinâmicos nos ecossistemas; interagem

modificando o meio e estabelecem relações múltiplas com outros organismos vivos e com o solo.

Das diversas vantagens atribuídas a estas plantas destacam-se a capacidade de aumentar o teor de matéria orgânica dos solos, de reciclar os nutrientes e estimular a atividade biológica, bem como, ajudar a controlar a erosão e a aumentar a capacidade de retenção de água no solo. Algumas espécies podem servir de alimento para os animais, servir como atrativo para aves e insetos úteis, ser utilizadas na extração de óleos e substâncias medicinais, servir de adubo verde e ser utilizadas para compostagem (sem as sementes). Por sua vez, as leguminosas apresentam capacidade de fixar o azoto atmosférico. As infestantes podem, ainda, fornecer indicações acerca da natureza, estrutura e composição química dos solos (Tabela 10); ser hospedeiras alternativas de pragas e doenças e constituírem um depósito de genes contribuindo para a manutenção da biodiversidade.

Nome vulgar da planta	Nome científico	Características do solo
Cavalinha ou pinheirinha Juncos (várias espécies) Mentristo Ranúnculo	<i>Equisetum</i> spp. <i>Juncus</i> spp. <i>Mentha suaveolens</i> <i>Ranunculus</i> spp.	Solo compacto, com falta de oxigénio (anaerobiose) e excesso de água
Língua-de-ovelha Erva-pessegueira Botão-de-ouro Labaça-crespa Dente-de-leão Tossilagem	<i>Plantago lanceolata</i> <i>Polygonum persicaria</i> <i>Ranunculus repens</i> <i>Rumex crispus</i> <i>Taraxacum officinale</i> <i>Tussilago farfara</i>	Solo argiloso, compacto
Erva-bonita	<i>Epilobium tetragonum</i>	Solo argiloso a franco-argiloso, alcalino, compacto
Luzerna ou alfalfa (várias espécies)	<i>Medicago</i> spp.	Solo argiloso a franco-argiloso, alcalino, (calcário ou não)
Milhã-digitada Língua-de-ovelha Azedinha Espargueta ou erva-aranha Violetas (várias espécies)	<i>Digitaria sanguinalis</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Rumex acetosella</i> <i>Spergula arvensis</i> <i>Viola</i> spp.	Solo ácido
Serradela-brava	<i>Ornithopus compressus</i>	Solo ácido pobre em matéria orgânica e em azoto
Margação	<i>Anthemis arvensis</i>	Solo limoso (franco), seco e ácido
Falsa-salsa	<i>Aphanes arvensis</i>	Solo limoso (franco) ou arenoso, sem calcário
Azedinha	<i>Rumex acetosella</i>	Destruição do complexo argilo-húmico
Milhã-digitada	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Terreno arenoso
Cenoura-brava	<i>Daucus carota</i>	Solo profundo

Nome vulgar da planta	Nome científico	Características do solo
Cardo-comum	<i>Cardus spp.</i>	Bloqueio de fósforo
Saramago ou labresto	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Disponibilidade de potássio
Feto	<i>Pteridium aquilinum</i>	Solo húmido, ácido e rico em potássio
Quenopódio ou catassol	<i>Quenopodium album</i>	Solo rico em composto orgânico
Ésula-redonda Lâmio-roxo Sempre-noiva Erva-moira Morugem-branca Consolda-maior Urtiga Verónica-da-Pérsia	<i>Euphorbia peplos</i> <i>Lamium purpureum</i> <i>Polygonum aviculare</i> <i>Solanum nigrum</i> <i>Stellaria media</i> <i>Symphytum officinale</i> <i>Urtica spp.</i> <i>Veronica persica</i>	Solo rico em azoto (nitrato)
Leguminosas de diversas espécies conforme o pH do solo	<i>Trifolium spp.</i> , <i>Medicago spp</i>	Solo pobre em azoto
Tasneirinha	<i>Senecio vulgaris</i>	Solo esgotado, com fraco crescimento (até 10 cm)

Tabela 10 - Plantas indicadoras da fertilidade do solo | Fonte: Ferreira, 2009 (Adaptado)

A gestão preventiva das infestantes é uma técnica eficiente em explorações de qualquer dimensão e pode ser implementada em todas as fases da produção desde a aquisição de maquinaria, proveniência das sementes, água de rega, fertilizantes e compostos, aos métodos de colheita e processamento. São exemplo as falsas sementeiras, a rotação de culturas; a utilização de telas para cobertura do solo; o empalhamento ou “mulching”; o recurso a fertilizações azotadas de forma moderada; o ajuste das condições do solo (pH, drenagem, entre outros) e a transplantação de plântulas de viveiro.

Revela-se importante numa fase inicial, identificar as espécies de infestantes com maior incidência e avaliar os danos que estas podem causar de forma a relacionar a presença dessas espécies com as práticas culturais e as características dos terrenos da exploração, para que possam ser implementadas as medidas preventivas adequadas. Sugere-se um conjunto de estratégias de proteção contra as infestantes que contemplem métodos preventivos intervenção indireta e de intervenção direta (Tabela 11).

Intervenção Direta	Monda manual / mecânica	Mais utilizados em todo o tipo de culturas.
	Uso do fogo	Utilizado em culturas extensivas e forrageiras.
	Monda térmica	Utilização de calor localizado, radiação infravermelha, micro-ondas e vapor.
	Inundação	Em particular na cultura do arroz.
	Monda biológica	Recurso à utilização de organismos vivos.
	Monda química	Recurso à utilização de herbicidas e outros produtos fitofarmacêuticos.
Intervenção Indireta	Cobertura do solo “Mulching”	Utilização de resíduos vegetais, orgânicos e plásticos.

Intervenção Indireta	Técnicas culturais	Utilização de diversas técnicas tanto em culturas extensivas como intensivas (variedades, data de sementeira/plantação, compasso, falsa sementeira).
	Solarização	Desinfecção do solo antes da sementeira/plantação. Muito utilizado em culturas hortícolas (estufa/ar livre).
	Rotação de culturas	Diferentes datas de plantação/semteira e colheita proporcionam a prevenção do estabelecimento e da produção de sementes das infestantes.
	Alelopatia	Processo que envolve efeitos benéficos ou adversos, diretos, indiretos ou ambos de uma planta sobre outra.

Tabela 11 - Métodos preventivos intervenção indireta e de intervenção direta no controlo de infestantes | Fonte: Serrano, 2003

Os métodos de intervenção direta só deverão ser adotados quando as medidas preventivas não são suficientes para um controlo eficaz das infestantes podendo recorrer-se a diversas ferramentas e alfaia: enxadas, sachos, barras de corte, motocultivadores, mondador térmico, multifresa, sachador de estrelas, vibrocultor, grade de dentes flexíveis, sachador de escovas, entre outros. Por sua vez, a monda manual "arranque à mão" (Figura 13) é por vezes muito útil no controlo de infestantes na linha das culturas, sendo uma operação que normalmente é efetuada quando as plantas ainda são jovens, antes de atingirem a floração e a frutificação, evitando a sua multiplicação por via seminal. Esta técnica realizada em boas condições de humidade do solo, facilita a retirada das plantas infestantes jovens.



Figura 13 - Monda manual | Fonte: Rosa Guilherme

No processo de remoção das infestantes vivazes, deve recorrer-se à utilização de alfaia de dentes, equipamentos indicados para trazer à superfície os órgãos subterrâneos destas plantas, evitando a sua propagação. A monda mecânica deve ser realizada com o solo seco à superfície e pouca humidade, de modo a não danificar as raízes das culturas.

A monda térmica recorre à utilização de fogo (Figura 14), água quente, vapor ou congelamento, de modo a provocar a rutura dos vasos condutores das paredes celulares.



Figura 14 - Monda térmica | Fonte: Rosa Guilherme

As condições que contribuem para a eficácia deste método são, entre outras, uma distância entre linhas de 20 cm, a presença de um solo com poucos torrões e pedras, a sua execução ser feita sem vento e quando a superfície das plantas estiver seca.

A gestão das infestantes em agricultura biológica deve ir ao encontro daquilo que é o sistema de produção integrada: equilíbrio entre as culturas e as plantas infestantes. Uma abordagem integrada de gestão de infestantes combina o uso de métodos complementares, sejam eles culturais, biológicos, mecânicos ou químicos (<http://www.fao.org/agriculture>).

Assim, os problemas que as infestantes apresentam para os agricultores poderão ser minimizados por meio de uma combinação integrada de práticas que:

- a) Melhorem a competitividade e a tolerância das culturas à pressão das infestantes;
- b) Contribuam para remover ou reduzir o crescimento das infestantes nos estágios iniciais críticos do desenvolvimento da cultura;
- c) Reduzam o banco de sementes infestantes no solo.

A monda biológica, recorre ao uso de organismos vivos para combater a problemática das infestantes. Em teoria, todos os herbívoros podem ser considerados agentes biológicos de controlo. Um espectro mais alargado poderá incluir vírus e bactérias.

Atualmente ainda existem muitas questões em aberto e poucos estudos sobre como implementar um sistema eficaz de controlo biológico de infestantes.

Contudo, vários estudos referem o uso de galinhas da Índia para eliminação de infestantes em estufas de tomate, salientando que estas, ao contrário das galinhas domésticas, alimentam-se também de insetos que se encontram nas plantas sem danificarem os frutos. Um exemplo prático da aplicação de monda biológica, consiste na colocação, antes da plantação ou sementeira, de estruturas tipo túnel por onde circulam galinhas, nas entrelinhas das culturas (Figura 15). Estas alimentam-se das sementes e plantas infestantes contribuindo para o seu controlo e fertilização do solo, o mesmo acontece nos pomares e vinhas, mas com utilização de ovelhas nas entrelinhas, obtendo o mesmo efeito de controlo das infestantes.



Figura 15 - Monda biológica das infestantes com recurso a galinhas | Fonte: https://agro-inovacao.iniav.pt/images/Posters/producao-animal/GO_GMOVEL.pdf

A monda mecânica, consiste numa mobilização do solo através das operações de lavoura (charrua), gradagem (grade de discos ou de dentes), escarificação (escarificador, vibro cultor),

fresagem ou mobilização com cavadora simples montada num motocultivador e também trator. A maioria das ferramentas e alfaia utilizadas está constantemente a ser inovada, existindo atualmente mondadores automáticos capazes de fazer a distinção entre planta infestante e cultura.

Para as plantas infestantes vivazes devem utilizar-se alfaia de dentes, que tragam os órgãos subterrâneos para a superfície sem serem fragmentados, para não provocar a sua propagação.

A falsa sementeira, consiste numa preparação do solo para a sementeira, seguida de rega, de modo a estimular o desenvolvimento das infestantes e o seu crescimento durante pelo menos, 2 semanas após o que são eliminadas ou destruídas por uma sacha mecânica, queimadas ou deixadas a secar (na ausência de precipitação), antes da sementeira ou plantação da cultura principal. A técnica da falsa sementeira é a mais apropriada para reduzir o banco de sementes do solo. O objetivo é preparar a cama de sementeira na altura certa: na primavera, logo que possível, mas sem destruir a estrutura do solo, ou no outono, logo após a colheita da cultura anterior.

Os agricultores podem favorecer as suas culturas em relação às infestantes escolhendo a variedade, data de plantação ou sementeira e densidade mais adequadas. Diferentes técnicas culturais combinadas podem reduzir a biomassa infestante em 90 % enquanto isoladamente apenas reduzem 5 a 10 %.

Para cada cultura existem variedades que têm maior competitividade contra as infestantes por apresentarem características particulares. São disso exemplo plantas com folhas mais largas, altas e com maior produção a data ótima de plantação varia de ano para ano consoante a meteorologia e as condições do solo. Em alguns casos é preferível adiantar de modo a um rápido estabelecimento da cultura. Noutros, é preferível atrasar com o objetivo de primeiramente controlar as infestantes e beneficiar a cultura principal com temperaturas mais quentes. É recomendado plantações sucessivas com apenas duas a três semanas de intervalo durante um período de 3 anos, isto, contribui para um controlo efetivo de muitas infestantes perenes.

É possível admitir que a diminuição do compasso e consequente aumento da densidade da cultura aumenta a produtividade e diminui o desenvolvimento das infestantes, nas culturas não perenes. Contudo, esta estratégia apresenta alguns riscos devido à maior suscetibilidade a doenças, exploração de recursos e diminuição da qualidade do produto final.

A solarização do solo (Figura 16) é um método não químico, não tóxico, não poluente e eficiente, no controlo de pragas, doenças, agentes patogénicos e infestantes das culturas agrícolas, através da desinfeção do solo. É um método que se baseia no aquecimento do solo pela energia solar, onde a sua penetração é realizada através de um filme plástico transparente, bastante fino, que se coloca à superfície do solo previamente humedecida, durante os meses mais quentes do ano. O plástico irá aumentar a temperatura do solo para níveis letais ou subletais, destruindo a propagação de agentes patogénicos e infestantes.

A permanência do plástico nos solos em estufas deverá ser durante 4 a 6 semanas, ou de pelo menos 6 semanas em solos ao ar livre. E também ao ar livre, a espessura do plástico utilizado deve ser maior do que em estufa para conferir maior resistência. Os valores usuais encontram-se entre os 25 – 50 micrómetros de espessura.



Figura 16 - Solarização do solo | Fonte: Rosa Guilherme

Antes da colocação do plástico, a parcela solarizada deve ser regada até à capacidade de campo de modo a permitir a condução do calor em profundidade através da água. O plástico permite capturar a radiação solar no solo, e aquecer os primeiros 30 – 45 cm de profundidade, podendo atingir temperaturas de valores até 55 °C, eliminando ou reduzindo eficazmente o número de fungos, nemátodos, bactérias e infestantes nocivos para as culturas.

A solarização não produz resíduos químicos e melhora a estrutura do solo através do aumento de azoto e outros nutrientes essenciais necessários para o crescimento das culturas e controla uma vasta gama de organismos indesejados. O efeito do aquecimento do solo não é tão efetivo em dias nublados e ventosos, podendo dispersar o calor retido e danificar o plástico.

As bolsas de ar entre o plástico e o solo podem reduzir o aquecimento do solo e promover a perda do plástico em dias com vento. A solarização pode ser efetuada em áreas planas ou em canteiros. Em áreas planas, este método é mais fácil de aplicar (por exemplo antes da instalação de relvados).

A solarização depende do clima e da temperatura. Com temperaturas mais baixas, o plástico deve permanecer no solo mais tempo para poder atingir as temperaturas desejadas. Em geral, durante a época mais quente do ano, 4 a 6 semanas de solarização são suficientes para controlar os organismos indesejáveis. Em algumas situações, como em locais frios, ventosos ou enublados, ou caso existam no solo organismos de difícil controlo, pode ser necessário manter o plástico no solo durante 6 a 8 semanas. Por outro lado, em condições de temperaturas elevadas persistentes, algumas pragas podem ser controladas em períodos de solarização mais curtos. O objetivo é manter sempre uma temperatura máxima diária, nos primeiros 15 cm de solo, entre 42 a 50 °C.

A solarização do solo controla:

Infestantes anuais e perenes – as infestantes perenes são mais difíceis de controlar do que as anuais, devido a estas atingirem, muitas vezes, maiores profundidades e têm estruturas vegetativas, como raízes e rizomas, que podem regenerar. Contudo, Após a remoção do plástico, confirma-se eliminação total das seguintes espécies infestantes: *Amaranthus spp.*, *Anthemis arvensis*, *Chenopodium spp.*, *Chrysanthemum segetum*, *Coronopus didymus*, *Euphorbia spp.*,

Fumaria officinalis, *Lolium spp.*, *Malva spp.*, *Medicago spp.*, *Mercurialis annua*, *Picris echinoides*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*, *Portulaca oleraceae*, *Raphanus raphanistrum*, *Rumex spp.*, *Senecio vulgaris*, *Setaria spp.*, *Solanum nigrum*, *Sonchus tenerrimus*, *Stellaria media*, *Urtica spp.*

Fungos e bactérias do solo incluindo os responsáveis pela *Verticillium spp.*, *Fusarium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Plasmodiophara brassicae*, *Pythium ultimum*, *Sclerotinia spp.*, *Pyrenochaeta terrestres*, *Pyrenochaeta lycopersici*, *Rhizoctonia solani* e muitas outras. Alguns fungos e bactérias toleram a solarização e, por isso, são mais difíceis de controlar.

Nemátodos - contudo, a solarização do solo nem sempre é eficiente contra nemátodos, como é contra as infestantes e doenças provocadas por fungos, pois os nemátodos são relativamente móveis e podem recolonizar rapidamente o solo e as raízes das plantas. O controlo de nemátodos é maior nos primeiros 30 cm de solo. Os nemátodos que habitam em zonas mais profundas do solo podem sobreviver e danificar plantas com sistemas radiculares mais profundos.

Bactérias e artrópodes - Alguns estudos têm sido realizados no que respeita à eficiência da solarização no combate de bactérias e artrópodes. Assim, foi verificado um efeito positivo contra a bactérias *Agrobacterium tumefaciens* e alguns artrópodes que habitam o solo.

Apesar da eliminação de muitos organismos nefastos do solo pela solarização, muitos organismos benéficos podem sobreviver ou recolonizar o solo muito rapidamente após a solarização. De entre esses organismos destacam-se os fungos micorrízicos e fungos e bactérias entomopatogénicos que auxiliam o seu crescimento. De fato, alguns organismos estão diretamente relacionados com o crescimento das plantas (bactérias promotoras de crescimento de plantas - BPCP) e microrganismos com atividade antagonista – colonizam de imediato as raízes e a rizosfera das plantas em solos solarizados, permanecendo lá em níveis mais elevados do que em solos não solarizados. O aumento das populações desses organismos benéficos pode tornar os solos solarizados mais resistentes que os solos não solarizados ou fumigados. As minhocas geralmente deslocam-se para zonas mais profundas para assim escapar ao calor.

Matéria Orgânica do solo - A solarização do solo também acelera a decomposição da matéria orgânica no solo, pelo que, em muitos casos, acresce como benefício adicional a libertação de nutrientes como azoto (NO_3^- , NH_4^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e ácido fúlvico, tornando-os mais disponíveis para as plantas.

Em solos solarizados, as plantas geralmente crescem mais rápido, as produções são maiores e com mais qualidade. Isto pode ser atribuído a um melhor controlo de doenças e infestantes, ao aumento de nutrientes solúveis e à presença significativa de microrganismos benéficos. A solarização também melhora as características físicas do solo.

Na Figura 17 representam-se, de forma esquemática, os principais métodos para o controlo de infestantes em AB.

As infestantes são agentes dinâmicos nos ecossistemas. Os métodos a utilizar devem ter em conta, a conservação do solo (proteção contra a erosão), a gestão do teor de matéria orgânica do solo (com efeito direto na fertilidade do solo e no sequestro do carbono atmosférico), a

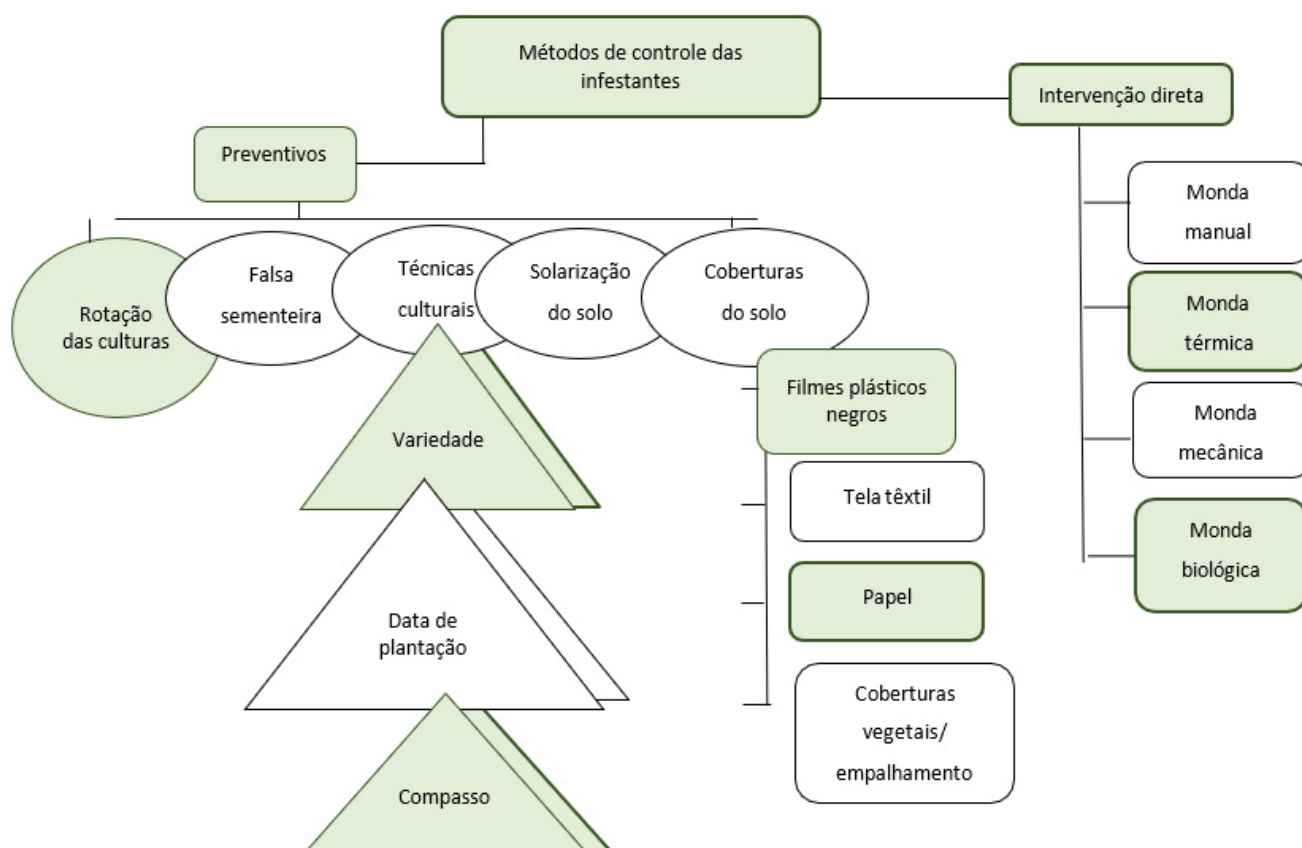


Figura 17 - Principais métodos para o controlo das infestantes em AB | Fonte: Coutinho, 2016 (Adaptado)

biodiversidade, o microclima das culturas e a relação das infestantes com hospedeiros de pragas, doenças e auxiliares. A produtividade e a regularidade das produções, bem como os custos associados, são aspetos a considerar.

Em Agricultura Biológica, tendo em conta que:

- 1) Os custos do controlo das infestantes e os efeitos sobre os rendimentos são muito variáveis, dependendo do agricultor, das espécies de plantas infestantes e da estratégia ou estratégias adotadas para garantir a eficácia do controlo;
- 2) A redução da produtividade é a principal causa dos altos preços a que vulgarmente os produtos biológicos são comercializados;
- 3) As infestantes são a maior ameaça e representam um enorme peso na decisão de conversão para AB.

É fundamental o conhecimento quer da parcela quer da flora infestante de forma a adotar as práticas preventivas mais adequadas a cada tipo de exploração.

IV.6.1.7. COMPOSTAGEM

A compostagem - processo natural de decomposição de materiais orgânicos que são reciclados e devolvidos ao solo na forma de composto - envolve a mistura e o arejamento de materiais orgânicos para produzir um produto estável que tem grande valor como condicionador do solo. Existem vários sistemas de compostagem que os agricultores podem escolher quando decidem começar a compostagem. As opções variam com o custo, necessidades de mão-de-obra e tempo de processamento no Módulo V, no ponto V.6.3.3, o processo de compostagem é abordado de forma pormenorizada.

Os resíduos são armazenados em pilhas ou amontoados – a pilha de compostagem. As pilhas de compostagem envolvem o empilhamento de matérias-primas em pilhas que são viradas regularmente com um carregador frontal, balde carregador ou equipamento especial.

As pilhas podem ser construídas no campo (Figura 18), onde será usado o composto, ou num local construído para o efeito (Figura 19). O reviramento frequente do material com equipamento especializado, areja o composto. A temperatura da pilha deve ser controlada para evitar problemas de odor e assegurar que os materiais estão a ser compostados.



Figura 18 - Pilha de resíduos agrícolas



Figura 19 -Compostagem na exploração | Fonte: André Oliveira

Referem-se as condições necessárias para obter com sucesso um composto:

- i) Fornecimento adequado de oxigénio para a respiração microbiana (cerca de 5 por cento do espaço poroso das matérias-primas deve conter ar);
- ii) Teor de humidade entre 40 e 65 % - Se o teor de humidade cair abaixo de 40 %, a pilha pode tornar-se demasiado seca para a atividade microbiana. Mas há também um perigo de ter a pilha muito molhada. Quando o teor de humidade excede 65 a 70 %, grande parte do espaço dos poros será preenchido por água ao invés de oxigénio, e a atividade microbiana diminuirá. Sem oxigénio suficiente, a pilha tornar-se-á anaeróbica. Um teste simples de espremer com a mão o composto pode ser usado para verificar a humidade correta: a pilha está muito molhada, se ao espremer um punhado de composto sair água e muito seco se o punhado não se sentir humidade ao toque;
- iii) Tamanho das partículas dos materiais de compostagem de aproximadamente 3 a 5 cm de diâmetro (intervalo de dimensão aconselhado, mas que pode variar com o tipo de materiais);

- iv) Relação Carbono/Azoto (C:N) adequada - Os materiais orgânicos são constituídos por quantidades substanciais de carbono (C) combinado com quantidades menores de azoto (N). O equilíbrio entre estes dois nutrientes chama-se a relação carbono-azoto (C:N). Como já referido anteriormente, o processo de compostagem requer a proporção adequada de carbono para a energia e azoto para a produção de proteína. Se a relação (C:N) é demasiado alta atrasa a decomposição (excesso de carbono) e se a relação (C: N) é muito baixa (excesso de azoto) a pilha de compostagem vai acabar com mau odor. É ainda de referir que os materiais orgânicos têm índices diferentes de (C: N) – “materiais castanhos” contêm grandes quantidades de carbono e os “materiais verdes” contêm quantidades elevadas de azoto (Tabela 12).

Material (ordem decrescente de C/N)	Relação C/N	Decomposição	Tratamento prévio	Restrições de uso
Cartão	200-500	Rápida	Triturar	Tintas com metais pesados
Serradura de pinho	230	Lenta		Madeira sem tratamento químico
Serradura de faia	100	Lenta		Idem
Cascas de árvores	100-150	Média	Triturar	Idem
Lenha verde de poda	100-150	Média	Triturar	
Palha de trigo	100	Média	Triturar grosseiro	
Palha de cevada	100	Média	Idem	
Palha de centeio	60	Média	Idem	
Palha de aveia	60	Média	Idem	
Palha de leguminosas	40-50	Rápida	Idem	
Folhas de árvores	30-60	Rápida		
Resíduos sólidos domésticos	30-40	Media	Triturar	Exclusivamente resíduos vegetais e animais separados na origem e produzidos num sistema de recolha fechado e controlado
Estrume de cavalo com palha	30-60	Média		
Estrume de cavalo	25	Rápida		
Estrume de bovino	20	Rápida		
Borras de café	20	Rápida		
Estrume de galinha com aparas de madeira	13-18	Rápida		Estrume de pecuária sem terra proibido

Material (ordem decrescente de C/N)	Relação C/N	Decomposição	Tratamento prévio	Restrições de uso
Restos de hortícolas frescos	13	Rápida		
Estrume de galinha	10	Rápida		Estrume de pecuária sem terra proibido
Chorume (urina + fezes) de bovino	8-13	Rápida		Estrume de pecuária sem terra proibido
Bagaço de rícino	8	Rápida		
Chorume (urina + fezes) de porco	5-7	Rápida		Estrume de pecuária sem terra proibido
Farinha de penas de galinhas ou frangos	5	Rápida		Origem em animais doentes proibido
Farinha de sangue	5	Rápida		Origem em animais doentes proibido
Farinha de carne	5	Rápida		Origem em animais doentes proibido
Farinha de osso	4	Rápida		Origem em animais doentes proibido

Tabela 12 - Relação C/N de material que pode ser utilizado na pilha de compostagem | Fonte: Adaptado de Ferreira, (coord.) et al., 2009

- v) Temperatura ótima para a compostagem de 50 a 60 °C. Também é possível que a temperatura na pilha se torne demasiado quente. Quando as temperaturas variam entre os 65 °C a 70 °C, os organismos termofílicos começam a morrer e a compostagem é atrasada. Combustão espontânea pode ocorrer em pilhas de composto que se tornam muito quentes e secos.

O primeiro passo na produção de composto de alta qualidade para a agricultura biológica é identificar a fonte de todas as matérias-primas usadas para fazer o composto. Isso ajudará a garantir a utilização de materiais vegetais e animais admissíveis, que os materiais não estão contaminados com substâncias ou materiais proibidos, e que os materiais são misturados em quantidades adequadas ao sistema de compostagem.

Nem todos os materiais orgânicos são adequados para compostagem. Por exemplo, o uso de maçãs ou citrinos irão, respetivamente, diminuir ou aumentar o pH dos materiais e interromper o processo de compostagem. Outros materiais que não devem ser usados são partes ou plantas invasoras, pois isso pode contribuir para a sua disseminação.

Seguem-se algumas sugestões para quando a formação e utilização do composto:

- 1) Usar uma variedade de fontes de nutrientes, para evitar que excedam as necessidades das culturas;

- 2) Realizar análise de solo para controlar os níveis de nutrientes do solo;
- 3) Se possível analisar o composto para garantir mais precisão nas aplicações;
- 4) Calcular a quantidade de composto a aplicar, com base nas necessidades carbono, azoto e fósforo, esta prática ajuda a evitar o excesso de aplicação e os custos associados (custo do composto, custos ambientais);
- 5) Incorporar o composto no solo, para promover o processo de mineralização e minimizar perdas de escoamento e erosão;
- 6) A pilha de compostagem não deve ficar exposta diretamente ao sol ou ao vento, para que não seque, nem à chuva, para não ficar sujeita à lixiviação de nutrientes, e nem próximo de águas superficiais, para não contaminar as mesmas;
- 7) A pilha de compostagem deve ficar em local não muito declivoso até 5%, para facilitar a sua preparação e maneo da pilha de composto. Deve ser evitado locais, suscetíveis a encharcamentos. O composto pode ser feito em chão batido com uma boa impermeabilização e drenagem de modo que a água possa escorrer e infiltrar-se no solo quando chover. Evitar ao máximo superfícies de mosaicos ou de cimento;
- 8) Um local levemente ensombrado e com cortinas contra o vento é conveniente para não deixar secar demasiado a pilha;
- 9) O local escolhido para a compostagem deve ser próximo daquele em que o composto irá ser utilizado. Poderá ser necessário ter água para humedecer a pilha convenientemente caso a percentagem de humidade da pilha seja inferior a 40 %;
- 10) As pilhas devem ser cobertas preferencialmente com um filme de fibras de polipropileno (tipo Geotêxtil da Toptex) que permite a entrada de ar, mas não de água, porque os filmes de polietileno não permitem as trocas gasosas e podem resultar em excesso de humidade nas pilhas.
- 11) As pilhas devem situar-se a 15 m das águas de superfície.

IV.6.1.8. PROTEÇÃO DAS PLANTAS

De acordo com o Reg. (UE) 2018/848 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, a utilização de produtos fitofarmacêuticos, na produção biológica, deverá ser fortemente restringida. Deverá ser dada preferência a medidas que previnam danos provocados por pragas, doenças e infestantes através de técnicas que não impliquem a utilização de produtos fitofarmacêuticos, como é o caso da rotação das culturas. A presença de pragas e doenças deverá ser monitorizada, a fim de decidir se existem fundamentos económicos e ecológicos para eventuais intervenções. Contudo, a utilização de determinados produtos fitofarmacêuticos deverá ser permitida caso as técnicas em questão não garantam uma proteção adequada e apenas se os produtos fitofarmacêuticos tiverem sido autorizados em conformidade com o Regulamento (CE) n.º 1107/2009, após terem sido avaliados como compatíveis com os objetivos e princípios da produção biológica, mesmo quando esses produtos tiverem sido autorizados mediante condições de utilização restritivas e, conseqüentemente, tiverem sido autorizados em conformidade com o referido regulamento.

Pretende-se limitar ao máximo a aplicação de produtos fitofarmacêuticos autorizados e recorrer de forma racional, programada e, principalmente, preventiva a todos os **meios de luta** disponíveis.

Sempre que não seja possível proteger adequadamente as plantas das pragas e doenças através de medidas preventivas, podem ser utilizados apenas os produtos referidos no Anexo II do Regulamento (CE) n.º 889/2008 e que se encontrem homologados em Portugal. Ter em atenção que um produto fitofarmacêutico é homologado para uma dada finalidade (cultura/inimigo) e só deverá ser utilizado para este fim; no Anexo I do mesmo Regulamento, encontra-se a listagem de produtos fitofarmacêuticos autorizados. Na página eletrónica da DGAV, em <https://sifito.dgav.pt/Account/Login?ReturnUrl=%2F>, podem ser consultados os produtos fitofarmacêuticos homologados em Portugal para a produção biológica. Em agricultura biológica, está ainda prevista a possibilidade de serem utilizadas substâncias de base, definidas nos termos do Regulamento (CE) n.º 1107/2009 como substâncias úteis na proteção fitossanitária, mas que não são predominantemente utilizadas para esse efeito (https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/val/mpb/lista_substancias_base_AB.pdf).

Em AB, os meios de luta utilizados no combate de pragas, doenças e infestantes são, muitas vezes, semelhantes encontrando-se, na sua maioria, descritos no Manual da Produção Integrada desta coleção.

Meios de Luta Utilizados em AB

- Legislativos – medidas reguladoras para controlar e reduzir a disseminação de insetos e agentes patogénicos
- Genéticos – melhoramento ou seleção de plantas resistentes a pragas e doenças
- Culturais – práticas culturais que alteram o ambiente, o estado do hospedeiro ou o comportamento da praga ou doença
- Físicos – utilização de equipamentos ou outros métodos físicos de controlo de pragas (mobilização do solo, queima, armadilhas, etc)
- Biológicos – utilização de inimigos naturais das pragas (auxiliares) – insetos benéficos, organismos que causam doenças a insetos ou antagonistas de agentes patogénicos – e promoção do seu desenvolvimento natural (luta biológica clássica, largadas inundativas ou aumentativas e limitação natural ou conservação)
- Biotécnicos – utilização de mecanismos fisiológicos dos insetos ou seus comportamentos, que irão afetar negativamente a sua sobrevivência
- Químicos – utilização de produtos fitofarmacêuticos provenientes de compostos naturais

Fonte: Amaro, 2016 (Adaptado)

I – Meios culturais

As práticas culturais como meio de proteção das plantas contra pragas, doenças e infestantes constituem o processo mais antigo de combater estes inimigos. São muitas as medidas culturais que ajudam na proteção das culturas, destacando-se:

Medidas culturais indiretas	Diversificação dos sistemas produtivos (promoção da biodiversidade cultural)
	Utilização de material vegetal são
	Seleção da espécie e variedade (as variedades regionais normalmente evidenciam maior tolerância a pragas e doenças - mais adaptadas e resistentes)
	Rotações e consociações (evitar doenças do solo e incremento de auxiliares)
	Fertilização do solo (plantas bem nutridas são plantas mais resistentes)

Medidas culturais indiretas	Rega (as técnicas de rega utilizadas podem promover a disseminação de doenças)
	Densidade, compasso de plantação e desfolha (promover o arejamento e a entrada de luz)
	Instalação de infraestruturas ecológicas, como sebes vivas e faixas de compensação, para preservação dos inimigos naturais e colocação de ninhos artificiais para aves insectívoras.
Medidas culturais diretas	Eliminação de focos de doenças e pragas
	Eliminação de infestantes / adventícias (monda manual, monda mecânica, monda térmica)
	Destruição de restos de culturas infetadas
	Colocação de armadilhas (cromotrópicas, confusão sexual, alimentares)
	Largadas de artrópodes auxiliares
	Sementeira / plantação de plantas armadilha
	Solarização
	Biofumigação
	Tratamentos com produtos fitofarmacêuticos autorizados em agricultura biológica

II – Meios biológicos

Em AB procura incrementar-se a limitação natural pondo em prática as medidas culturais já referidas e favorecendo o desenvolvimento dos auxiliares contra as pragas e doenças.

Reforçam-se, aqui, alguns aspetos fundamentais no estabelecimento de um programa de ação maioritariamente preventivo, preconizado pela AB. Os meios de luta biológicos consistem na aplicação de organismos auxiliares na cultura (Ferreira, 2009), como insetos e ácaros e na utilização de produtos fitofarmacêuticos à base de microrganismos (biopesticidas). Os insetos incluem-se entre os organismos com maior importância na limitação natural de pragas. Insetos e ácaros fazem parte do grupo dos artrópodes auxiliares, que constituem parte da fauna auxiliar, sendo agrupados em parasitoides³ e predadores⁴ (Tabela 13)

Fauna auxiliar (Invertebrados)	
Predadores <ul style="list-style-type: none"> Têm vida livre em todos os estádios do seu desenvolvimento. Dimensões relativamente elevadas, por vezes maiores que os insetos e ácaros que lhes servem de alimento. Têm necessidade de consumir um grande número de presas. A maioria são insetos e ácaros polívoros (determinadas preferências alimentares). Diversas ordens, famílias e géneros: Ácaros, Coccinélidos, Sirfídeos, Crisopídeos, Antocorídeos e outros. 	Parasitoides <ul style="list-style-type: none"> Insetos de tamanho muito reduzido, inferior ao dos hospedeiros. Reproduzem-se normalmente à custa de um só inseto parasitado, ao qual provocam a morte. Muito especializados, parasitando apenas uma espécie ou grupo de espécies bem definidos. Inúmeras espécies de Himenópteros – parasitas de afídeos, de cochonilhas, de ovos de lepidópteros – e de Dípteros Taquinídeos – moscas parasitas de larvas de lepidópteros, de coleópteros e de outros insetos.

Tabela 13 - Fauna auxiliar invertebrada: principais características de predadores e parasitoides | Fonte: Coutinho, 2007 (Adaptado)

3 Parasitoide, organismo que vive, total ou parcialmente, dentro (endoparasitoide) ou fora (ectoparasitoide) do organismo hospedeiro e causa a sua morte no final do seu desenvolvimento; em adultos têm vida livre e alimentam-se de substâncias açucaradas ou têm hábitos predadores.

4 Predador, organismo que captura a presa e a mata para se alimentar de imediato; as larvas ou ninfas são muito móveis e os adultos podem ter hábitos alimentares semelhantes ou alimentar-se de pólen e néctar.

Na Figura 20 podem observar-se as principais ordens e famílias de artrópodes auxiliares:

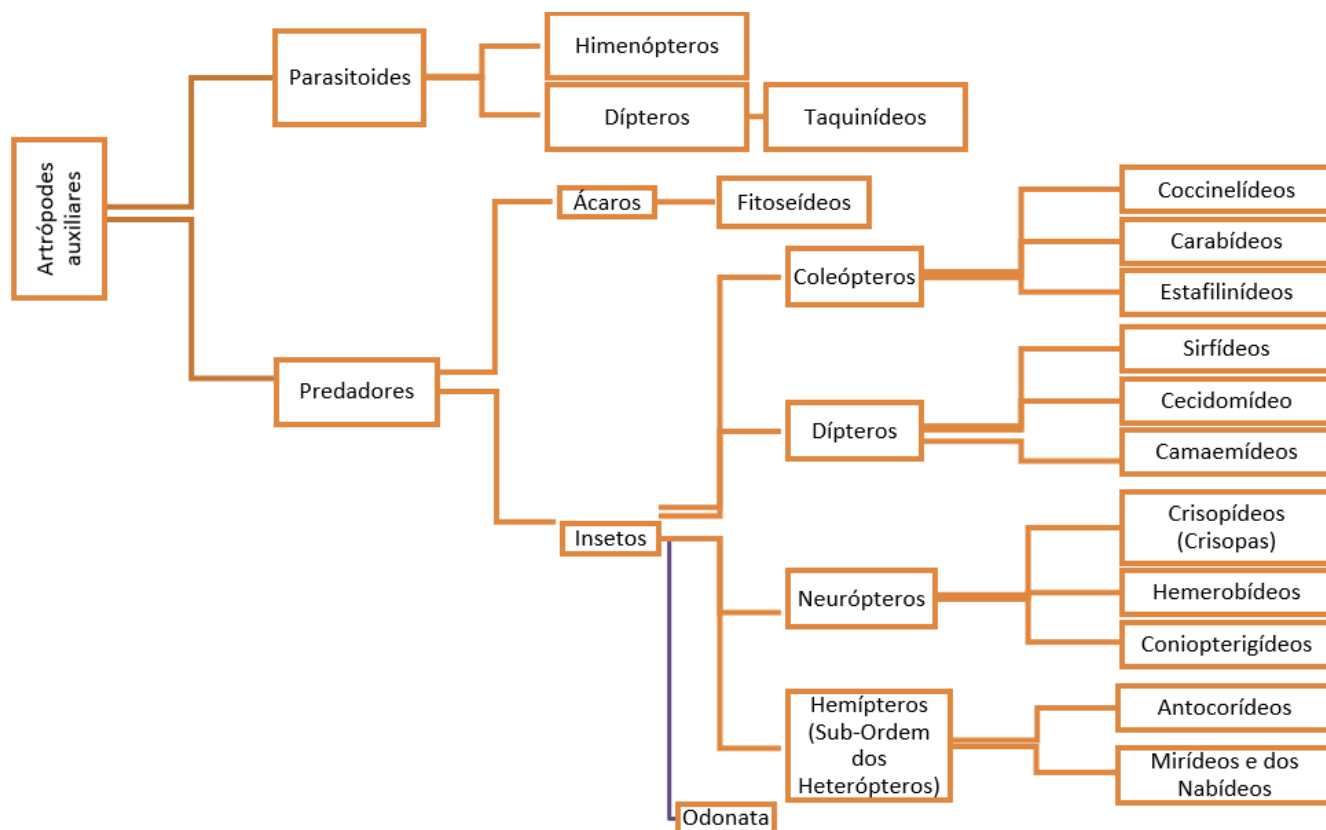


Figura 20 - Principais Ordens e Famílias de artrópodes auxiliares

Na Figura 21 apresentam-se alguns exemplos de predadores invertebrados:

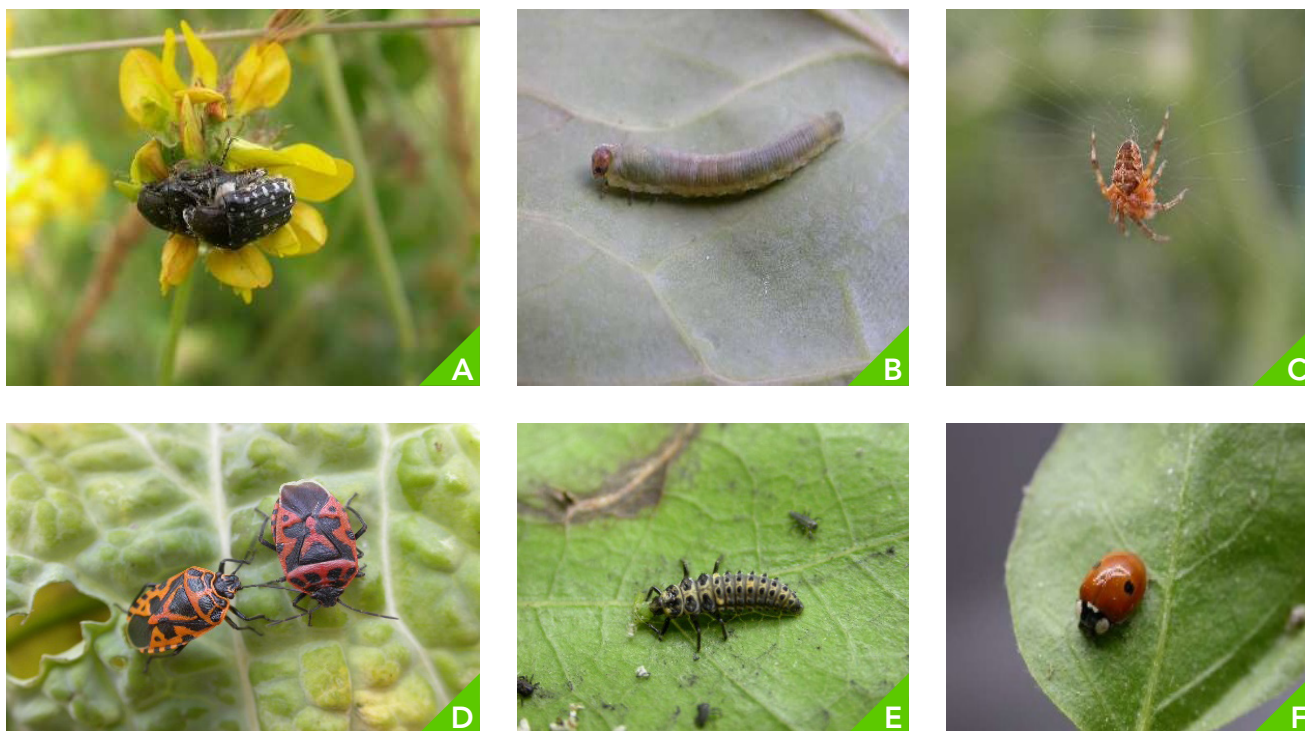


Figura 21 - Exemplos de predadores invertebrados

A) *Cetonia* spp. B) Larva de *Lepidóptero* C) *Aranha* D) *Euryderma ornata* E) e F) Larva e adulto de *Coccinella septempunctata*

Na Tabela 13 indicam-se alguns exemplos de auxiliares predadores, inimigo a controlar e cultura afetada.

Artrópodes auxiliares predadores		Inimigo a combater/cultura
Ordem	Espécie	
Coleoptera	<i>Coccinella septempunctata</i>	afídeos/citrinos
	<i>Cryptolaemus montrozieri</i>	cochonilhas/citrinos
	<i>Harmonia axyridis</i>	
	<i>Stethorus punctillum</i>	ácaros/várias
Heteroptera	<i>Dicyphus cerasti</i>	generalista/hortícolas
	<i>Dicyphus tamanini</i>	generalista/hortícolas
	<i>Orius albidipennis</i>	tripes/hortícolas
	<i>Orius laevigatus</i>	
	<i>Orius insidiosus</i>	
	<i>Macrolophus caliginosus</i>	generalista/hortícolas
Neuroptera	<i>Chrysoperla carnea</i>	afídeos/várias
Diptera	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	

Tabela 13 – Exemplos de artrópodes auxiliares predadores | Fonte: Costa, 2016 (Adaptado)

Na Tabela 14 indicam-se alguns exemplos de auxiliares parasitoides, inimigo a controlar e cultura afetada

Artrópodes auxiliares parasitoides		Inimigo a combater/cultura
Ordem	Espécie	
Hymenoptera	<i>Aphidius colemani</i>	afídeos/hortícolas
	<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	
	<i>Dacnusa sibirica</i>	
	<i>Diglyphus iasea</i>	larvas mineiras/ hortícolas
	<i>Encarsia formosa</i>	
	<i>Eretmocerus mundus</i>	
	<i>Amitus fuscipennis</i>	mosquinhos brancos/várias
	<i>Leptomastix dactylopii</i>	
	<i>Hyposoter didimator</i>	
	<i>Cotesia kasak</i>	lagartas/várias
	<i>Telenomus laeviceps</i>	
	<i>Trichogramma evanescens</i>	

Tabela 14 - Exemplos de artrópodes auxiliares parasitoides | Fonte: Costa, 2016 (Adaptado)

Existem muitos microrganismos auxiliares que, para além da sua importância como fator de limitação natural de pragas e doenças, permitem a sua utilização como meio de luta biológica (neste caso, microbiológica) seja através da sua aplicação nas culturas, seja pela aplicação de substâncias tóxicas para os inimigos das culturas por eles produzidas e fazem parte do grupo dos biopesticidas.

Os biopesticidas são substâncias naturais (pesticidas bioquímicos), microrganismos (pesticidas microbianos) e substâncias pesticidas produzidas por plantas pela adição de material

genético específico (proteínas incorporadas nas plantas – PIPs), que controlam pragas, doenças e infestantes. Com base no tipo de substância ativa, os biopesticidas enquadram-se em três categorias principais: microbianos, vegetais e bioquímicos. De entre estes biopesticidas os mais utilizados são os que se encontram nas Tabelas 15, 16, 17 e 18.

Bactérias	Categoria	Inimigo(s) alvo	Modo de ação
<i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt)	Inseticida	Lepidópteros, Dípteros e Coleópteros	Ataca o sistema digestivo
<i>Bacillus pumilus</i>	Fungicida	Proteção contra o oídio da vinha	Atua diretamente sobre os fungos através da produção de substâncias inibidoras da biossíntese da sua parede celular
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Fungicida	Age contra patógenos bacterianos e fúngicos	É usado para combater patógenos de raiz, como <i>Ralstonia solanacearum</i> , <i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Alternaria tenuissima</i> e <i>Fusarium</i>
<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	Bactericida	Bactérias e fungos patogénicos como <i>Rhizoctonia</i> , <i>Fusarium</i> e <i>Aspergillus</i> . Fungos do solo	Coloniza a raiz da planta e compete com a bactéria ou fungo
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Fungicida/ Bactericida	Muitos fungos, vírus e doenças bacterianas, como a bactéria <i>Pseudomonas syringae</i>	Expulsa os organismos e controla o crescimento dos agentes patogénicos
<i>Bacillus firmus</i>	Nematodocida	Nemátodos	Causa uma redução de galhas de <i>Meloidogyne</i> , além de estimular o crescimento das plantas.
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Fungicida	Fungos do solo	Atuam como um agente de biocontrole contra certos patógenos fúngicos de plantas por meio da produção de antibióticos do tipo fenazina

Tabela 15 - Biopesticidas microbianos à base de bactérias, inimigo(s) alvo e modo de ação
Fonte: Amaro (2016); Ferreira (1999 e 2009); <https://sifito.dgav.pt/divulgacao/produtos> (Adaptado)

Vírus	Categoria	Inimigo(s) alvo	Modo de ação
Vírus da granulose de <i>Cydia pomonella</i>	Inseticida/ acaricida	Utilizado para combater o bichado-da-fruta	Ataca o sistema digestivo
Vírus da polidrose nuclear de <i>Helicoverpa armigera</i>	Inseticida/ acaricida	Controle de insetos pertencente à ordem Lepidóptera	As partículas vírus da polidrose nuclear (VPNs) são pulverizadas nas plantas, tratando a superfície foliar. As pragas ao alimentarem-se das folhas, ingerem o vírus e são contaminadas.
Vírus da polidrose nuclear de <i>Spodoptera littoralis</i>	Inseticida/ acaricida	Controle de insetos pertencente à ordem Lepidóptera	

Tabela 16 - Biopesticidas microbianos à base de vírus, inimigo(s) alvo e modo de ação
Fonte: Amaro (2016); Ferreira (1999 e 2009); <https://sifito.dgav.pt/divulgacao/produtos> (Adaptado)

Espécies de fungos	Categoria	Inimigo(s) alvo	Modo de ação
<i>Beauveria bassiana</i>	Inseticida	Insetos que se alimentam de folhas (gafanhotos, mosca branca, afídeos)	Doença (muscadina branca)
<i>Trichoderma viride/harzianum</i>	Fungicida	Doenças fúngicas do solo e das sementes como a podridão radicular causada por organismos como o <i>Fusarium</i> etc.	Micoparasíticas
<i>Pythium oligandrum</i>	Fungicida	Parasita de muitos fungos e outros oomicetos, incluindo <i>Botrytis</i> , <i>Fusarium</i> e <i>Phytophthora</i>	
<i>Cerevisane</i>	Fungicida	Proteção contra o míldio e o oídio da vinha	Indutor de resistência sistêmica em plantas
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	Inseticida	Combate várias pragas, nomeadamente a mosca-branca, afídeos	
<i>Trichoderma asperellum estirpe</i>	Fungicida	Doenças do lenho	Neutralizam a ação dos fungos patogénicos
<i>Trichoderma atroviride</i>	Fungicida	Proteção de feridas de poda na videira	Neutralizam a ação dos fungos patogénicos
<i>Trichoderma gamsii</i>	Fungicida	Doenças do lenho	Neutralizam a ação dos fungos patogénicos
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Fungicida	Controle de doenças das plantas	Indutor de resistência sistêmica em plantas
<i>Trichoderma and Paecilomyces</i>	Fungicida/ Nematodocida	Fungos patogénicos do solo e nemátodos	Digere a parede celular dos patogénicos
<i>Beauveria bassiana</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Inseticida	Brocas, tripses, etc.	Digestão pelos fungos da cutícula enzimática dos insetos, parasitismo e controlo dos insetos em cerca de 5 a 7 dias
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Nematodocida	Todos os tipos de nemátodos	Entrada das hifas dos fungos para o corpo dos insetos, parasitismo e esporulação e morte dos insetos em cerca de 5 a 7 dias.

Tabela 17 - Biopesticidas microbianos à base de fungos, inimigo(s) alvo e modo de ação
Fonte: Amaro (2016); Ferreira (1999 e 2009) <https://sifito.dgav.pt/divulgacao/produtos> (Adaptado)

Biopesticidas botânicos	Categoria	Inimigo(s) alvo	Modo de ação
<i>Pyrethrum</i>	Inseticida	Broca-das-cucurbitáceas, afídeos, cicadídeos, ácaros, insetos de <i>Murgantia histrionica</i> e larva do repolho.	Interrompe o processo de troca de iões de sódio e potássio nas fibras nervosas e a normal transmissão dos impulsos nervosos.
<i>Neem</i>	Inseticida	Roscas, lagartas e traças-da-relva	Atua nos sistemas digestivo, nervoso e hormonal.

Rotenona	Inseticida	Espécies da família Cercopoidea, afídeos, escaravelho da batata, <i>Murgantia histrionica</i> , percevejos, ácaros, formigas-carpinteiras.	Inibe a respiração celular.
Ryania	Inseticida	Bichado-da-fruta, escaravelhos japoneses, percevejo, afídios da batata, <i>Thrips tabaci</i> , larva do milho, bicho-da-seda	Impede a contração muscular causando paralisia.
Sabadilha	Inseticida	Gafanhotos, bichado-da-fruta, traças, bichoda- seda, afídeos, <i>Trichoplusia ni</i> , besouros, <i>Anasa tristis</i> , <i>Murgantia histrionica</i> .	Afeta o potencial de ação da membrana da célula nervosa causando perda da função e paralisia.
Nicotina	Inseticida	Afídeos, tripes, lagartas.	Toxina neurogénica de ação rápida
Óleo de alho	Inseticida	Traças-da-couve, <i>Trichoplusia ni</i> , tesorinhas, cicadelídios, mosca-branca e afídeos	Repelente, tóxica ou impede a alimentação dos insetos
Óleos essenciais	Inseticida / Fungicida Bactericida/ Herbicida	Insetos, bactérias, fungos e nemátodos.	Destrói a membrana celular
Cera de pimenta	Repelente de insetos	Afídeos, gafanhotos, traças-da-couve, trips, <i>Trichoplusia ni</i> , tesorinhas, cicadelídeos, mosca branca, ácaros e cochonilhas	Repelente, tóxica ou anti-alimentação nos insetos

Tabela 18 - Biopesticidas botânicos, inimigo(s) alvo e modo de ação
Fonte: Amaro (2016); Ferreira (1999 e 2009) <https://sifito.dgav.pt/divulgacao/produtos> (Adaptado)

A aplicação de produtos que favoreçam a resistências das plantas às doenças – os chamados indutores de resistência – é, também, considerada uma medida profilática.

Com o objetivo de avaliar se uma praga ou doença está a pôr em risco a cultura, a monitorização é fundamental. O ciclo biológico dos inimigos das culturas, deve ser acompanhado, através de uma avaliação do risco periódica, com o recurso a metodologias adequadas de diagnóstico, monitorização e quantificação das populações dos inimigos das culturas. Estes conhecimentos sobre os períodos de risco, são essenciais para se efetuar uma correta estimativa do risco. A estimativa de risco passa por identificar o inimigo, a intensidade do ataque e os fatores de nocividade, nomeadamente o estado fenológico e respetiva sensibilidade da cultura, bem como as condições meteorológicas mais favoráveis ao seu desenvolvimento.

Assim, a chave no combate aos inimigos das culturas centra-se nas observações regulares uma vez que irão permitir determinar o nível económico de ataque (NEA) e a necessidade de intervenção indo ao encontro dos princípios e conceitos preconizados pela proteção integrada que a seguir se apresentam:

Estimativa do Risco

Avaliação quantitativa de inimigos das culturas e análise da influência de certos fatores nos prejuízos que possam causar.

Nível Económico de Ataque (NEA)

Intensidade de ataque de um inimigo da cultura a que se devem aplicar medidas limitativas ou de combate

para impedir que a cultura corra o risco de prejuízos superiores ao custo das medidas de luta a adoptar, acrescidos dos efeitos indesejáveis que estas últimas possam provocar.

Tomada de Decisão

Baseia-se na análise global da estimativa do risco, na referência ao NEA e na seleção dos meios de proteção, de modo a fornecer uma decisão fundamentada sobre a indispensabilidade de intervenção, os meios de luta a adoptar, privilegiando a integração dos meios de luta cultural, genética, biológica e biotécnica e a seleção dos produtos fitofarmacêuticos, se for o caso.

III – Infraestruturas ecológicas

As infraestruturas ecológicas são uma das ferramentas mais importantes para promover os serviços ecológicos e a biodiversidade funcional e asseguram a presença de diferentes auxiliares através de: abrigo, locais de hibernação, presas/ hospedeiros alternativos, fonte de alimento (por exemplo, néctar, pólen, melada), habitat para a sua dispersão (muitos artrópodes têm pouca mobilidade).

Com a promoção da biodiversidade, vários serviços ecológicos irão beneficiar a produção agrícola: reciclagem de nutrientes, proteção da cultura, clima e água, conservação do solo, armazenamento de carbono, entre outros.

De acordo com as normas da Organização Internacional de Luta Biológica (OILB), pelo menos 5% da totalidade da área das explorações (excluindo a floresta) devem ser identificadas e geridas como infraestruturas ecológicas, sem a introdução de pesticidas e fertilizantes, com o intuito de aumentar a biodiversidade botânica e faunística. Idealmente, a área total das infraestruturas ecológicas deve chegar aos 10%. (Costa, 2016).

Entende-se por infra-estrutura ecológica (IEE), qualquer infraestrutura existente na exploração agrícola, ou num raio de cerca de 150 m, com valor ecológico, e cuja utilização aumente a biodiversidade funcional da exploração (i.e., a parte da biodiversidade que pode ser diretamente utilizada pelo agricultor). A contribuição efetiva das IEEs no fomento da biodiversidade depende da sua qualidade ecológica, localização e ligação a outras IEEs situadas dentro e fora da exploração, sendo que a dimensão adequada das IEEs e a distância entre elas depende do tamanho e capacidade de dispersão das espécies animais que as utilizam.

Uma rede de IEEs deverá ser composta por três elementos fundamentais, cada um com diferentes funções (Franco, 2010):

- 1) Habitats permanentes – de grande dimensão, incluem prados, pastagens, floresta, áreas ruderais e pomares tradicionais;
- 2) Habitats temporários – de pequena dimensão, incluem pequenos bosques, manchas de arbustos e árvores, amontoados de pedra ou lenha e charcos;
- 3) Corredores ecológicos – incluem estruturas lineares como sebes, faixas com enrelvamento, caminhos rurais e linhas de água.

As distâncias entre as IEEs e a cultura devem ser tidas em atenção, como forma de assegurar a efetiva dispersão dos inimigos naturais e colonização da última (p. ex. IEEs destinadas a

assegurar a colonização da vinha por parasitoides da traça-da-uva que se movimentem menos de 100 m, devem ser instaladas a menor distância da cultura do que no caso de se pretender incrementar a atuação do papel de aves insectívoras, que se podem deslocar centenas de metros; uma IEE adequada para o primeiro caso poderá ser o enrelvamento, já para o segundo poderá ser uma sebe). Entre os diversos tipos de infra-estruturas ecológicas, destaca-se a cobertura vegetal do solo e as sebes e cortinas de abrigo.

Na Figura 22 pode observar-se uma faixa multifuncional constituída por espécies com diferentes épocas de floração de forma a fornecer alimento aos auxiliares (Esq^a) e a existência de uma sebe composta por diferentes espécies arbóreas e arbustivas (Dt^a).

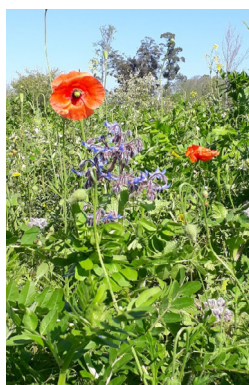


Figura 22 – Faixa multifuncional (Esq.ª) e sebe (Dt.ª).

Na Figura 23 apresenta-se uma infraestrutura constituída por diferentes materiais com o objetivo de fornecer abrigo aos auxiliares.



Figura 23 - Infraestrutura constituída por diferentes materiais
Fonte: André Oliveira

IV.6.2. PARTE ANIMAL

As explorações que tenham ou pretendam introduzir animais devem antes de mais, garantir o cumprimento das regras e legislação gerais específicas para produção animal, de acordo com o preconizado pela DGAV-Direção Geral de Alimentação e Veterinária, enquanto Autoridade Sanitária Nacional.

Caso pretendam comercializar os seus produtos como biológicos, os criadores de animais devem igualmente satisfazer condições específicas, tais como o respeito pelo bem-estar dos

animais, a alimentação dos animais em função das suas necessidades nutricionais e a proteção da sua saúde e do ambiente. Estas normas também ajudam a reforçar a confiança do público, uma vez que garantem uma separação entre animais de criação biológica e animais não biológicos. As normas aplicáveis aos criadores de animais incluem o respeito pelos princípios de produção biológica (https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/organic-farming/organic-production-and-products_pt#rulesonlivestock):

- i) Os animais que não sejam de criação biológica não podem ser deslocados entre explorações, salvo para fins de reprodução, devendo a partir daí cumprir exclusivamente normas específicas
- ii) Para comercializar os seus produtos como biológicos, os agricultores têm de alimentar os seus animais com alimentos 100 % biológicos
- iii) Os alimentos para animais devem provir principalmente da exploração agrícola em que os animais são criados, ou de explorações da mesma região
- iv) É estritamente proibida a clonagem de animais e/ou a transferência de embriões
- v) São proibidos os estimuladores de crescimento e os aminoácidos sintéticos
- vi) Os mamíferos lactantes têm de ser alimentados com leite natural, de preferência materno
- vii) Devem utilizar-se métodos de reprodução naturais, mas é permitida a inseminação artificial
- viii) Na alimentação dos animais só podem ser utilizadas matérias não biológicas de origem vegetal, matérias de origem animal e mineral, aditivos, certos produtos utilizados na nutrição animal e auxiliares tecnológicos especificamente autorizados na produção biológica

E do Bem-estar dos animais:

- i) As pessoas que se ocupam dos animais devem possuir os conhecimentos e competências básicos necessários em matéria de saúde e bem-estar dos animais
- ii) Deve ser dada especial atenção às condições de estabulação, às práticas de criação e ao encabeçamento
- iii) O número de animais deve ser limitado de forma a reduzir ao mínimo o sobrepastoreio, a erosão ou a poluição causada pelos animais ou pela dispersão do seu estrume
- iv) Sempre que possível, os animais devem ter acesso a áreas ao ar livre ou a pastagens
- v) É proibido amarrar ou isolar os animais, a não ser em casos específicos durante um período limitado, e somente por razões de bem-estar, segurança ou veterinárias
- vi) Não são permitidas hormonas ou substâncias análogas, exceto como forma de tratamento terapêutico veterinário de um animal específico
- vii) Sempre que haja animais doentes, são autorizados, se necessário e sob condições rigorosas, medicamentos veterinários alopáticos, incluindo antibióticos, mas apenas quando não seja apropriada a utilização de produtos fitoterapêuticos, homeopáticos e outros
- viii) É permitida a utilização de medicamentos veterinários imunológicos

Qualquer sofrimento, dor e agitação devem ser evitados e reduzidos ao mínimo durante toda a vida do animal. Os animais devem ter acesso permanente a áreas ao ar livre, para lhes permitir fazer exercício, de preferência a pastagens, desde que, as condições meteorológicas e o estado do terreno o permitam. A depena das aves de capoeira é proibida.

A legislação aplicada à criação de animais, o seu manuseamento durante o transporte e o abate, rege-se pelo Regulamento (CE) n.º 1/2005 do Conselho e do Regulamento (CE) n.º 1099/2009 do Conselho, onde todas as pessoas envolvidas devem seguir uma formação adequada e possuir os conhecimentos e competências básicas necessários para o bem-estar animal.

A alimentação dos animais deve respeitar os seguintes requisitos:

- Advir da exploração agrícola onde os animais são mantidos, ou de outras explorações agrícolas com produção biológica ou em conversão da mesma região.
- A maior parte dos animais, com exceção dos suínos e as aves de capoeira, devem ter acesso permanente a pastos e forragens grosseiras.
- A alimentação racionada só pode ser ministrada com autorização do veterinário e é proibida a alimentação forçada.
- Não podem ser utilizados promotores de crescimento nem aminoácidos sintéticos.
- Os animais lactantes devem ser alimentados com leite na sua forma natural, da mãe. Caso não seja possível podem ser alimentados de outra fêmea em lactação da mesma exploração ou de outra exploração em MPB, na mesma região. É proibido a utilização de leite de substituição que contenha componentes de síntese química ou de origem vegetal, como é o caso do leite em pó reconstituído.
- Através da autorização da Comissão Europeia (publicação de listas atualizadas regularmente no Anexo III do Regulamento de Execução (UE) 2019/2164 da Comissão de 17 de dezembro de 2019), é possível a introdução de matérias-primas não biológicas, aditivos e auxiliares tecnológicos nos alimentos dos animais, desde que cumprem as regras da produção biológica.



Consulte aqui o n.º 2 do artigo 22º do Regulamento 2018/848 do Parlamento Europeu e do Conselho que, derroga as regras de produção biológica aplicáveis à alimentação animal em caso de catastrofes. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0848&from=PT>

Os animais devem pastar em terrenos biológicos ou em terrenos baldios desde que:

- Os baldios tenham sido tratados com produtos ou substâncias, autorizadas na produção biológica. Caso contrário terá que se esperar pelo menos 3 anos para utilização dos terrenos;
- Em situações, onde há pastagens nos mesmos terrenos, de animais de criação biológica e não biológica, os produtos provenientes dos animais de criação biológica não são considerados produtos biológicos.
- Em caso de situações de catástrofe (ex. seca ou incêndios, perda de produção de forragens, etc.), a DGADR pode autorizar a utilização de alimentos não biológicos, por um período de tempo limitado e dentro de uma zona específica.

A gestão da saúde animal deve basear-se essencialmente na prevenção dando especial atenção aos seguintes pilares:

Seleção de raças e estirpes adaptadas à região e resistentes a doenças

Escolha de alimentação com elevada qualidade

Promover sempre que possível o exercício

Densidade populacional apropriada

Alojamento adequado e mantido em boas condições de higiene (limpeza e desinfeção)

Vacinação e desparasitação do efetivo, testes de rastreio e quarentenas

O alojamento adequado para a produção biológica de animais não pode ser dotado de um solo muito húmido ou pantanoso.

Deve ser respeitado uma densidade populacional que permita ao animal um espaço suficiente para poder estar de pé naturalmente, deslocar-se, deitar-se com facilidade, virar-se, limpar-se, praticar todas as posições naturais e fazer todos os movimentos naturais como, esticar-se e bater as asas.

A densidade populacional total não pode ultrapassar o limite de 170 kg de azoto orgânico por ano e por hectare de superfície agrícola (Tabela 19).

Bovinos

- Vitelos para engorda - 5
- Outros bovinos com menos de um ano - 5
- Bovinos de um a menos de dois anos, machos - 3,3
- Bovinos de um a menos de dois anos, fêmeas - 3,3
- Bovinos com dois anos ou mais, machos - 2
- Novilhas para criação - 2,5
- Novilhas para engorda - 2,5
- Vacas leiteiras - 2
- Vacas leiteiras de reforma - 2
- Outras vacas - 2,5

Suínos

- Leitões - 74
- Porcas reprodutoras - 6,5
- Suínos para engorda - 14
- Outros suínos - 14

Caprinos

- Cabras - 13,3

Ovinos

- Ovelhas - 13,3

Aves de capoeira

- Frangos de carne - 580
- Galinhas poedeiras - 230

Coelhos

- Coelhas reprodutoras - 100

Equídeos

- Equídeos com mais de seis meses - 2

Tabela 19 - Número máximo de animais por hectare de superfície agrícola utilizada equivalente a 170 kg/N/ha/ano.
Fonte: DGADR https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/val/mpb/Guia_Producao_Animal_Agricultura_Biologica_.pdf

No modo de produção biológica os animais e a produção pecuária são consideradas parte integrante do sistema agrícola, nomeadamente as superfícies de prados e pastagens permanentes em produção biológica devem ser pastoreadas por animais igualmente em produção biológica ou em conversão. Contudo, podem existir animais de criação não biológica, inseridos numa exploração biológica e nestas situações têm que ser cumpridas as seguintes regras:

- Os animais têm que ser criados em unidades cujos edifícios e parcelas sejam separados das unidades que produzem segundo as regras da produção biológica;
- Os animais de criação biológica pastam em superfícies de prados e pastagens de produção biológica, enquanto os animais de criação não biológica pastam em superfícies distintas, noutro modo de produção (que terão de ser de variedades distintas ou que possam ser facilmente distinguidas);
- Os animais de criação não biológica, têm que pertencer a uma espécie diferente.

O manejo e alimentação, dos animais de produção biológica têm que respeitar as regras aplicáveis ao modo de produção biológico, de forma a atender, nomeadamente a, preocupações com o sistema ambiental no seu todo, e com os animais e respetivas exigências de bem-estar. Esta verificação do cumprimento das regras e princípios sob o sistema de controlo do MPB, aplicáveis à produção vegetal e animal, são alvo de controlo e verificação periódica por parte do OC. Este controlo é feito a todo o processo de produção e não especificamente ao produto. Após verificação do cumprimento integral das regras aplicáveis ao modo de produção, o produto, resultado do processo de produção, pode ser comercializado como biológico, isto é, ser “certificado” como produto biológico. Mais informação em: https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/val/mpb/Guia_Producao_Animal_Agricultura_Biologica_.pdf.

Profilaxia, Tratamentos e Uso de Medicamentos Veterinários

- Os animais criados em MPB devem ser criados de acordo com os princípios do bem-estar animal e de garantia da preservação da sua saúde e ok reforço da sua imunidade. Estes devem dispor de condições que permitam a manifestação do seu comportamento natural e condições que se aproximem das que teria se vivesse em liberdade, no seu ambiente natural ao ar livre na natureza.
- É proibida a utilização de substâncias para estimular o crescimento ou a produção (incluindo antibióticos, coccidiostáticos e outras substâncias artificiais indutoras de crescimento) e de hormonas ou substâncias similares para controlar a reprodução ou para outras finalidades (por exemplo, indução ou sincronização do cio).
- O produtor biológico deverá ter um plano sanitário profilático o qual deverá ser elaborado de acordo com o Programa epidemiológico nacional sob indicado dos

Serviços regionais representantes da DGAV – Direção Geral de Alimentação e Veterinária, enquanto Autoridade Sanitária Nacional.

- d) Nas intervenções veterinárias, devem ser preferencialmente usados medicamentos naturais, fitoterápicos e homeopáticos.
- e) Nos tratamentos de doenças, são autorizados os tratamentos relacionados com a proteção da saúde humana ou animal impostos por força da legislação da União Europeia e pelo Programa Epidemiológico Nacional em conformidade com as orientações da DGAV. Os produtos fitoterapêuticos e os produtos homeopáticos, são preferidos em relação aos tratamentos veterinários alopáticos de síntese química tais como antibióticos, desde que os seus efeitos terapêuticos sejam eficazes para a espécie animal e para o problema a que o tratamento se destina. Se a utilização das medidas referidas não se revelar eficaz para curar a doença ou a lesão, e se for essencial um tratamento para evitar o sofrimento ou a aflição do animal, podem ser utilizados medicamentos veterinários alopáticos de síntese química ou antibióticos, sob a responsabilidade de um médico veterinário. Nestas intervenções, deve ser feito um diagnóstico em que se deve indicar o produto e a posologia, as substâncias ativas e a via de administração do medicamento. A receita do médico veterinário assistente da exploração deve ser guardada anexa ao caderno de campo. Nesta deve constar a justificação para o uso de medicamentos alopáticos e indicar o intervalo de segurança.
- f) Com exceção das vacinações e dos antiparasitários, assim como de planos de erradicação obrigatórios, se forem administrados a um animal ou grupo de animais mais de três tratamentos com medicamentos veterinários alopáticos de síntese química ou antibióticos no prazo de doze meses, ou mais de um tratamento se o seu ciclo de vida produtivo for inferior a um ano, os animais em questão, ou os produtos deles derivados, não podem ser vendidos sob a designação de produtos biológicos, devendo os animais ser submetidos aos períodos de conversão. O intervalo de segurança entre a última administração de um medicamento veterinário alopático a um animal em condições de utilização normais e a produção de géneros alimentícios provenientes do modo de produção biológico derivados desse animal deve ser o dobro do intervalo legal de segurança referido no artigo 11.º da Diretiva 2001/82/CE ou, se esse período não estiver especificado, de 48 horas.

VI.7. REGISTOS EM AGRICULTURA BIOLÓGICA

Numa exploração ou parte da exploração em Agricultura Biológica, ou em conversão, o operador deve guardar registos da produção em Agricultura Biológica, e noutro sistema de produção, separadamente ou facilmente separável, conservando registos que evidenciem essa separação. O exercício da Agricultura Biológica implica por parte dos agricultores, determinadas obrigações e compromissos que devem ser registados em caderno próprio denominado caderno de campo constituindo um meio de controlo da produção, exigido hoje, por todos os clientes de produtos alimentares.

De acordo com o exposto pela DGADR em https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/val/mpb/Guia_Produtor_Biologico.pdf, devem ser mantidos na unidade ou nas instalações registos, de existências e financeiros, que permitam ao operador identificar e à DGADR ou ao OC verificar:

- O fornecedor e, se não for o mesmo, o vendedor ou o exportador dos produtos;
- A natureza e quantidades dos produtos biológicos fornecidos à unidade e, se for caso disso, a natureza e quantidades da totalidade dos materiais adquiridos e respetiva utilização, bem como, se for caso disso, a formulação dos alimentos compostos para animais;
- A natureza e quantidades dos produtos biológicos armazenados nas instalações;
- A natureza, quantidades, destinatários e, caso sejam diferentes, compradores, com exceção dos consumidores finais, dos produtos que tenham saído da unidade ou das instalações ou locais de armazenagem do primeiro destinatário;
- A contabilidade documental inclui também os resultados da verificação dos produtos biológicos aquando da sua receção e quaisquer outras informações exigidas pela DGADR ou pelo OC para um controlo adequado. Os dados contabilísticos são apoiados por documentos comprovativos. A contabilidade deve demonstrar a consistência entre os fatores de produção utilizados e os produtos obtidos, nomeadamente de “balanço de massa”.

O operador deve:

- Facultar à DGADR e ao OC o acesso a todas as partes da unidade e a todas as instalações, bem como a toda a contabilidade e elementos de prova a ela atinentes;
- Fornecer ao OC todas as informações necessárias para o controlo;
- A pedido da DGADR ou do OC, apresentar os resultados dos seus próprios programas de garantia da qualidade.

A DGADR disponibiliza em <https://www.dgadr.gov.pt/agricultura-e-producao-biologica> um Modelo de Registo de Campo da Produção Agrícola – Vegetal e Animal a adotar no registo da informação exigida. Este registo pode ser efetuado em papel ou digitalmente e ser mantido atualizado.

I) Registos específicos da produção vegetal

A descrição completa da unidade, das instalações e/ou da atividade deve:

- a) Ser estabelecida mesmo que a atividade do produtor se limite à colheita de plantas que crescem espontaneamente;
- b) Indicar os locais de armazenagem, de produção, as parcelas e/ou áreas de colheita e, se for caso disso, os locais onde se efetuam determinadas operações de transformação e/ou acondicionamento;
- c) Especificar a data da última aplicação, nas parcelas e/ou nas áreas de colheita em causa, de produtos cuja utilização seja incompatível com as regras da produção biológica.

Todos os anos, antes da data indicada pelo OC, o produtor deve comunicar ao OC o seu programa de produção de produtos vegetais, pormenorizado ao nível das parcelas.

Os dados relativos à produção vegetal devem ser coligidos sob a forma de um registo e estar permanentemente acessíveis nas instalações da exploração. Esses dados devem fornecer, pelo menos, as seguintes informações:

- i) No respeitante ao uso de fertilizantes: data de aplicação, tipo e quantidade de fertilizante e parcelas em causa;
- ii) No respeitante ao uso de produtos fitofarmacêuticos: justificação e data do tratamento, tipo de produto, método de tratamento;
- iii) No respeitante à compra de fatores de produção: data, tipo e quantidade de produto comprado;
- iv) No respeitante à colheita: data, tipo e quantidade de produto biológico ou em conversão colhido.

II) Registos específicos da produção animal

A descrição completa da unidade, das instalações e/ou da atividade deve incluir:

- a) Uma descrição completa dos edifícios pecuários, das pastagens, das áreas ao ar livre, etc. e, se for caso disso, dos locais de armazenagem, acondicionamento e transformação dos animais, produtos animais, matérias-primas e outros fatores de produção;
- b) Uma descrição completa das instalações de armazenagem do estrume animal.
- c) As medidas concretas a tomar ao nível da unidade, das instalações e/ou da atividade para garantir o respeito das regras da produção biológica, devem incluir:
 - i) Um plano de espalhamento de estrume, acordado com o OC, e uma descrição completa das superfícies dedicadas à produção vegetal;
 - ii) Se for caso disso, relativamente ao espalhamento de estrume, os acordos de cooperação escritos, com outras explorações que cumpram o disposto nas regras da produção biológica;
 - iii) Um plano de gestão da unidade pecuária que pratica a produção biológica.
 - iv) Os animais são identificados de forma permanente com técnicas adequadas a cada espécie, individualmente para os mamíferos de grande porte e individualmente ou por lote para as aves de capoeira e os mamíferos de pequeno porte.

Os dados relativos aos animais devem ser coligidos sob a forma de um registo e estar permanentemente acessíveis nas instalações da exploração. Estes registos devem fornecer uma descrição completa do sistema de gestão do efetivo incluindo, pelo menos, as seguintes informações:

- i) Entradas de animais: origem e data de entrada, período de conversão, marca de identificação, antecedentes veterinários;
- ii) Saídas de animais: idade, número de cabeças, peso no caso de saída para abate, marca de identificação e destino;

- iii) Eventuais perdas de animais e respetiva justificação;
- iv) Alimentação: tipo de alimentos, incluindo os complementos alimentares, proporção dos diversos constituintes da ração, períodos de acesso aos parques ao ar livre e períodos de transumância, caso existam restrições neste domínio;
- v) Prevenção de doenças, tratamentos e assistência veterinária: data do tratamento, indicação do diagnóstico e da posologia; natureza do produto utilizado no tratamento, indicação das substâncias farmacológicas ativas, modalidades de tratamento, receita do médico veterinário para a assistência veterinária, com indicação da respetiva justificação e dos intervalos de segurança impostos antes da comercialização dos produtos animais rotulados como biológicos.

Medidas de controlo dos medicamentos veterinários utilizados

Sempre que sejam utilizados medicamentos veterinários, as informações acima previstas devem ser comunicadas ao OC antes da comercialização dos animais ou dos produtos animais como provenientes da produção biológica. Os animais tratados devem ser claramente identificados, individualmente no caso dos animais de grande porte, individualmente ou por lotes no caso das aves de capoeira, dos animais de pequeno porte.

IV.8 CONTROLO E CERTIFICAÇÃO

A certificação biológica permite a uma exploração, ou a uma unidade e transformação, vender, rotular e apresentar os seus produtos como biológicos. Todas as unidades que violem os regulamentos de agricultura biológica estão sujeitas a sanções, que incluem coimas ou suspensões da certificação.

As entidades de certificação são acreditadas pelos serviços oficiais de cada País e são responsáveis por assegurar que os produtos orgânicos têm ou excedem os parâmetros exigidos em agricultura biológica.

O controlo na agricultura biológica é um controlo ao processo de produção e não especificamente ao produto, sendo o Regulamento (UE) 2017/625 do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de março de 2017, que assegura esse controlo e outras atividades em matéria de géneros alimentícios e alimentos para animais e das regras sobre saúde e bem-estar animal, fitossanidade e produtos fitofarmacêuticos.

Como já referido anteriormente, a atividade do operador biológico encontra-se sujeito a um controlo oficial específico. Estas atividades de controlo oficial são coordenadas pela DGADR e incidem nas fases de produção, preparação, distribuição e importação até à colocação dos produtos biológicos no consumidor final.

Quando se verifica o cumprimento das regras aplicáveis ao modo de produção, o produto, pode ser comercializado como biológico, isto é, ostentar na rotulagem a indicação de produto biológico (Figura 24), procedendo à sua "certificação". Para obter esse certificado é necessário recorrer a organismos certificadores (OC), conforme será explicado mais adiante.



Figura 24 - Logotipo que identifica os produtos biológicos
Fonte: DGADR

- Os agricultores, transformadores, distribuidores, retalhistas e importadores que pretendam utilizar o logótipo biológico da UE devem respeitar um conjunto de regras rigorosas da União;
- Os operadores notificam e descrevem a sua atividade à autoridade responsável pelos controlos biológicos no respetivo Estado-Membro;
- Um organismo de controlo público ou privado faz uma visita de inspeção aos operadores. Se o resultado for positivo, os operadores recebem um certificado e são autorizados a comercializar os seus produtos como biológicos;
- Os operadores são alvo de uma inspeção, pelo menos uma vez por ano, de forma a garantir que respeitam as regras de produção biológica.

De acordo com a Figura 25, o agricultor para se tornar um operador biológico tem que cumprir várias etapas, tais como:

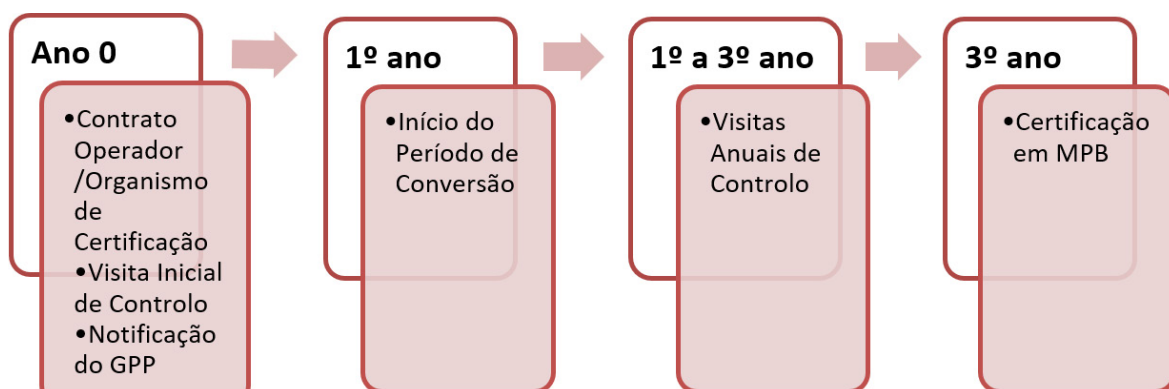


Figura 25 - Etapas do processo de Controlo e Certificação | Fonte: Adaptado da DGADR

- i) O primeiro passo para a notificação do operador como agricultor biológico é a contratualização com um organismo de controlo (OC)

Estes têm que ser reconhecidos e acreditados para a Certificação da Agricultura Biológica em Portugal, tendo um papel de avaliação sobre as condições necessárias para a conversão da exploração em Modo de Produção Biológico. As entidades certificadoras são organismos privados que se regem pelas normas estabelecidas em cada país e são responsáveis por assegurar que os produtos orgânicos têm ou excedem os parâmetros exigidos em agricultura biológica. Listagem dos OC disponível em: <https://www.dgadr.>

gov.pt/agricultura-e-producao-biologica É realizada uma visita inicial de controlo por parte do organismo de certificação, para verificar a exploração e respetivas condições a converter para modo de produção biológica.

- ii) Notificação da atividade à DGADR – O início da atividade e o período de conversão inicia-se quando o agricultor procede à notificação como operador biológico à DGADR, em formulário próprio (Figura 26) que se encontra disponível no sítio eletrónico da DGADR, na página da produção biológica, e submete a sua exploração ao sistema de controlo. No preenchimento do formulário, o agricultor, **(1)** Escolhe as culturas vegetais existentes na exploração; **(2)** Refere as culturais vegetais que estão em conversão (ano 1, ano 2, etc.); **(3 e 4)** Comunica as culturas e áreas vegetais existentes na exploração (hectares) e o número de cabeças por espécie e/ou a cumprir o período de conversão e em agricultura biológica na sua exploração; **(5)** Identificar o organismo de controlo.

É obrigatório declarar todas as áreas em MPB da exploração nesta notificação

PRODUÇÕES VEGETAIS (ha)				
Cultura	Em AB	Em C1	Em C2	Em C3
Escolher				
Escolher				
Escolher				

PRODUÇÕES ANIMAIS (nº de cabeças)		
Espécie	Em AB	Em C
Bovinos		
Caprinos		
Aves		
Apicultura (nº de colmeias)		

Espécie	Em AB	Em C
Ovinos		
Suínos		
Equídeos		
Outros		

Organismo de Controlo

☐ Agricert
 ☐ Certis
 ☐ CertiPlanet
 ☐ Codimaco
 ☐ Ecocert Portugal
 ☐ Sativa
 ☐ SGS Portugal
 ☐ Trad. e Qualidade
 ☐ Naturalfa
 ☐ APCER

Data assinatura do contrato DD/MM/AAAA
 Data 1º controlo DD/MM/AAAA
 Data último controlo DD/MM/AAAA

Figura 26 - Formulário obrigatório a preencher pelo agricultor para se tornar num operador biológico | Fonte: Adaptado da DGADR

- iii) Cumprir o período de conversão, um produto só pode ser comercializado como biológico após o período de conversão para a agricultura biológica, existindo períodos de conversão diferentes consoante o tipo de espécie. Durante este período, é necessário utilizar métodos de produção biológica, mas o produto resultante não pode ser vendido como biológico. Os prados ou forragens perenes exploradas para a alimentação animal, devem ser submetidos a um período mínimo de conversão de 2 anos.
- iv) Visitas anuais de controlo, o agricultor em modo de produção biológico é controlado pelo OC, pelo menos uma vez por ano, para haver a certeza de que as regras são respeitadas. Só desta forma os seus produtos podem receber um certificado e ostentar o logótipo biológico da União Europeia. Sobre a delegação da DGADR, os OC's podem:
- Colher amostras para pesquisa de produtos não autorizados na produção biológica ou verificação de técnicas de produção não conformes às regras a que a mesma está sujeita;

- b) Colher e analisar amostras para deteção de eventuais contaminações por produtos não autorizados na produção biológica.

Após cada visita é elaborado um relatório de controlo, assinado pelo operador da unidade ou pelo seu representante.

Sempre que ocorra uma alteração ao regime de controlo, o operador comunica à DGADR a alteração e atualiza a notificação e a descrição da exploração.

Em caso de incumprimento:

Os OC informam a DGADR sempre que os resultados dos controlos oficiais revelem não conformidades, conforme previsto em procedimento próprio relativo à comunicação de infrações e irregularidades no regime de controlo MPB.

A comunicação de não conformidades graves respeitantes aos produtos e/ou operadores, são obrigatoriamente comunicadas de forma individualizada e imediata pelo OC que as deteta, à DGADR, a outras autoridades envolvidas e/ou a outros OC.

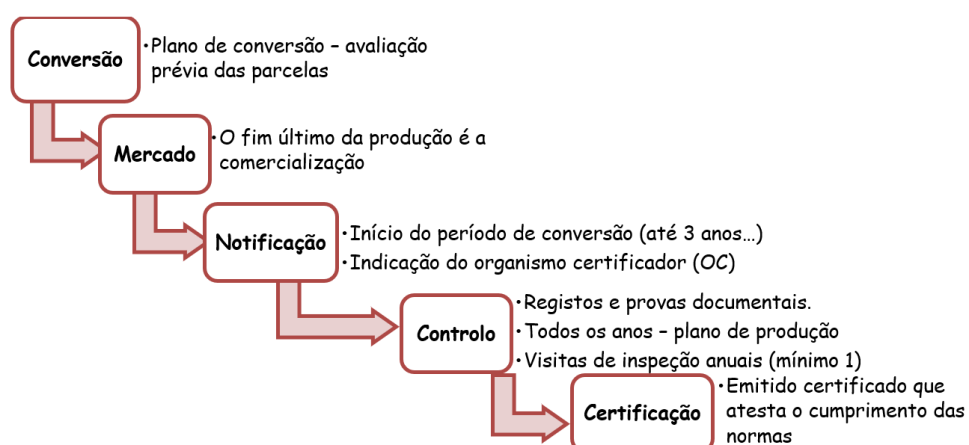
Após a comprovação do cumprimento das respetivas normas de produção por parte de um operador, é emitido em documento, pelo OC – certificado.

O certificado deve:

- Ser emitido em formato eletrónico sempre que possível;
- Permitir, no mínimo, a identificação do operador ou dos grupos de operadores, incluindo a lista dos seus membros, a categoria de produtos abrangidos pelo certificado e o seu período de validade;
- Atestar que a atividade notificada está em conformidade com o presente regulamento;
- Ser emitido de acordo com o modelo definido no anexo VI, do Regulamento (UE) 2018/848 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018.

Com obtenção da certificação biológica é permitido à exploração, ou a uma unidade e transformação, vender, rotular e apresentar os seus produtos como biológicos.

Na Figura apresenta-se esquematicamente o percurso das etapas que um operador biológico tem de cumprir, da conversão à certificação:



MÓDULO V

ECONOMIA CIRCULAR APLICADA À AGRICULTURA

V.1. INTRODUÇÃO À ECONOMIA CIRCULAR.....	295
V.1.1. CONCEITO	295
V.1.2. ESTRATÉGIA	296
V.1.3. BENEFÍCIOS	298
V.1.4. EXEMPLO DE APLICAÇÕES EM AGRICULTURA.....	298
V.2. UTILIZAÇÃO EFICIENTE DOS RECURSOS	301
V.2.1. UTILIZAÇÃO EFICIENTE DA ÁGUA.....	303
V.2.2. UTILIZAÇÃO EFICIENTE DA ENERGIA.....	307
V.2.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	311
V.3. RESÍDUOS E SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS	313
V.3.1. NOTA INTRODUTÓRIA	313
V.3.2. CONCEITOS	313
V.3.3. ESTRUTURA ORGANIZATIVA DO PLANEAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS E SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS .	317
V.3.4. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO DOS RESÍDUOS E SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS.....	319
V.3.4.1. RESÍDUOS: REGIME GERAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS.....	319
V.3.4.1.1. CLASSIFICAÇÃO E DESCLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS	323
V.3.4.2. SUBPRODUTOS	324
V.3.5. LICENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE GESTÃO DE RESÍDUOS E DE SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS	325
V.3.6. REGISTO DE INFORMAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS E DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM AGRÍCOLA	328
V.4. GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS.....	330
V.4.1. CONCEITO	331
V.4.2. FASES DAS OPERAÇÕES DE GESTÃO DE RESÍDUOS	337
V.4.3. EXEMPLOS DE SISTEMAS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS/SUBPRODUTOS DE ORIGEM AGRÍCOLA ...	338

V.4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	340
V.5. GESTÃO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL	340
V.5.1. GESTÃO DOS RESÍDUOS AGRÍCOLAS	341
V.5.1.1. ARMAZENAMENTO E ENCAMINHAMENTO PELO AGRICULTOR	341
V.5.1.2. DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS AGRÍCOLAS	346
V.5.2. GESTÃO DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL	348
V.5.2.1. VALORIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL	348
V.5.2.2. PROCESSOS DE VALORIZAÇÃO	352
V.5.2.3. A COMPOSTAGEM	354
V.5.2.3.1. TECNOLOGIA DA COMPOSTAGEM	354
V.5.2.3.2. MATERIAIS POSSÍVEIS DE COMPOSTAR	355
V.5.2.3.3. ESCOLHA DO MÉTODO E DO LOCAL PARA A COMPOSTAGEM	357
V.5.2.3.4. FATORES FÍSICO-QUÍMICOS QUE INFLUENCIAM A COMPOSTAGEM	359
V.5.2.3.5. PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE OCORREM NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM E SUA RESOLUÇÃO	365
V.5.2.3.6. QUALIDADE/PROPRIEDADES DO COMPOSTO	367
V.6. GESTÃO DE EFLUENTES PECUÁRIOS E DE OUTROS SUBPRODUTOS ANIMAIS	370
V.6.1. ENQUADRAMENTO LEGAL DA GESTÃO DE EFLUENTES PECUÁRIOS	371
V.6.2. ARMAZENAMENTO DE EFLUENTES PECUÁRIOS	373
V.6.2.1. FOSSAS E TANQUES DE EFLUENTES PECUÁRIOS E SEU DIMENSIONAMENTO	377
V.6.2.2. NITREIRAS E SEU DIMENSIONAMENTO	378
V.6.2.3. LAGOAS E SEU DIMENSIONAMENTO	379
V.6.3. ENCAMINHAMENTO E PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PECUÁRIOS	381
V.6.3.1. SEPARAÇÃO DE FASES	382
V.6.3.2. LAGUNAGEM	383
V.6.3.3. COMPOSTAGEM	384
V.6.3.4. SECAGEM TÉRMICA	385
V.6.3.5. TRATAMENTO TÉRMICO COM COMBUSTÃO	385
V.6.4. VALORIZAÇÃO DOS EFLUENTES PECUÁRIOS	386
V.6.4.1. VALORIZAÇÃO AGRÍCOLA	388
V.6.4.1.1. INCORPORAÇÃO DIRETA NO SOLO	389
V.6.4.1.2. FERTIRREGA	391
V.6.4.1.3. VALORIZAÇÃO DE BIOSSÓLIDOS	391
V.6.4.2 FORMAS DE VALORIZAÇÃO INDIRETA	392
V.6.4.2.1. COMPOSTAGEM	392
V.6.4.2.2. PRODUÇÃO DE BIOGÁS	392
V.6.4.2.3. COMBUSTÃO	393
V.6.5. GESTÃO DE OUTROS SUBPRODUTOS ANIMAIS	393
V.6.5.1. GESTÃO DE CADÁVERES DE ANIMAIS MORTOS NA EXPLORAÇÃO	397

V.7. BOAS PRÁTICAS E SIMBIOSE INDUSTRIAL EM AGRICULTURA.....	399
V.7.1. CONCEITO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL	399
V.7.2. CÓDIGO DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS NO CONTEXTO DOS RESÍDUOS E SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS ...	400
V.7.3. EXEMPLOS DE SIMBIOSES INDUSTRIAIS NO SETOR AGROALIMENTAR.....	411
V.7.4. INICIATIVAS INOVADORAS DE BOAS PRÁTICAS E SIMBIOSE INDUSTRIAL	412
V.7.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	415
ANEXO I - "INFORMAÇÃO SOBRE O CÁLCULO DA CAPACIDADE DOS NÚCLEOS DE PRODUÇÃO E DA CLASSE DA EXPLORAÇÃO PECUÁRIA"	418
ANEXO II - "PLANOS DE GESTÃO DE EFLUENTES PECUÁRIOS (PGEP)"	421
ANEXO III - "LICENCIAMENTO DOS USOS ADMISSÍVEIS PARA OS EFLUENTES PECUÁRIOS (EP)"	422

MÓDULO V

ECONOMIA CIRCULAR APLICADA À AGRICULTURA

V.1. INTRODUÇÃO À ECONOMIA CIRCULAR

Os recursos do planeta estão a ser consumidos a uma taxa insustentável, verificando-se que o aumento deste consumo ultrapassa aquilo que a Terra tem para nos dar. O modelo económico linear, baseado na extração intensiva de recursos naturais, habituou a economia e a sociedade a uma utilização excessiva e despreocupada de matérias-primas; desperdícios; perdas frequentes; ineficiências sistémicas; e métodos ambientalmente nocivos por parte dos processos produtivos e de consumo. Este modelo gera impactes ambientais negativos, entre os quais as emissões de gases com efeito de estufa, conducentes às alterações climáticas e aquecimento global. Para além disso, a consciencialização nas últimas décadas da finitude dos recursos naturais alertou o mundo para a insustentabilidade deste modelo económico e necessidade de encontrar uma alternativa.

Face a esta realidade, tem vindo a crescer a consciência das empresas e da sociedade civil para a necessária e, cada vez mais urgente, transição para um modelo económico circular. Este promove ativamente o uso eficiente e a produtividade dos recursos por ele dinamizados, através de produtos, processos e modelos de negócio assentes na desmaterialização, reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais. No entanto, esta transição acarreta inúmeros desafios: tecnológicos, sociais e económicos, que só poderão ser ultrapassados de uma forma integrada e envolvendo todos os intervenientes.

V.1.1. CONCEITO

A Economia Circular substitui o conceito de fim-de-vida da economia linear (figura 1), por novos fluxos circulares de reutilização, restauração e renovação, num processo integrado. Neste sentido, este modelo é visto como um elemento chave para promover a dissociação entre o crescimento económico e o aumento do consumo de recursos, numa nova relação até aqui vista como muito difícil de alcançar.



Figura 1 - Esquema ilustrativo do modelo de economia linear (Adaptado de: Ellen MacArthur Foundation, 2015)

A Economia Circular defende a necessidade de manter os materiais dentro do ciclo produtivo durante mais tempo para um uso mais eficiente dos recursos e uma redução dos impactos negativos ao nível ambiental e económico.

Este modelo económico (figura 2) é caracterizado pelo seu aspeto restaurador e regenerativo. Tem como principal objetivo manter produtos, componentes e materiais em elevado nível de utilidade ao longo do seu ciclo de vida. Ou seja, procura-se extrair valor económico e utilidade dos materiais, equipamentos e bens pelo maior tempo possível, em ciclos contínuos de desenvolvimento que preservem e melhorem o capital natural, otimizem a rentabilidade dos recursos e minimizem os riscos do sistema através de uma gestão equilibrada de stocks finitos e fluxos renováveis.

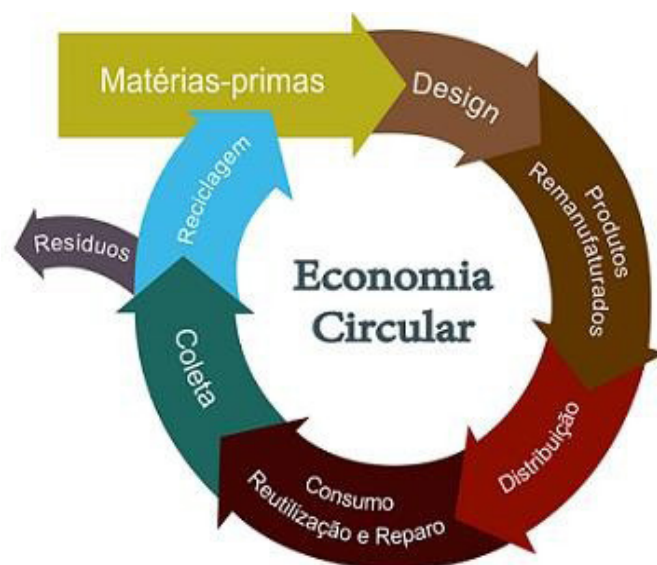


Figura 2 - Esquema ilustrativo do modelo de economia circular | Fonte: Adaptado de Ellen MacArthur Foundation, 2015

O desenvolvimento sustentável está na génese do conceito de Economia Circular. Embora este conceito seja relativamente recente, no que diz respeito ao setor agrícola, há muito que este está presente nos diversos sistemas produtivos, através de práticas que têm por base os mecanismos dos ecossistemas naturais, tais como a redução/reutilização da água, a utilização de fertilizantes orgânicos como fonte de nutrientes para as plantas, a utilização de subprodutos para a alimentação animal ou a produção de novos produtos através de resíduos orgânicos.

Neste sentido, a agricultura contribui para a circularidade da economia não só por incorporar este tipo de práticas agrícolas e florestais, como também, pelo seu potencial para fechar ciclos produtivos de outras atividades. Os agricultores integram, cada vez mais na sua atividade, os princípios da Economia Circular através de boas práticas para a **utilização eficiente dos recursos** (água, energia, solo, biodiversidade) e da **valorização de resíduos/subprodutos**.

V.1.2. ESTRATÉGIA

A economia circular, afastando-se do conceito linear e repensando as atuais formas de produzir e consumir, tem como pilares a preservação/valorização do capital natural, a minimização de desperdícios e a utilização de recursos, centrando-se no **"fecho do ciclo"** em toda a cadeia de valor. Ou seja, os recursos são mantidos e utilizados repetidas vezes, o que potencia a criação de valor acrescentado e a diminuição da produção de excedentes.

Tal permite: (i) otimizar fluxos de bens; (ii) minimizar a produção de resíduos; (iii) maximizar o aproveitamento de recursos e o valor económico de produtos/serviços; (iv) preservar o capital natural; (v) reduzir riscos / externalidades negativas.

Este modelo económico possibilita inúmeras estratégias que permitem promover a competitividade e a criação de valor nas empresas, através de:

- Novos modelos de negócio;
- Eco-concepção e design;
- Eco-eficiência/Produção limpa;
- Extensão dos ciclos de vida;
- Simbioses industriais;
- Valorização de subprodutos e resíduos;
- Sensibilização e envolvimento social.

Estas estratégias acarretam inúmeros desafios tecnológicos, sociais e económicos que só poderão ser ultrapassados de uma forma integrada e envolvendo todos os intervenientes. De forma a colaborar com este processo adaptativo, a Fundação Ellen MacArthur disponibilizou a empresas e governos uma ferramenta de auxílio para a criação de estratégias e iniciativas direcionadas para o crescimento apoiado na economia circular (Quadro ReSOLVE). Ou seja, esta Organização identificou um conjunto de seis ações que de um modo podem ser adotadas, pelas empresas e governos, na transição para uma economia circular. Estas ações (Quadro 1) são: **Regenerar, Partilhar, Otimizar, Recircular, Virtualizar e Trocar** (Schulze, 2016).

Regenerar	<ul style="list-style-type: none"> • Mudar para energia e materiais renováveis; • Recuperar, reter e restaurar a saúde dos ecossistemas; • Devolver recursos biológicos recuperados à biosfera.
Partilhar	<ul style="list-style-type: none"> • Compartilhar ativos (p. ex.: automóveis, salas, eletrodomésticos); • Reutilizar/usar produtos em segunda mão; • Prolongar a vida dos produtos através da manutenção, projetar visando a durabilidade, possibilidade de atualização, etc.
Otimizar	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar o desempenho/eficiência do produto; • Remover resíduos na produção e na cadeia de fornecimento; • Alavancar resultados através da análise de dados, automação e direção remota.
Recircular	<ul style="list-style-type: none"> • Remanufaturar produtos ou componentes; • Reciclar materiais; • Usar digestão anaeróbia; • Extrair produtos dos resíduos orgânicos.

Virtualizar	<ul style="list-style-type: none"> • Desmaterializar diretamente (livros, CDs, DVDs, viagens); • Desmaterializar indiretamente (compras on-line).
Trocar	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir os materiais antigos não renováveis por outros mais avançados; • Aplicar novas tecnologias (impressão 3D); • Optar por novos produtos/serviços (transporte multimodal).

Quadro 1 - Conceito Quadro ReSOLVE | Fonte: Adaptado de Ellen MacArthur Foundation, 2015

V.1.3. BENEFÍCIOS

O conceito de Economia Circular vai muito para além do foco restrito em ações de gestão e reciclagem de resíduos. Engloba também a reestruturação/reinvenção de processos, produtos e modelos de negócios, de modo a otimizar a utilização de recursos, circulando mais produtos, componentes e materiais em ciclos técnicos e/ou biológicos.

Alguns dos benefícios da economia circular são:

- Promover a “ecoinovação”;
- Criar novas oportunidades e modelos de negócios, produtos e serviços;
- Prolongar o ciclo de vida dos recursos e dos produtos;
- Reduzir a dependência dos combustíveis fósseis;
- Minimizar a produção de resíduos;
- Conservar o capital natural;
- Diminuir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE);
- Contribuir para o combate às alterações climáticas.

Em 2015, a Comissão Europeia estimou que as medidas de prevenção dos resíduos, conceção ecológica, reutilização e outras ações “circulares” poderiam gerar poupanças líquidas de cerca de 600 mil milhões de euros às empresas da UE (cerca de 8% do total do seu volume de negócios anual); criar 170.000 empregos diretos no sector da gestão de resíduos; e, ao mesmo tempo, viabilizar uma redução de 2 a 4% das emissões totais anuais de gases de efeito de estufa.

Em termos gerais, a implementação de medidas adicionais para aumentar a produtividade dos recursos em 30% até 2030 poderá aumentar o PIB em cerca de 1%, criando simultaneamente mais de 2 milhões de postos de trabalho na U.E. em comparação com um cenário de manutenção da situação atual.

V.1.4. EXEMPLO DE APLICAÇÕES EM AGRICULTURA

A aplicabilidade do modelo de economia circular em agricultura está sustentada pela

adoção de práticas de valorização de resíduos/subprodutos e utilização eficiente de recursos.

A utilização da água e energia no setor agrícola são fatores determinantes para uma gestão sustentável, na medida em que são recursos, muitos deles, finitos e que apresentam elevados custos associados. No seguinte quadro são apresentadas algumas práticas de utilização eficiente dos recursos água e energia e de valorização de subprodutos em agricultura:

Recurso	Práticas
Água	Implementação de práticas que promovam o aumento da eficiência da rega (ver Quadro 3)
	Cobertura do solo através de enrelvamento e <i>mulching</i>
	Formação dos agricultores e apoio técnico em temáticas de utilização eficiente da água
	Aumento do teor de matéria orgânica no solo (aumento da capacidade de retenção)
	Adição de pós de rochas para melhoria de solos com textura ligeira (melhoria da estrutura do solo o que promove uma maior capacidade de retenção da água)
	Limpeza e lavagens através de água sob pressão
	Recurso a pavimentos adaptados nas instalações pecuárias que facilitem a eliminação de dejetos e reduzam o volume de água de lavagem
	Captação e aproveitamento de águas pluviais
	Contratação de equipas especializadas para limpeza de equipamentos específicos
	Utilização de redutores de caudal
Energia	Instalação de variadores de velocidade nas bombas de água
	Realização da bombagem em horário de vazio
	Iluminação com lâmpadas LED (lâmpadas economizadoras)
	Utilização de sensores de movimento
	Aquecimento de águas através de painéis solares térmicos
	Aquecimento de águas através de caldeiras de biomassa
	Isolamento térmico das instalações (coberturas verdes, espelhos de água, cortiça, edifícios parcialmente enterrados, construção em taipa)
	Ventilação e iluminação natural

Recurso	Práticas
Energia	Utilização de painéis fotovoltaicos
	Utilização de equipamentos alimentados por energia solar
	Utilização do biogás
	Recuperação de calor do sistema de ar comprimido para aquecimento de águas

Subproduto	Práticas
Engaço	Valorização agrícola (incorporação direta no solo e/ou integração no processo de compostagem); Alimentação animal.
Bagaço de uva	Destilação (aguardentes); Valorização agrícola (integrado no processo de compostagem).
Borras	Destilação (aguardentes).
Bagaço de azeitona	Extração de óleo de bagaço de azeitona; Aproveitamento do bagaço seco para produção de energia.
Podas/ Folhas	Aproveitamento do material resultante das podas/folhas para produção de energia; Valorização agrícola (incorporação direta no solo, integração no processo de compostagem); Alimentação animal.
Caroço de azeitona	Produção de energia após trituração; Extração de óleos.
Efluentes pecuários	Valorização agrícola (aplicação ao solo agrícola, tratados ou não, com o objetivo de melhorar a sua fertilidade); Compostagem; Produção de energia.
Ossos de animais	Aproveitamento para alimentação animal após trituração (alimento composto em forma de farinha); Incorporação em adubos orgânicos.
Gordura	Transformação em banha para culinária e/ou alimentação animal.
Pêlo	Incorporação em adubos orgânicos.
Sangue	Extração de plasma; Incorporação em adubos orgânicos.
Tripas	Subprodutos indústria alimentar; Incorporação em adubos orgânicos.

Quadro 2 - Exemplos de aplicações de economia circular em agricultura | Fonte: Adaptado de Magalhães et al., 2017b

V.2. UTILIZAÇÃO EFICIENTE DOS RECURSOS

Os problemas ambientais a nível global que enfrentamos atualmente são, em grande parte, resultado da sobre-exploração humana dos recursos naturais da Terra, cuja disponibilidade é limitada. O crescimento económico mundial e o aumento populacional (segundo a ONU, esperam-se 9,7 mil milhões de habitantes até 2050) fazem prever um rápido esgotamento destes recursos, uma vez que o planeta não tem capacidade de os regenerar à mesma velocidade a que são consumidos.

Neste sentido, torna-se cada vez mais evidente que um modelo de desenvolvimento económico baseado na utilização intensiva de recursos, na geração de resíduos e num crescente aumento da poluição, não é sustentável a longo prazo. Deste modo, a produção de bens deve ser pensada com o intuito de permitir a regeneração e restauração do capital natural, ou seja, deve incorporar a noção de limites na oferta de recursos naturais e na capacidade do planeta para absorver os impactes da ação humana. Reveste-se, assim, de enorme importância a necessidade de uma gestão mais eficiente dos recursos durante todo o seu ciclo de vida, desde a extração até à eliminação, passando pela produção de bens, transporte, transformação e pelo consumo.

A eficiência de qualquer sistema está dependente dos resultados obtidos e dos recursos utilizados. Ou seja, define-se como a medida segundo a qual um sistema transforma os seus recursos (*inputs*) em resultados (*outputs*), de forma a atingir o máximo de *outputs* com o mínimo possível de *inputs*.

No entanto, é necessário referir que, a longo prazo, a eficiência de um sistema pode ser limitada a partir de um determinado ponto. Isto explica-se pela **Lei dos Rendimentos Decrescentes**, que diz que à medida que se aumentam os inputs (recursos/fatores de produção) de um sistema produtivo, verifica-se um consequente aumento dos outputs (resultados/produto final). Porém, a partir de um determinado momento, o aumento dos *outputs* vai sendo cada vez menor (gráfico 1). Por exemplo, à medida que aumentamos o nível de adubação numa parcela (*input*), verifica-se um acréscimo da produção da cultura (*output*). Ou seja, aumentar 1 kg de adubo pode representar um aumento de 100 kg da cultura. No entanto, a um determinado ponto de incremento do fornecimento de adubo, aumentar um 1 kg de adubo já só representa um aumento de 50 kg da cultura. Neste sentido, é importante compreender até que ponto é economicamente vantajoso continuar a tentar aumentar a quantidade produzida.

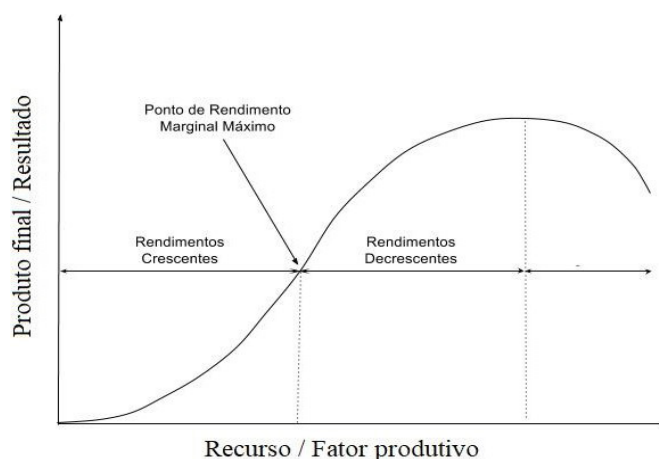


Gráfico 1 - Lei dos Rendimentos Decrescentes | Fonte: Adaptado de <http://blog.plataformatec.com.br/2017/01/a-lei-dos-rendimentos-decrescentes-e-seu-impacte-em-projetos/>

As diferentes atividades agropecuárias desenvolvidas no planeta Terra estão, de certo modo, dependentes de diferentes fatores/recursos. Neste sentido, cada sistema produtivo deve ser analisado como um só, pelo que, é importante compreender que os fatores e recursos que limitam a eficiência de cada sistema dependem do próprio sistema. Por exemplo, em todas as atividades pecuárias, o principal fator que pode limitar a eficiência produtiva é a alimentação animal (rações, forragens e pastagens), da mesma forma que em sistemas agrícolas de sequeiro, os principais fatores limitantes são a pluviosidade e os associados à fertilidade do solo (quantidade, qualidade, precisão da técnica, etc.).

Embora existam diferentes fatores que possam limitar a produção, para que um sistema agropecuário consiga aumentar a sua eficiência é necessário promover uma trajetória de crescimento sustentável assente no aumento da eficiência de consumo de água, energia e matérias-primas e que, ao mesmo tempo, gere novas oportunidades de emprego, crie riqueza e reforce o conhecimento, numa perspetiva dinâmica que relacione competitividade e sustentabilidade.

No que a uma política internacional climática diz respeito, em dezembro de 2015, **todos os países do mundo** concordaram em unir esforços para manter o **aquecimento global abaixo dos 2°C e combater os efeitos das alterações climáticas**, através da assinatura do **Acordo de Paris**. A União Europeia (UE) e todos os seus Estados-Membros contribuíram para fazer avançar as negociações internacionais sobre as alterações climáticas, tendo sido intervenientes fundamentais na elaboração deste documento.

As políticas públicas sobre alterações climáticas têm sido lideradas pela União Europeia desde, pelo menos, o ano de 1990, cuja estratégia a longo prazo é causar um **impacto neutro no clima até 2050**, assentando esse objetivo numa economia com **zero emissões** líquidas de gases com efeito de estufa. Este propósito é um pilar do **Pacto Ecológico Europeu** e está em consonância com o compromisso assumido pela UE no plano da ação climática a nível mundial (quadro do Acordo de Paris).

De acordo com a Comissão Europeia, para manter o aquecimento global abaixo dos 2°C, será necessário **reduzir para metade as emissões de dióxido de carbono e outros gases com efeito de estufa até 2050**. Neste sentido, foi apresentado em março de 2011 um Roteiro Europeu para uma economia de baixo carbono no horizonte 2050, onde se iniciou um processo de discussão sobre o mesmo. Em 2016, na Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, **Portugal assumiu o objetivo de atingir a Neutralidade Carbónica até 2050**.

O **Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050)** estabelece a visão e as trajetórias para que Portugal atinja a neutralidade até 2050, ou seja, para tornar nulo o balanço entre as emissões e as remoções de dióxido de carbono e outros gases com efeito de estufa (GEE) da atmosfera. Este roteiro foi desenvolvido em alinhamento com a dimensão territorial espelhada no Programa Nacional de Políticas de Ordenamento do Território e incorporando as orientações do **Plano de Ação para a Economia Circular**.

Para que estas estratégias e metas possam ser implementadas e cumpridas, cabe também aos cidadãos adotar códigos de boas práticas na utilização dos recursos e fatores de produção, devidamente enquadradas numa perspetiva de sustentabilidade. Estes comportamentos assentam em princípios como poupar, reciclar, substituir, reduzir e valorizar os quais permitem maximizar o crescimento económico e, simultaneamente, reduzir a pressão ao nível dos recursos.

V.2.1. UTILIZAÇÃO EFICIENTE DA ÁGUA

Segundo o estudo “O Uso da Água em Portugal” da Fundação Calouste Gulbenkian realizado no ano de 2020, o setor agrícola é responsável por 75% do total de água utilizada, um número que contrasta com a média da União Europeia (24%) e chega a ser superior à média mundial (69%). No entanto, esta percentagem está em linha com o que se verifica nos países mediterrâneos, como Espanha (79%) e Grécia (81%), o que acontece devido à necessidade destes países recorrerem ao regadio, devido ao clima que os caracteriza.

Na Península Ibérica no que respeita à precipitação registam-se, cada vez mais, episódios extremos que agravam uma distribuição intra e inter anual já de si irregular, que se traduzem em cheias e secas, por vezes, intensas e prolongadas. Em Portugal, nos últimos 30 anos a temperatura tem aumentado, em termos médios, cerca de 0,4 a 0,5° C por década e as amplitudes térmicas diárias são cada vez maiores. Estas alterações climáticas trouxeram um elemento adicional de incerteza no que respeita à disponibilidade de recursos hídricos. Neste sentido, torna-se essencial continuar a promover a regularização dos recursos hídricos e a alteração dos comportamentos, de modo a conseguir uma gestão mais eficiente da água.

Mediante a adoção de práticas agrícolas corretas e de soluções políticas conexas, é possível obter ganhos de eficiência significativos na utilização de recursos hídricos no setor agrícola. Estas medidas passam, por exemplo, por:

i) Assegurar a disponibilidade de água

O aprovisionamento das águas pluviais (figura 3) apesar de poder ter alguns impactes negativos, traz benefícios ambientais e hídricos muito consideráveis, uma vez que contribui, por exemplo, para a recarga de aquíferos; o abeberamento dos animais de produção e da fauna selvagem; o combate a incêndios; a conservação da biodiversidade (flora e fauna, atraindo insetos e outros animais); a diminuição do recurso a outras origens de água.



Figura 3 - Aprovisionamento de água em charcas para rega localizada na região da Beira Baixa

ii) Alterar metodologias de trabalho

Para além da otimização das técnicas de rega (ver ponto (iv)), é igualmente possível obter ganhos em matéria de poupança na utilização/custos da água através da implementação de programas de formação e de partilha de conhecimentos, que permitam familiarizar os agricultores com práticas mais eficientes de utilização da água.

A alteração das práticas agrícolas pode também melhorar a qualidade da água disponível nos ecossistemas com uma boa relação custo-eficácia. O recurso à fertirrega (Ponto V.6.4.1.2) e a novas fórmulas de fertilizantes e de produtos fitofarmacêuticos, a modificação da rotação das culturas e a criação de faixas-tampão ao longo dos cursos de água são algumas das medidas que permitem potenciar, de forma significativa, a melhoria da qualidade da água em toda a Europa e resolver muitos dos problemas de poluição dos recursos hídricos.

iii) Utilizar águas residuais na agricultura

A utilização de águas residuais tratadas na agricultura evita o desperdício de nutrientes e disponibiliza água que permite suplementar as origens convencionais de água, superficial ou subterrânea, para a agricultura. Desde que a qualidade da água recuperada seja gerida de forma adequada e que sejam salvaguardadas determinadas condicionantes (distância/custo, sazonalidade,...) as águas residuais tratadas apresentam-se como um complemento eficaz para dar resposta às necessidades de fornecimento de água para ao setor agrícola.

Por outro lado, em sistemas agropecuários que utilizem construções rurais (instalações destinadas a alojar animais, adegas, lagares, etc.), a reutilização das águas de lavagem, a utilização de equipamentos de lavagem com jato de água sob pressão e a instalação de redutores de caudal nesses equipamentos são outras medidas que permitem reduzir os consumos de água. Dentro deste tipo de unidades é possível reutilizar a água em sistemas de cascata, o que permite reservar a água de melhor qualidade e com menos quantidade de substâncias poluentes para outros processos. As águas residuais destes sistemas, quando sujeitas a tratamentos eficazes, podem ser recicladas em cerca de 99%, o que permite que sejam utilizadas, por exemplo, na rega de culturas.

iv) Boas práticas para a utilização eficiente de água

A utilização da água de forma mais eficiente pode ser conseguida através da adoção de diferentes práticas, das quais, a título de exemplo, se apresentam algumas: recurso a técnicas de rega mais eficientes, tais como a rega de precisão, adoção da rega deficitária, utilização de caudalímetros, recurso a sistemas de apoio à decisão como estações meteorológicas, sondas de humidade e tecnologias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada).

A adoção de sistemas e técnicas de rega mais eficientes permite reduzir o consumo de água e está dependente do incremento da eficiência no transporte (percentagem de água captada e fornecida efetivamente ao solo) e da eficiência da sua utilização para a cultura (água efetivamente utilizada pela cultura vs. quantidade total de água fornecida à cultura).

A rega de precisão (figura 4) tem revelado grandes benefícios no incremento da eficiência de utilização da água que chega ao solo, recorrendo a diferentes tecnologias que permitem: (a) monitorizar permanentemente um conjunto diversificado de variáveis climáticas (estações meteorológicas); (b) recolher e enviar os dados por GPRS (*General Packet Radio Service*) para uma base de dados online; e, em função disso, (c) determinar a quantidade de água que a planta necessita, tendo em conta as suas necessidades

hídricas e a água disponível no solo, que pode ser medida através de sondas de humidade.



Figura 4 – Rega de precisão com Estação Meteorológica
Fonte: <https://www.phosphorland.pt/rega-na-agricultura-estacoes-meteorologicas/>

Comparativamente aos outros métodos de rega, a rega localizada, como a rega gota-a-gota (figura 5), apresenta um maior potencial para alcançar uma mais elevada uniformidade na rega e maiores níveis de eficiência. No entanto, nem sempre é viável adotar este método de rega. Por outro lado, é possível observar sistemas de rega gota-a-gota com baixa uniformidade e baixa eficiência de aplicação devido a diferentes fatores tais como uma manutenção inadequada do sistema de rega, baixa pressão de entrada ou variações de pressão no sistema, obstrução dos gotejadores ou elaboração inadequada do projeto de rega. Desta forma, é muito importante projetar adequadamente o sistema de rega, nomeadamente ao nível do seu dimensionamento e do seu funcionamento, de forma a incrementar a eficiência do uso da água que se apresenta cada vez mais como um fator diferenciador para a competitividade na agricultura.



Figura 5 - Sistema de rega gota-a-gota em vinha | Fonte: <https://imperregas.pt/servico-rega-gota-a-gota/>

Existem algumas boas práticas que devem, cada vez mais, ser assimiladas e postas em prática pelos agricultores, de modo a racionalizar o consumo da água. Alguns exemplos são apresentados no seguinte quadro:

Medidas

Adoção de práticas para a eficiência da rega

Implementar práticas de rega deficitária controlada

Dimensionar adequadamente os sistemas de rega, de forma a melhorar a uniformidade da rega

Inovar em equipamentos de rega (telegestão, controlo de caudais e pressões)

Fazer a manutenção e aferição dos sistemas de rega

Adotar práticas de conservação do solo (drenagem adequada, de forma a evitar alagamento ou escorrência excessiva)

Reaproveitar a água dos sistemas de filtragem

Ter um bom conhecimento das culturas (ciclo, necessidades hídricas, estados críticos)

Ter apoio técnico especializado no campo

Garantir a aplicação intercalada dos nutrientes na fertirrega, de forma a reduzir as perdas por lixiviação, maximizar a absorção dos nutrientes pelas plantas e evitar a aplicação excessiva de nutrientes, de forma a minimizar a salinização do solo

Evitar regar durante os períodos de maior evaporação

Adequar o tempo de rega e a dotação às especificidades do terreno, condições climáticas e necessidades da cultura

Monitorizar a água no solo (através de balanços hídricos, sondas de humidade no solo, ...) para determinar a oportunidade de rega e as dotações a aplicar

Adotar, quando viável, métodos de rega mais eficientes como a rega localizada (ex: rega gota-a-gota). Em terrenos de maior declive, sempre que possível deve ser este o sistema de rega a adotar

Praticar a rega de precisão com recurso a informação meteorológica, avisos de rega, sondas de humidade do solo, teledeteção...

Fazer o controlo de caudal - linhas de rega de diferente caudal/caudalímetros parciais

Alteração de metodologias de trabalho

Criar programas de formação e partilha especializados

Seguir as recomendações de boletins de rega

Fazer limpezas e lavagens através de água sob pressão

Adotar técnicas de conservação e melhoria do solo, como por exemplo: rotação de culturas/diversidade cultural; mobilização mínima do solo/mobilização de forma a evitar a compactação do solo; cobertura verde das entrelinhas, de forma a diminuir a degradação do solo (por mineralização da matéria orgânica e/ou erosão), aumentar a biodiversidade, a fauna auxiliar e a retenção de água

Utilizar culturas com menores necessidades hídricas e/ou mais adequadas às condições edafo-climáticas

Recorrer ao *mulching* (ou cobertura morta do solo) – manutenção de uma camada de matéria morta vegetal que se depõe sobre o solo e que tem como vantagens o controlo de infestantes (por abafamento), a redução das perdas de água, dos riscos de compactação, da erosão do solo e da mineralização da matéria orgânica

Utilizar estratégias de rega que tenham em conta a conservação dos solos

Criar faixas-tampão ao longo dos canais de rega, que são importantes para a manutenção da qualidade da água, com efeito positivo sobre o funcionamento dos sistemas de rega

Recorrer a práticas agronómicas que promovam a retenção e infiltração da água no solo, por exemplo através da armação do solo em covachos

Circundar a parcela com sebes, para criar o efeito de cortina de vento de modo a minimizar a evaporação

Reutilização de águas

Fazer o tratamento e gestão das águas de lavagem

Reutilizar águas residuais para rega

Reutilizar águas residuais para lavagens

Quadro 3 - Exemplos de boas práticas para a utilização eficiente de água | Fonte: Adaptado de RuralSmart

V.2.2. UTILIZAÇÃO EFICIENTE DA ENERGIA

As fontes energéticas podem ser classificadas, sob o ponto de vista do tipo de fonte, em **não renováveis** e **renováveis**.

Tanto os **combustíveis fósseis** (petróleo, carvão e gás natural), como os **nucleares** são considerados **não renováveis** porque a sua capacidade natural de renovação é muito reduzida em comparação com a sua utilização, o que implicará, num futuro mais ou menos próximo, o seu esgotamento. Este tipo de fontes de energias não renováveis são as mais utilizadas e são fortemente poluidoras, possuindo um forte impacte ambiental.

As **energias renováveis** são aquelas que provêm de recursos naturais considerados inesgotáveis e que estão em constante renovação, o que possibilita uma utilização contínua e sustentável dos mesmos. São exemplos de energias renováveis a **energia solar, energia das ondas e marés, energia hídrica, energia eólica, biomassa, energia geotérmica** e o **biogás**. Estas fontes encontram-se já difundidas por todo o mundo e a sua importância tem vindo a aumentar ao longo dos anos representando uma parte considerável da produção de energia mundial.

De acordo com a Direção-Geral de Energia e Geologia (2020), o setor agrícola é responsável por, aproximadamente, apenas **3% da energia consumida em Portugal**. A forma de energia predominantemente consumida pela agricultura é o petróleo (gasóleo agrícola), representando cerca de 81% do total do consumo deste setor. Os restantes 19% são, na sua maioria, consumo de eletricidade. Esta importância do petróleo enquanto principal forma de energia é, ainda, uma característica do consumo total final de energia a nível nacional.

Com a evolução do setor agrícola ao longo das últimas décadas, tem-se verificado que os agricultores estão cada vez mais sensibilizados para as questões da energia, nomeadamente para a necessidade de otimizar o seu consumo, quer na ótica da viabilidade e competitividade

económica do seu negócio, quer na ótica ambiental. Deste modo, a necessidade de aumentar a eficiência energética e de incorporar energias renováveis, tornou-se num desafio e numa meta para o setor em geral.

Mediante a adoção de práticas de utilização eficiente de recursos e de soluções económica e ambientalmente sustentáveis, é possível aumentar significativamente a eficiência na utilização da energia no setor. Estas medidas passam, por exemplo, por:

i) Recurso a energias renováveis

Atualmente a sensibilização dos produtores para as práticas de gestão sustentável de energia, tem vindo a potenciar um maior desenvolvimento de soluções tecnológicas por parte das empresas, que permitam atuar no controlo, diagnóstico e resolução de desperdícios energéticos. Exemplo disso são as plataformas de gestão integrada e centralizada de dispositivos, onde é possível visualizar os valores instantâneos e acumulados das diversas grandezas energéticas, consultar o histórico em detalhe e/ou aceder, de forma imediata, à informação gráfica dos valores.

O recurso a formas de energias renováveis, tanto para a utilização direta na produção, como para a valorização de resíduos e subprodutos agrícolas, tem sido uma das alternativas mais aconselhadas, devido ao seu potencial para proporcionar reduções substanciais nas emissões de gases com efeito de estufa e de outros poluentes relacionados com o consumo de energia.

Em seguida são apresentados e descritos sucintamente alguns exemplos de energias renováveis e o seu potencial de aplicação no setor agrícola:

- a) A **energia da biomassa** utiliza matéria de origem vegetal e animal para produzir energia. Esta fonte de energia, conhecida por bioenergia, aproveita o potencial energético de qualquer matéria orgânica renovável (bagaços, engaços, podas, folhas, etc.) e permite obter eletricidade, calor e combustíveis (bioetanol, biodiesel, biogás, etc.). A bioenergia é muito utilizada para o aquecimento de instalações para animais ou estufas. Em Portugal existem várias explorações avícolas que utilizam a biomassa para o aquecimento do solo dos pavilhões (figura 6).



Figura 6 - Caldeira de biomassa para aquecimento de pavilhão de aves na zona da Ericeira | Fonte: RuralSmart

- b) A **energia solar** consiste no aproveitamento dos raios solares para produzir energia. Em Portugal, o potencial disponível para a utilização de energia solar é bastante considerável, sendo um dos países da Europa com melhores condições para aproveitamento deste recurso, dispondo de um número médio anual de horas de Sol, variável entre 2200 e 3000, no continente, e entre 1700 e 2200, nos arquipélagos dos Açores e da Madeira, respetivamente. Esta energia pode ser utilizada diretamente para aquecer e iluminar edifícios (sistemas solares térmicos e fotovoltaicos) ou para produzir eletricidade através de tecnologias de concentração da radiação (efeito fotovoltaico).

Existindo um enorme potencial de produção e de utilização de energia fotovoltaica nas explorações agrícolas (figura 7), a sazonalidade que caracteriza o uso de energia em algumas atividades coloca ainda alguns desafios aos agricultores do ponto de vista económico que importará aprofundar e desenvolver, no caminho do aproveitamento eficiente e otimização do recurso solar disponível.



Figura 7 - Sistema fotovoltaico para fornecimento de energia em exploração agrícola na região da Beira Interior | Fonte: RuralSmart

- c) A **energia eólica** é a energia gerada através da força do vento. Esta energia é utilizada desde há séculos na bombagem de água através dos "cataventos" e na moagem de grãos através dos moinhos eólicos. No entanto, a sua utilização na agricultura parece ter caído em desuso embora mantenham grande potencial também nesta vertente. A utilização desta energia para a bombagem de água (figura 8), seja para a rega ou para sistemas de alimentação de água (poços/depósitos) é uma das formas possíveis de conseguir ganhos energéticos na agricultura moderna.



Figura 8 - Aplicação prática de energia eólica para bombeamento de água | Fonte: <http://famaconsa.com/molinos/huracan-3/?lang=pt>

- d) A **energia geotérmica** é a energia calorífica que se encontra armazenada na Terra e que pode ser utilizada para a produção de eletricidade ou para o aquecimento de diversos tipos de instalações, como por exemplo instalações pecuárias ou estufas.

As propriedades geotérmicas da Região Autónoma dos Açores são consideradas como uma potencial fonte de desenvolvimento regional e a implantação de centrais geotérmicas prossegue a um ritmo acelerado (figura 9). Em território continental, não parece justificar-se a exploração da energia geotérmica para produção de eletricidade, fruto da sua geologia. No entanto, existem variadíssimas áreas onde é possível o uso da geotermia para sistemas de aquecimento, sendo de destacar toda a zona que acompanha a falha Penacova-Régua-Verín. Porém, a legislação Portuguesa não permite que uma entidade particular, seja ela empresa ou não, possa efetuar livremente o aproveitamento do potencial geotérmico para aquecimento. Para que tal possa acontecer, será necessário a atribuição de uma concessão por parte do Estado, impossibilitando, deste modo, a sua aplicação generalizada quer aos regimes residenciais como industriais. Neste sentido, embora exista um enorme potencial nesta fonte de energia renovável, torna-se necessário ultrapassar algumas barreiras e modificar o presente quadro legal, de forma a facilitar o acesso a este importante recurso.



Figura 9 - Central Geotérmica da Ribeira Grande na região dos Açores
Fonte: <http://geoelvas.blogspot.com/2012/04/energia-geotermica-ilha-s-mguel-acores.html>

Para concluir o ponto (i), atualmente todas as atividades do setor agrícola necessitam de energia ao longo do seu processo produtivo – considerando os produtos energéticos petróleo, eletricidade, gás natural. Neste sentido, o recurso a tecnologias renováveis é uma alternativa cada vez mais utilizada pelo setor e que permite reduzir os custos de produção, bem como contribuir para a descarbonização da atividade e para as metas ambientais nacionais, não obstante a agricultura representar menos de 3% na procura nacional total de energia. Estes sistemas permitem alimentar máquinas, equipamentos agrícolas, sistemas de rega e fornecer luz, calor e arejamento nas habitações, instalações pecuárias, estufas, sistemas de secagem, centrais de frio, entre outros.

ii) Boas práticas para a utilização eficiente de energia

Existe alguma diversidade de medidas, umas mais simples outras mais complexas, umas representando quase meras alterações de comportamentos, outras exigindo investimento e, por isso, com custos muito variáveis, que permitem diminuir os consumos energéticos.

No quadro 4 são apresentados alguns exemplos de boas práticas que devem ser tidas em consideração e que contribuem para o aumento da eficiência energética.

Medidas
Adoção de práticas de eficiência energética
Utilização de lâmpadas de menor consumo (LED)
Utilização de sensores de movimento
Instalação de variadores de velocidade nas bombas de água
Realização da bombagem em horário de vazio
Utilização de motores elétricos mais eficientes
Instalação de baterias de condensadores (energia reativa)
Implementação de sistemas de energias renováveis
Isolamento térmico de instalações para animais
Monitorização do ambiente térmico com recurso a tecnologias (sondas de temperatura e humidade)
Sistemas de controlo e o registo de consumos elétricos
Análise sistemática e regular de consumos energéticos
Manutenção periódica dos equipamentos de monitorização
Realização de auditorias energéticas

Quadro 4 - Exemplos de boas práticas para a utilização eficiente de energia | Fonte: RuralSmart

Por fim, refere-se que o setor da Energia é muito regulado, sendo as principais entidades com competências nesta matéria a DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia e a ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.

V.2.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para uma utilização mais eficiente dos recursos produtivos é importante consciencializar todo o setor agrícola para os benefícios de práticas que promovam a sustentabilidade dos recursos naturais, disseminar o conhecimento e promover o acesso a essas medidas. Este é um problema global e que necessita urgentemente de uma intervenção humana.

A água e a energia são dois dos recursos que apresentam maior importância para o setor, uma vez que estão na base da atividade, quer pela extrema dependência destes fatores de produção ao longo dos processos produtivos, quer pelos custos associados à sua aquisição. Neste sentido, os agricultores são os principais interessados em utilizar eficientemente a água e a energia e sentem este problema diariamente, pelo que estão cada vez mais sensibilizados para estas questões.

Face a esta realidade, torna-se cada vez mais necessário encontrar estratégias que permitam preservar os recursos naturais, reduzir custos económicos e contribuir para um planeta mais sustentável.

As boas práticas para a utilização eficiente destes recursos consistem, por vezes, na simples adoção de pequenas medidas que contribuem, em muito, para esta estratégia. No entanto, para além destas medidas, é fundamental que o setor agrícola recorra ao conjunto de tecnologia que possui ao seu dispor o que implica conhecimento e disseminação, bem como investimento, de modo a contribuir para o aumento da produtividade dos sistemas, minimizar os custos, a intervenção humana e a variabilidade das condições naturais. Deste modo, a solução pode passar pela transferência de conhecimento, potenciando a capacidade de reconhecer os benefícios, e pela avaliação da viabilidade técnica e económica deste tipo de ferramentas, sendo este um passo importante para alcançar uma agricultura tecnologicamente mais avançada e social, económica e ambientalmente sustentável.

Paralelamente a inovação e investigação associadas a esta matéria são fundamentais, permitindo, nomeadamente, a adaptação de tecnologia recente à especificidade do setor, bem como o desenvolvimento de novo conhecimento e tecnologia.

LEGISLAÇÃO RELEVANTE

Quadro de legislação (Ponto V.2.)		
TEMÁTICA	LEGISLAÇÃO	LINK PARA CONSULTA
Política Internacional Climática	Acordo de Paris	https://dre.pt/application/conteudo/75455175 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:22016A1019(01)&from=PL https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=%3D%3DBQAAAB%2BLCAAAAAABAAzNLA0tgQAra2cKgUAAAA%3D
Política Europeia Climática	Pacto Ecológico Europeu	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN-PT/TXT/?from=EN&uri=CELEX%3A52019DC0640
Política Nacional Climática	Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050	https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=%3d%3dBAAAAB%2bLCAAAAAABACzM DexAAAut9emBAAAAA%3d%3d
	Plano de Ação para a Economia Circular	https://eco.nomia.pt/contents/ficheiros/paec-pt.pdf
Eficiência na utilização dos recursos	Comissão Europeia	https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/documents/factsheet_pt.pdf
	Agência Europeia do Ambiente	https://www.eea.europa.eu/pt/themes/waste/intro
	Roteiro para uma Europa eficiente em termos de recursos	https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/

V.3. RESÍDUOS E SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS

V.3.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Nos últimos quarenta anos assistiu-se a uma acentuada intensificação da atividade agrícola, suportada pela evolução da tecnologia e dos fatores de produção, pretendendo responder ao crescimento demográfico e económico a nível mundial, assim como para potenciar a maximização dos rendimentos e a minimização de custos de produção.

Neste contexto, importa realçar o papel impulsionador da Política Agrícola Comum (PAC) para uma agricultura mais moderna. Em alguns casos mais intensiva, mas também mais responsável ao nível da segurança alimentar e da preservação dos recursos naturais. Paralelamente foram sendo implementadas políticas de apoio a medidas que visam a proteção dos recursos como, por exemplo, as medidas agroambientais e a obrigatoriedade de cumprimento da condicionalidade - conjunto de regras ambientais, de saúde pública, saúde animal, fitossanidade e bem-estar animal que os agricultores têm de cumprir para receberem os pagamentos diretos e as ajudas do Desenvolvimento Rural da PAC.

O setor agrícola gera resíduos orgânicos e não orgânicos durante o ciclo de cada campanha e a sua intensificação veio acentuar a quantidade e o tipo de resíduos produzidos. Com efeito, apesar das melhorias que o setor tem vindo a integrar, tendo sido abandonadas práticas como a queima, abandono ou enterramento de resíduos (Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de setembro), subsistem procedimentos e técnicas de gestão de resíduos e subprodutos a melhorar, numa perspetiva enquadrada o mais possível na lógica de economia circular.

De modo a dar seguimento a este desiderato, a gestão dos resíduos e subprodutos deve assentar no desenvolvimento de uma política nacional de resíduos que garanta uma estratégia eficaz, integrada e abrangente de diminuição dos impactes associados à utilização dos recursos naturais e que permita a eficiência da sua utilização e a proteção da saúde pública e do ambiente.

V.3.2. CONCEITOS

Começemos por clarificar alguns conceitos e contextualizar o seu significado neste manual.

Conceito de "resíduo"

De acordo com Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro que aprova o novo Regime Geral da Gestão de Resíduos (RGGR), temos:

"Resíduos – quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer".

"Resíduo agrícola – o resíduo proveniente de exploração agrícola e ou pecuária ou similar."

Conceito de "subproduto"

De acordo com a APA – Agência Portuguesa do Ambiente, o conceito de subproduto

é aplicável a substâncias ou objetos que resultam de um processo produtivo cujo principal objetivo não seja a sua produção, e que são utilizados diretamente, sem qualquer outro processamento, que não seja o da prática industrial normal.

A nível nacional, o conceito de subproduto encontra-se regulado no artigo 91.º do novo RGGR, encontrando-se elencadas no seu Ponto n.º 1 as quatro condições a verificar cumulativamente para que determinada substância ou objeto possa ser classificada dessa forma:

- Existir a certeza de posterior utilização lícita da substância ou objeto;
- Ser possível utilizar diretamente a substância ou objeto, sem qualquer outro processamento que não seja o da prática industrial normal;
- A produção da substância ou objeto ser parte integrante de um processo produtivo; e
- A substância ou objeto cumprir os requisitos relevantes como produto em matéria ambiental e de proteção da saúde e não acarretar impactes globalmente adversos do ponto de vista ambiental ou da saúde humana, face à posterior utilização específica.

Subproduto ou resíduo?

A distinção entre resíduos e subprodutos é complexa, existindo vários estudos e correntes de opinião sobre os critérios que devem ser seguidos para esta distinção. No entanto, de uma forma simplista, poderemos concluir que os materiais que não constituem o principal objetivo da produção e que possam ser reutilizados sem antes receberem uma transformação adicional, nomeadamente uma transformação química, e que têm um mercado para a sua comercialização, são considerados subprodutos.

Não obstante, tendo em conta a complexidade destas questões, os conceitos não se devem generalizar e as situações devem ser analisadas casuisticamente, no contexto setorial em que se inscrevem, à luz da legislação em vigor e tendo em conta, quando necessário, os diversos acórdãos legislativos existentes.

Efetivamente, para uma mesma empresa, um desperdício pode, no espaço de alguns anos, se não mesmo de alguns meses, perder o seu carácter de resíduo em função da evolução do conhecimento científico, das técnicas ou por razões económicas, na medida em que surgem novas utilizações que lhes conferem um novo destino ou porque o aumento do preço das matérias-primas virgens pode tornar comercializáveis algumas matérias-primas secundárias e alguns subprodutos.

Principais resíduos agrícolas

No contexto agrícola, da utilização dos fatores de produção resultam materiais tais como:

- Embalagens de papel/cartão/plástico de produtos fitofarmacêuticos;
- Embalagens de fertilizantes;
- Embalagens e restos de medicamentos, seringas e outros materiais associados ao

tratamento de animais;

- Telas e filmes de controlo de infestantes, fitas de rega e componentes metálicas provenientes de sistemas de rega, plásticos de estufins e estufas, telas resultantes do acondicionamento de palhas e fenos, atilhos;
- Pneus usados;
- Óleos usados;
- Equipamentos em fim de vida;
- ...

Estes componentes são considerados resíduos para o seu detentor, uma vez que não são reutilizados nem valorizados no âmbito agrícola, não tendo um mercado definido para a sua comercialização por parte do agricultor, que pretende efetivamente ver-se livre dos mesmos. Estes produtos são considerados resíduos no âmbito RGGR.



Figura 10 - Resíduos de produtos veterinários | Fonte: <https://alavoura.com.br/colunas/panorama/cooperativa-coleta-so-neste-ano-mais-de-19-toneladas-de-residuos-veterinarios/>

Principais subprodutos agrícolas

Da produção agrícola resultam também outros materiais que não constituem o objetivo principal da produção, tal como referido anteriormente, que designamos como subprodutos. Neste caso iremos distinguir os subprodutos resultantes da produção vegetal e os resultantes da produção pecuária.

Estes materiais têm origem biológica (vegetal ou animal) e caracterizam-se por apresentarem maioritariamente na sua composição substâncias orgânicas (95 a 99% do total da matéria seca), com elevada presença de carbono, hidrogénio, oxigénio e outros nutrientes (em menores quantidades, como o azoto, potássio e fósforo).

a) Suprodutos resultantes da Produção Vegetal

Da produção vegetal, resulta sobretudo biomassa vegetal, definida, no Glossário do NREAP – Novo Regime do Exercício da Atividade Pecuária (estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 81/2013, de 14 de junho) como sendo constituída por materiais estruturantes

ou fontes, maioritariamente, de carbono, com origem na agricultura ou da silvicultura, designadamente os provenientes:

- i) Da agricultura e da silvicultura (incluindo as palhas e outro material natural não perigoso de origem agrícola ou silvícola) que sejam utilizados na agricultura/pecuária, na silvicultura ou na produção de energia através de processos ou métodos que não prejudiquem o ambiente nem ponham em perigo a saúde humana;
- ii) Da preparação de produtos alimentares, de origem agrícola ou silvícola, provenientes da indústria alimentar, gerados na preparação das matérias-primas inerentes ao processo produtivo;
- iii) Da preparação e do processamento da madeira e da cortiça, isentos de contaminantes de origem antropogénica (compostos orgânicos halogenados ou metais pesados), que incluem todos os materiais lenhosos provenientes das indústrias da fileira da madeira e da cortiça, resultantes da preparação das respetivas matérias-primas e seu processamento e isentos de contaminantes.

A biomassa vegetal constitui um recurso valioso na medida em que pode ser reutilizado/valorizado de diferentes formas devido às suas características físico-químicas.



Figura 11 - Resíduos resultantes da produção de hortaliças | Fonte: <https://bichosdecampo.com/el-gobierno-fijo-un-plan-de-accion-para-el-desarrollo-de-los-biomateriales/>

b) Subprodutos resultantes da produção pecuária

No contexto da produção pecuária, são gerados diversos subprodutos de origem animal (SPOA), atualmente designados por subprodutos animais (SPA), os quais podem dar origem a outros produtos designados por produtos derivados (PD), obtidos a partir de um ou mais tratamentos, transformações ou fases de processamento de subprodutos animais.

O Regulamento (CE) n° 1069/2009 define os **subprodutos animais** da seguinte forma: "corpos inteiros ou partes de animais, produtos de origem animal e outros produtos que provenham de animais que não se destinam ao consumo humano, incluindo oócitos, embriões e sémen." Para efeitos de aplicação no solo sem transformação, como fertilizantes, podem ser considerados também como SPA o conteúdo do aparelho digestivo dos animais, o leite, o colostro e os produtos à base de leite, quando a autoridade competente não considerar que apresentam um risco de propagação de

doença grave transmissível.

Os subprodutos animais são classificados em três categorias com base no seu risco potencial para a saúde pública e animal: Categoria 1- referente às matérias com risco mais alto; Categoria 2 - referente às matérias com risco intermédio e Categoria 3 - referente às matérias com o risco menor. Os destinos destes subprodutos têm em conta a sua categoria (consultar Ponto V.6.5.).

De entre os subprodutos animais, importa relevar os efluentes pecuários, os quais são constituídos por estrumes e por chorumes (Quadro 5) e são classificados, em geral, como subprodutos animais de categoria 2. No entanto, de acordo com o RGGR, estes subprodutos adquirem a classificação de resíduo quando são tratados em unidades de compostagem ou de obtenção de biogás, ou quando o seu destino é a incineração, co-incineração ou aterro.

Efluente Pecuário	Descrição
Estrumes	Mistura sólida de fezes e urinas dos animais das espécies pecuárias, podendo conter desperdícios da alimentação animal, as camas de origem vegetal e a fração sólida do chorume, não apresentando escorrências aquando da sua aplicação.
Chorumes	Mistura líquida ou semilíquida de fezes e urinas dos animais, bem como de águas de lavagem e pluviais não desviadas da área de estabulação dos animais, contendo por vezes desperdícios da alimentação animal ou de camas e as escorrências provenientes das nitreiras e silos.

Quadro 5 - Caracterização dos principais efluentes pecuários | Fonte: Adaptado de: Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro

Os efluentes pecuários são classificados como subprodutos da atividade pecuária quando forem utilizados como fertilizante na agricultura/pecuária/silvicultura (diretamente ou após valorização), na produção de combustível (sob a forma de materiais simples ou agregados) ou de energia por via de processos de combustão (sendo que, no caso das instalações de combustão de estrume de aves, estas apenas podem processar estrume proveniente da própria exploração). Portanto, o destino destes subprodutos define o seu enquadramento como resíduo ou subproduto, o que tem implicações no licenciamento da atividade pecuária e na gestão destes produtos.

No Ponto V.6. a temática dos subprodutos animais e seus derivados será abordada com maior pormenor.

V.3.3. ESTRUTURA ORGANIZATIVA DO PLANEAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS E SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS

Em Portugal o Organismo ao qual compete coordenar, assegurar e acompanhar a implementação de uma estratégia nacional para os resíduos é a ANR – Autoridade Nacional de Resíduos, cujas competências são assumidas pela APA – Agência Portuguesa do Ambiente.

No nosso país, as orientações fundamentais da política de resíduos constam dos Planos de

Gestão de Resíduos de nível nacional, dos Programas de Prevenção de Resíduos e dos Planos Municipais, Intermunicipais e Multimunicipais de Resíduos.

Os planos de gestão de nível nacional, elaborados pela Autoridade Nacional de Resíduos (ANR), integram o Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR) e os Planos de Gestão de Resíduos Urbanos e de Resíduos Não Urbanos. Este planeamento encontra-se refletido no Regulamento Geral de Gestão de Resíduos, que atualmente inclui as matérias relativas aos fluxos específicos de resíduos (ex: plásticos, pneus usados, ...).

No que diz respeito aos resíduos agrícolas, não existe um plano de gestão nacional específico para os mesmos, ou seja, alguns resíduos agrícolas enquadram-se nos Planos de Gestão de Resíduos Não Urbanos e de Resíduos Urbanos, a outros aplica-se legislação própria.

No que respeita à gestão dos subprodutos agrícolas, têm de ser cumpridas as orientações contidas nos normativos legais comunitários e nacionais, nomeadamente as relativas aos subprodutos animais e aos produtos derivados, cuja aplicação e controle são fundamentalmente da responsabilidade do Ministério da Agricultura, através da Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) e da Direção Geral da Alimentação e Veterinária (DGAV) ou, para certos produtos e em certas circunstâncias, conjuntamente com o Ministério do Ambiente.

Os produtores pecuários quando procedem ao licenciamento da sua atividade pecuária têm de ter em conta os normativos legais em vigor sobre a gestão dos subprodutos resultantes, evidenciando a aplicação das normas associadas ao armazenamento, transporte e valorização destes subprodutos, nomeadamente e de forma muito pertinente em relação aos Efluentes Pecuários, cuja gestão é regulada por legislação específica.

Apesar das indefinições ao nível da regulamentação para alguns resíduos e subprodutos agrícolas, diversos fatores incitam os agricultores a melhorar as atuais práticas de gestão. Para além do crescimento das preocupações em preservar o ambiente e os recursos, a maior consciencialização da sociedade em geral e dos agricultores, em particular, relativamente à boa gestão dos resíduos, a adoção de melhores práticas de resíduos e subprodutos são induzidas, nomeadamente, por:

i) Fatores legais:

A legislação nacional referente à gestão de resíduos proíbe algumas das antigas práticas de eliminação de resíduos agrícolas e, conforme mais adiante será explicado, centra a responsabilidade pelo destino final dos resíduos no seu produtor inicial ou, em algumas situações, no seu detentor. Esta responsabilidade determina uma preocupação por parte do agricultor em direcionar os resíduos para locais/entidades que depois os encaminham segundo os princípios gerais da gestão de resíduos, que por sua vez devem tem em consideração os princípios da economia circular. No caso dos subprodutos de origem pecuária, estes necessitam de ser encaminhados de acordo com o previsto em sede de licenciamento da atividade pecuária.

ii) Fatores económicos:

- As ajudas diretas e/ou alguns apoios para o desenvolvimento rural podem ser condicionadas, penalizando os agricultores que não procedam à recolha e armazenamento/destino adequado de resíduos associados à atividade agrícola,

estando definidas regras específicas, por exemplo, para o caso dos resíduos de embalagens e excedentes de produtos fitofarmacêuticos, bem como para os óleos usados, como referido anteriormente;

- A PAC integra algumas medidas que incentivam práticas agrícolas mais sustentáveis;
- Existe uma pressão dos consumidores, relacionada com a qualidade do produto e com a proteção ambiental (exigências de mercado).

Deste modo, a adoção de boas práticas de gestão de resíduos e subprodutos assume-se como opção de gestão das explorações que pretendem integrar-se cada vez mais nas atuais exigências de proteção ambiental e de qualidade e segurança alimentar.

A predisposição por parte dos agricultores para a adoção de boas práticas de gestão de resíduos agrícolas e subprodutos agrícolas nas suas explorações, bem como a capacidade de mobilização ao nível associativo são dois fatores que apontam para o desenvolvimento de possíveis soluções para a resolução de alguns dos problemas resultantes da produção de certos resíduos/subprodutos.

Algumas destas soluções poderão passar por:

- Desenvolvimento de sistemas locais para a gestão coletiva dos resíduos agrícolas/subprodutos, resultantes de parcerias entre Organizações de Agricultores, entidades da Administração Pública e entidades com competências técnicas no tema em causa;
- Adoção de planos de gestão de resíduos e de subprodutos ao nível da exploração agrícola, possibilitando uma maior adequação das soluções de gestão à realidade da exploração ao nível do manuseamento, acondicionamento, separação e deposição dos resíduos e subprodutos produzidos permitindo, deste modo, maximizar os quantitativos encaminhados para reciclagem e minimizar os respetivos custos de gestão.

Assim, um adequado planeamento através de ações de formação/sensibilização e a conceção de instrumentos de divulgação assumem-se como vetores estratégicos para a aquisição das competências teórico-práticas capazes de continuar a promover a necessária alteração de comportamentos.

V.3.4. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO DOS RESÍDUOS E SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS

V.3.4.1. RESÍDUOS: REGIME GERAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS

Em Portugal o diploma que estabeleceu o Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR) foi o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro. Este decreto-lei foi posteriormente atualizado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, de modo a ir ao encontro das diretivas da União Europeia (UE). Esta atualização pretendeu estabelecer medidas de proteção do ambiente e da saúde humana, prevenindo ou reduzindo os impactos adversos decorrentes da produção, utilização e gestão de resíduos e melhorando a eficiência dessa utilização. Este Decreto-Lei estabeleceu não só o regime geral para a gestão de resíduos, mas também para a prevenção e produção de resíduos (regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos).

Em dezembro de 2020, quer por força do desenvolvimento económico do setor dos resíduos, da natural evolução das suas características e particularidades, quer por força da transposição de atos jurídicos da União Europeia, este documento foi alvo de uma nova atualização através do Decreto-lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro. Este diploma integra no seu Anexo I (ao qual se refere o artigo 2.º) o **novo Regime Geral da Gestão de Resíduos**. Pretendeu-se com esta atualização promover e dar especial ênfase às abordagens circulares que dão prioridade aos produtos reutilizáveis e aos sistemas de reutilização sustentáveis e não tóxicos em vez dos produtos de utilização única, tendo primordialmente em vista a redução dos resíduos gerados.

O RGGR abrange diversos setores económicos, entre os quais o setor agrícola, estabelecendo regras ao nível da prevenção, produção e gestão de resíduos, incluindo as transferências de resíduos. Excluem-se do âmbito de aplicação deste diploma alguns resíduos gerados nas explorações agrícolas que, quando tenham determinadas utilizações posteriores, designaremos como subprodutos agrícolas.

Efetivamente, de acordo com a **alínea f) do n.º 2 do Artigo 2.º do RGGR**, estão excluídos do RGGR as matérias fecais, as palhas e outro material natural não perigoso com origem na agricultura, pecuária ou na atividade silvícola, desde que sejam utilizados nessas atividades (exemplos de utilizações: aplicação direta ao solo ou após compostagem, camas para animais, alimentação direta dos animais, ...) ou na produção de energia através de processos ou métodos que não prejudiquem o meio ambiente nem ponham em risco a saúde humana (exemplo: produção de combustíveis a partir dessa biomassa por processos físicos – *pellets*).

A título de exemplo, indicamos como materiais naturais não perigosos provenientes do setor agrícola, referidos anteriormente: restos de culturas agrícolas; desperdícios provenientes de atividades relativas à preparação ou conservação de produtos agrícolas para venda, tais como restos de frutas e legumes; substratos provenientes da produção de culturas agrícolas, como por exemplo de cogumelos; material vegetal de origem silvícola resultante de limpezas e da exploração florestal; entre outros.

Encontram-se igualmente excluídos do RGGR os subprodutos animais (como por exemplo carcaças e partes de animais, tais como peles, lã, pêlos, penas, cerdas, chifres e cascos, alimentos de origem animal impróprios para consumo humano, produtos de origem animal para fabrico de alimentos para animais de companhia, restos de leite, restos de sêmen, entre outros) com exceção dos destinados à incineração, à utilização numa unidade de biogás ou de compostagem, ou à deposição em aterros (**alíneas c) e d), n.º3, artigo 2.º do RGGR**).

Por fim, no âmbito agrícola, são também referidas como exceções ao RGGR, as substâncias que se destinam a ser utilizadas como matérias-primas para alimentação animal e que não são, nem contêm, subprodutos animais (**alínea e), n.º3, artigo 2.º do RGGR**).

Importa ainda referir que os materiais acima identificados e que estão excluídos RGGR, não necessitam de registo no Mapa Integrado de Registo de Resíduos (MIRR) referido no cap. V.3.6, e o seu transporte não necessita de se fazer acompanhar de Guia de Acompanhamento de Resíduos (GAR).

A recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos abrangidos pelo RGGR constituem operações reguladas por este diploma, tendo sempre subjacente o objetivo final de prevenir ou reduzir a sua produção, o seu carácter nocivo e os impactes adversos decorrentes da sua produção e gestão, regendo-se por determinados princípios gerais que seguidamente se referem.

PRINCÍPIOS GERAIS DO RGGR

A estratégia para a gestão de resíduos rege-se por alguns **princípios gerais** definidos no Artigo 4.º do RGGR:

- **Princípio da regulação da gestão de resíduos**

A gestão de resíduos é realizada de acordo com os princípios gerais fixados nos termos do RGGR e outra legislação aplicável e em respeito dos critérios qualitativos e quantitativos fixados nos instrumentos regulamentares e de planeamento.

A realização de operações de gestão de resíduos em incumprimento do disposto no RGGR, o abandono de resíduos, a eliminação de resíduos no mar e a sua injeção no solo, a queima a céu aberto, bem como a deposição ou gestão não autorizada de resíduos, incluindo a deposição de resíduos em espaços públicos são **proibidas por lei**.

- **Princípio da autossuficiência e da proximidade**

De acordo com este princípio, as operações de tratamento de resíduos devem decorrer em instalações adequadas com recurso às tecnologias e métodos apropriados, de modo a assegurar um nível elevado de proteção do ambiente e da saúde pública, preferencialmente em território nacional e obedecendo a critérios de proximidade.

- **Princípio da proteção da saúde humana e do ambiente**

O objetivo prioritário da política de gestão de resíduos é evitar e reduzir os riscos para a saúde humana e para o ambiente, garantindo que a produção, a recolha e transporte, o armazenamento preliminar e o tratamento de resíduos sejam realizados recorrendo a processos ou métodos não suscetíveis de gerar efeitos adversos sobre o ambiente, nomeadamente poluição da água, do ar, do solo, afetação da fauna ou da flora, ruído ou odores ou danos em quaisquer locais de interesse e na paisagem.

- **Princípio da hierarquia dos resíduos**

Com vista à transição para uma economia circular, que garanta um elevado nível de eficiência na utilização dos recursos, a política e a legislação em matéria de resíduos devem respeitar, no que se refere às opções de prevenção e gestão de resíduos, a seguinte ordem de prioridades:

- a) Prevenção;
- b) Preparação para a reutilização;
- c) Reciclagem;
- d) Outros tipos de valorização;
- e) Eliminação.

Os consumidores devem adotar práticas que facilitem a reutilização dos produtos ou dos materiais, com vista ao aumento do seu tempo de vida útil. Os produtores de resíduos devem adotar comportamentos de caráter preventivo no que se refere à quantidade e perigosidade dos resíduos, bem como à separação dos resíduos na origem, por forma a promover a sua preparação para reutilização, reciclagem e outras formas de valorização.

Dada a relevância deste princípio relativo à hierarquia das opções de prevenção e gestão de resíduos nas políticas europeias e, conseqüentemente, no contexto nacional, este tema será abordado de forma mais detalhada no capítulo seguinte (ver Ponto V.4.).

- **Princípios da equivalência, do valor económico, da eficiência e da eficácia**

O regime económico e financeiro das atividades de gestão de resíduos visa a compensação total dos custos económicos e tendencial dos custos sociais e ambientais que o produtor gera à comunidade ou dos benefícios que a comunidade lhe faculta, de acordo com o princípio geral da equivalência.

De acordo com este princípio, a gestão dos resíduos deve ter em conta também o valor económico dos mesmos, reconhecendo o seu potencial enquanto recurso.

Constituem ainda princípios fundamentais da política de gestão de resíduos a promoção de níveis crescentes de eficiência e de eficácia na gestão dos sistemas integrados.

OUTROS ASPETOS RELEVANTES DO RGGR

Para além destes princípios gerais nos quais assenta a gestão de resíduos, importa referir outros aspetos do RGGR que consideramos relevantes, no contexto do presente manual.

- **Responsabilidade pela gestão**

A responsabilidade pela gestão dos resíduos, incluindo os respetivos custos, cabe por princípio ao produtor inicial dos mesmos, podendo ser esta responsabilidade atribuída, na totalidade ou em parte, ao produtor do produto que deu origem aos resíduos e partilhada pelos distribuidores desse produto, se tal decorrer de legislação específica aplicável. Em caso de impossibilidade de determinar o produtor do resíduo, a responsabilidade pela respetiva gestão recai sobre o seu detentor.

O produtor ou o detentor de resíduos deve, em conformidade com os princípios da hierarquia de gestão de resíduos e da proteção da saúde humana e do ambiente, assegurar o seu tratamento/encaminhamento, podendo para o efeito recorrer, de acordo com o tipo de resíduos:

- i) A um comerciante ou a um corretor de resíduos;
- ii) A um operador de tratamento de resíduos;
- iii) A uma entidade responsável por sistemas de gestão de fluxos específicos de resíduos;
- iv) A um sistema municipal ou multimunicipal de recolha e/ou tratamento de resíduos.

No final, os resíduos devem ser entregues a operadores de tratamento de resíduos licenciados para o efeito (artigo 9.º do RGGR).

- **Responsabilidade alargada do produtor**

A responsabilidade alargada do produtor consiste na responsabilidade financeira, ou financeira e organizacional, em relação à gestão dos resíduos, nos termos do RGGR e da legislação específica.

A responsabilidade pela gestão dos resíduos, por parte do produtor dos produtos que dão origem a esses resíduos, pode ser assumida a título individual ou ser transferida para um sistema integrado.

É neste contexto que têm sido criados alguns sistemas integrados de gestão de resíduos, em que várias empresas vinculadas pela responsabilidade alargada do produtor cooperam de forma a estabelecer sistemas devidamente licenciados que atuam ao nível da recolha, transporte, triagem, valorização e eliminação de determinados fluxos específicos de resíduos.

Estes sistemas permitem a transferência da responsabilidade pela gestão do resíduo por parte do produtor do produto que lhe deu origem para uma entidade gestora, mediante uma prestação financeira.

Alguns dos resíduos não orgânicos originados pela utilização de fatores de produção aplicados na agricultura (plásticos não perigosos, papel, cartão, pilhas, acumuladores, baterias, sucata metálica, equipamentos elétricos e eletrónicos usados, pneus usados, óleos de motor, embalagens e restos de produtos fitofarmacêuticos, restos de medicamentos para uso veterinário, ...) são entregues pelo agricultor a Operadores de Gestão de Resíduos (OGR) especializados e acreditados para o efeito, de acordo com o fluxo específico respetivo.

Existem outros fluxos de resíduos para os quais se encontra em estudo a viabilidade e a oportunidade de se enveredar por uma das vias acima descritas, designados por fluxos emergentes.

A **plataforma SILOGR** (Sistema de Informação do Licenciamento de Operações de Gestão de Resíduos), gerida pela APA - Agência Portuguesa do Ambiente, facilita aos produtores/detentores de resíduos o acesso à informação relevante sobre as entidades que efetuam operações de gestão de resíduos, as quais têm o dever de prosseguir com o seu correto encaminhamento para tratamento, valorização e, em último caso, eliminação. Nesta plataforma também é possível pesquisar as empresas qualificadas para tratamento de cada tipo de resíduo, isto é, de acordo com a sua classificação pela Lista Europeia de Resíduos (LER). Esta plataforma pode ser acedida através do link: <https://silogr.apambiente.pt/pages/publico/index.php>

V.3.4.1.1. CLASSIFICAÇÃO E DESCLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

Para que a gestão de resíduos possa ir ao encontro da estratégia da política nacional, é fundamental que os resíduos sejam **devidamente separados e classificados na origem**, para que o seu destino final possa ser o mais adequado e o menos nefasto possível, para a saúde humana e para o ambiente.

No decurso da atividade produtiva, o empresário agrícola procede à classificação dos resíduos gerados, no sentido em que avalia, em primeira instância, o tipo de resíduo produzido, de acordo com a sua perigosidade. Na União Europeia, esta "avaliação" é feita de acordo com a origem dos resíduos e, em particular, com a avaliação da sua perigosidade, desenvolvendo-se, em traços gerais, em duas fases:

- 1) Classificação de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (LER);
- 2) Avaliação da perigosidade que os resíduos apresentam.

O processo de classificação de resíduos permite atribuir o **código LER que melhor caracteriza um determinado resíduo**, o que possibilita que o mesmo possa ser encaminhado para o destino mais apropriado. Em função desta classificação, no caso de resíduos específicos, o agricultor é responsável por selecionar as entidades, devidamente licenciadas, para o seu tratamento.

Alguns resíduos podem ser alvo de um **processo de desclassificação, previsto no RGGR**. Trata-se de processos complexos e geralmente morosos, não sendo da responsabilidade direta do agricultor. Esta situação está, porém, prevista no Regime Geral da Gestão de Resíduos, podendo a ANR, em certas situações, definir, após consulta prévia dos operadores económicos, que determinada substância ou objetos específicos passem a ser considerados subprodutos. A desclassificação também pode acontecer na sequência de determinadas operações de valorização.

Refere-se ainda que a publicação da Portaria n.º 79/2002 de 3 de fevereiro veio clarificar que os produtos obtidos em resultado a transformação por compostagem ou digestão anaeróbia de efluentes pecuários (EP) e outros subprodutos de origem animal (SPA) e produtos derivados (PD) de forma estreme ou combinada com EP não têm o estatuto de resíduos.

V.3.4.2. SUBPRODUTOS

O agricultor necessita de ter em conta, por um lado, as orientações e normas legais relativas aos subprodutos agrícolas, mas também as relativas aos resíduos uma vez que, como se referiu anteriormente, em algumas situações os subprodutos adquirem esse estatuto.

Quanto aos subprodutos vegetais, é essencial que o agricultor detenha conhecimentos sobre formas de valorização dos mesmos, devendo ser dada prioridade à utilização destes materiais na valorização agrícola. Caso se verifique a transferência destes subprodutos para outros locais para a sua valorização, é importante verificar se essas estruturas estão devidamente certificadas e autorizadas para tal.

Em relação aos subprodutos pecuários, a sua gestão está refletida no licenciamento da exploração pecuária, através do novo Regime do Exercício da Atividade Pecuária (NREAP), enquadrado pelo Decreto-Lei n.º 81/2013, de 14 de junho.

Igualmente relevantes são:

- o Decreto-Lei n.º 75/2015, de 11 de maio, que enquadra o Regime de Licenciamento Único de Ambiente (LUA) e que aprova o procedimento de articulação entre este e o NREAP; e a Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro, relativa à gestão de efluentes pecuários.

Por outro lado, a gestão dos subprodutos animais e dos subprodutos seus derivados obedece ao Regulamento (CE) n.º 1069/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Outubro de 2009, que define regras sanitárias relativas a subprodutos animais e produtos derivados não destinados ao consumo humano, cuja aplicação no nosso país tem vindo a determinar a

publicação no quadro legal nacional de vários normativos, entre eles a anteriormente referida Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro, relativa à gestão de efluentes pecuários e o Decreto-Lei n.º 33/2017, de 23 de março, relativo ao sistema de recolha de cadáveres de animais mortos nas explorações (SIRCA).

Podemos concluir que, principalmente no caso da atividade pecuária, é importante ter em conta diversos contextos produtivos que geram diferentes resíduos e subprodutos, aos quais deve ser dado um destino adequado, no respeito pelos princípios da economia circular, e pelos normativos legais e orientações em vigor. O agricultor deve informar-se acerca destes em primeira instância junto da DGADR/Direções Regionais de Agricultura e da DGAV e, quando necessário e aplicável, ter em consideração a articulação com as estruturas do Ministério do Ambiente, nomeadamente com a APA.

V.3.5. LICENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE GESTÃO DE RESÍDUOS E DE SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS

i) Resíduos

As atividades associadas à gestão de resíduos, que integram o seu tratamento, estão sujeitas a licenciamento, nos termos do Artigo 59.º do novo Regime Geral de Gestão de Resíduos – Anexo I do Decreto-Lei 102-D/2020, de 10 de dezembro, aplicando-se nomeadamente às operações de valorização agrícola de resíduos (excluindo a compostagem doméstica, nos termos do artigo 66.º).

No caso do setor agrícola, os resíduos associados à utilização de fatores de produção, de natureza não orgânica, entregues nas estruturas de receção dos sistemas de gestão integrada de resíduos, não são objeto de tratamento, ou valorização pelo agricultor, pelo que, neste caso, são as empresas gestoras de resíduos que têm de solicitar licenciamento respetivo.

Quando estamos perante resíduos com enquadramento no RGGR, as operações de valorização e eliminação, incluindo a respetiva preparação prévia, são sujeitas a licenciamento com enquadramento no RGGR. Estas operações encontram-se elencadas nos anexos I – “Operações de tratamento por eliminação” e II – “Operações de tratamento de valorização” do RGGR. O licenciamento é aplicado, com as necessárias adaptações e sem prejuízo do disposto em legislação específica, entre outras, a operações como:

- i) Lagunagem;
- ii) Tratamentos biológicos;
- iii) Secagem térmica;
- iv) Compostagem;
- v) Digestão anaeróbia;
- vi) Remediação dos solos para efeitos da sua valorização;
- vii) Tratamento do solo para benefício agrícola ou melhoramento ambiental;
- viii) Valorização de resíduos em solos agrícolas, florestais e na jardinagem;
- ix) Valorização de resíduos para recuperação de solos degradados;

- x) Tratamentos mecânicos e químicos de resíduos;
- xi) Armazenagem de resíduos em função da sua futura utilização.

As entidades responsáveis por licenciar as operações de gestão de resíduos são a Autoridade Nacional de Resíduos (ANR) cujas competências são assumidas pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e a Autoridade Regional de Resíduos (ARR) territorialmente competente, que é desempenhada pela respetiva Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR).

A licença de exploração inclui a relação dos resíduos sujeitos a tratamento, a descrição do processo de tratamento e a capacidade de receção e tratamento de resíduos. Na licença são indicados os requisitos técnicos, as medidas de segurança e de precaução, as operações de acompanhamento e controlo e a identificação do responsável técnico ambiental pelo tratamento de resíduos.

O pedido de licenciamento é feito nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 75/2015, de 11 de maio, na sua redação atual, que aprova o Regime de Licenciamento Único de Ambiente (LUA). É apresentado pelo requerente de forma desmaterializada, através do módulo de licenciamento único de ambiente (módulo LUA) alojado no Sistema Integrado de Licenciamento de Ambiente (SILiAmb).

O sistema online **SILiAmb** permite, ao nível dos licenciamentos:

- Efetuar pedidos de licenciamento;
- Acompanhar o processo de licenciamento e consultar utilizações;
- Comunicar com a APA/ARH (Administração de Região Hidrográfica);
- Alterar dados pessoais.

Esta plataforma possibilita ao agricultor interagir com a APA neste e noutros assuntos para além dos resíduos, tais como o licenciamento das utilizações dos recursos hídricos.

ii) Subprodutos

Todas as unidades com produção pecuária têm de proceder ao seu registo e licenciamento, de acordo o Decreto-Lei nº 81/2013, de 14 de junho (NREAP). Quando aplicável, é igualmente necessário proceder ao licenciamento das atividades de valorização de efluentes pecuários, de acordo com a Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro, a qual regulamenta a gestão dos efluentes pecuários (EP).

Esta portaria estabelece as normas regulamentares aplicáveis à gestão sustentável dos EP e as normas técnicas a observar no âmbito do processo de autorização das atividades complementares para gestão de EP em unidades anexas a explorações agropecuárias ou pecuárias ou em unidades autónomas (unidades de compostagem, unidades intermédias, unidades de produção de biogás ou estações de tratamento de efluentes pecuários (ETEP)). Estabelece igualmente as normas técnicas a observar no caso das explorações agrícolas que sejam valorizadoras de efluentes pecuários.

A Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro determina também as normas complementares relativas ao transporte, armazenamento e valorização, agrícola e orgânica, de outros subprodutos animais (SPA) e de produtos derivados (PD), das categorias 2 e 3, bem

como dos fertilizantes que os contenham, cuja utilização é autorizada nas seguintes situações:

- a) Valorização agrícolas de outros SPA e PD das categorias 2 e 3, de forma estreme ou combinada com efluentes pecuários;
- b) Transformação de outros SPA e PD das categorias 2 e 3, de forma estreme ou combinada com efluentes pecuários, em unidades autónomas de efluentes pecuários, designadamente unidades intermédias, de compostagem, de produção de biogás e ETEP.

Estão definidas pela DGADR (Quadro 1 – Licenciamento dos usos admissíveis para os efluentes pecuários (EP)), que constitui um anexo da Nota Informativa 17/2019 emitida pela DGADR, as várias formas de valorização e eliminação admissíveis para os efluentes pecuários (em anexo - Anexo III), bem como as respetivas entidades envolvidas no licenciamento dessas atividades.

Tal como refere este quadro, no caso da valorização agrícola e orgânica, com exceção das Unidades de Valorização de EP associados às matérias fertilizantes, e das unidades de combustão anexas à exploração, o licenciamento é feito através do NREAP, não obstante o envolvimento de outras entidades (DGAV, CCDR, ...).

No caso da valorização energética por combustão em unidades autónomas e por incineração e coincineração, o licenciamento já não tem lugar via NREAP.

Em suma, o licenciamento de gestores de efluentes pecuários, bem como a autorização para valorizar/tratar/eliminar, depende das características dos EP e da atividade a desenvolver, pelo que os operadores envolvidos necessitam de se informar junto das entidades competentes acerca dos procedimentos corretos a desenvolver. O licenciamento de atividades complementares de gestão de efluentes pecuários constitui parte integrante do processo de autorização da exploração pecuária, nos termos do Decreto-Lei n.º 81/2013 de 14 de junho (NREAP) e tendo em conta o Anexo I da Portaria n.º 79/2022, de 3 de fevereiro, onde se identifica a capacidade máxima permitida para as diferentes atividades complementares de gestão dos efluentes pecuários de acordo com a classe da exploração pecuária.

No caso das explorações pecuárias que produzem SPA não destinados ao consumo humano, bem como das unidades de tratamento (eliminação e/ou valorização) destes subprodutos, para além da intervenção das estruturas do Ministério da Agricultura (DGAV, DGADR, Direções Regionais territorialmente competentes) ao nível do licenciamento e autorizações inerentes à atividade, importa ter em conta o escrutínio das autoridades do Ministério do Ambiente. Por exemplo as aviculturas e suiniculturas em regime de produção intensiva, produtoras de SPA, têm que considerar: se na instalação é efetuado o acondicionamento adequado destes subprodutos (em termos de temperatura e em local destinado para o efeito, afastado dos locais de produção), qual a frequência com que os cadáveres e outros materiais (fetos, nados mortos, placentas, etc.) são encaminhados para fora das instalações; se o destino desses materiais é licenciado para o tratamento de SPA ou, no caso de destino alternativo para enterramento ou outro, se existe autorização da DGAV; quais as evidências de que o meio de transporte dos SPA está licenciado pela DGAV para o efeito, entre outros aspetos.

Assim, devem os agricultores, em particular os produtores pecuários, cumprir o previsto em sede de licenciamento, atualizando sempre que necessário os seus procedimentos, de acordo com os normativos legislativos e orientações técnicas em vigor.

V.3.6. REGISTO DE INFORMAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS E DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM AGRÍCOLA

De modo a registar toda a informação e acompanhar o processo de gestão de resíduos, foi criado em Portugal um **Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos (SIRER)**. Este sistema engloba informação sobre os **sistemas de gestão de resíduos**, sobre os **resíduos produzidos, tratados e transferidos**. O SIRER integra ainda informação sobre **subprodutos** e sobre **resíduos abrangidos pelos regimes de desclassificação**.

Esta plataforma eletrónica permite efetuar o registo de entidades e pessoas, a submissão de dados, bem como a sua transmissão, consulta de informação e a sua disponibilização ao público.

O SIRER está integrado na plataforma SILIAMB (Sistema Integrado de Licenciamento de Ambiente) e é composto por módulos que permitem dar resposta às diferentes obrigações de registo e reporte (figura 12).

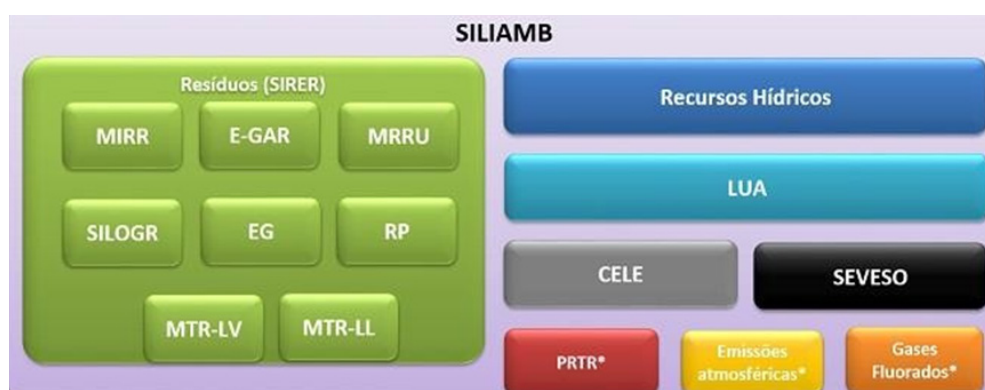


Figura 12 - Estrutura organizativa da plataforma SILIAMB
Fonte: <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=212>

Dentro dos módulos que compõem o SIRER, aqueles que mais importância podem ter para o agricultor são os seguintes:

- **MIRR** – Mapa Integrado de Registo de Resíduos: a preencher por produtores, transportadores, comerciantes/corretores e operadores de tratamento de resíduos, desde que abrangidos pela obrigação legal;
- **SILOGR** – Sistema de Informação de Operadores de Gestão de Resíduos: um diretório dos operadores de tratamento de resíduos licenciados;
- **e-GAR - Desmaterialização das Guias de Acompanhamento de Resíduos;**
- **Fluxos Específicos:** Registo de Produtores de Produto + Entidades Gestoras;
- **Declaração de Subproduto**

No entanto, para verificar se é ou não necessário que o agricultor proceda a registos no SILiAmb é necessário ter em conta que existem várias exceções para o setor agrícola. Por exemplo, no que respeita a resíduos de embalagens de produtos fitofarmacêuticos o transporte para os pontos de retoma integrados em sistemas de gestão de fluxos específicos de resíduos está, em princípio, isento de Guia de Acompanhamento de Resíduos (GAR).

Também existem igualmente exceções no que respeita aos registos, tendo em conta as exceções ao RGGR dos efluentes pecuários e de outros subprodutos produzidos nas explorações pecuárias. Uma vez que estas exceções estão associadas a condições específicas, nomeadamente quanto à origem e destino destes subprodutos, a necessidade e procedimentos de registo devem ser analisadas casuisticamente, avaliando a necessidade de eventuais reportes no SILiAmb. A Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro define os vários

registos associados à gestão e ao transporte de Efluentes pecuários, outros SPA e PD (artigos 8.º, 9.º, 15.º e 16.º). Seguidamente salientam-se alguns aspetos mais relevantes sobre o que é preconizado neste diploma legal.

Os gestores de Efluentes pecuários que produzem ou utilizam estes materiais, aquando do processo de licenciamento (NREAP), devem apresentar um plano de gestão de efluentes pecuários (PGEF), a aprovar pela entidade coordenadora do NREAP. Este plano deve ser permanentemente atualizado e deve referir a estimativa dos efluentes pecuários, outros SPA e ou PD, que se prevê produzir/utilizar, e deve incluir uma descrição das instalações pecuárias, de armazenamento, transporte e destino dos mesmos.

Por outro lado, os produtores de EP devem comunicar anualmente, através da Declaração de Produção e Valorização Anual (DPVA), à entidade coordenadora do NREAP a produção de EP por espécie pecuária e a quantidade de EP encaminhada para cada tipo de destino, devendo indicar no caso da valorização agrícola na exploração as áreas valorizadas e a sua georeferenciação e a quantidade de EP valorizado. Por outro lado devem ser feitos registos no caderno de campo, sendo os mesmos obrigatórios no caso, por exemplo, de explorações autorizadas a efetuar valorização agrícola de EP em quantidade superior a 200T ou m3.

Em termos de registo é também importante referir os registos associados ao transporte de EP e de outros SPA e PD, quer pelas entidades de origem, quer pelos transportadores quer pelos destinatários. Salvo as exceções previstas na legislação, ao transporte destes produtos deve estar associada uma guia eletrónica de transporte de efluentes pecuários (e-GTEP), no caso dos EP, e uma Guia eletrónica de outros subprodutos animais (e-GAS).

Em resumo, quer no caso dos resíduos, quer no caso dos EP e outros SPA e PD, estão previstos registos nas várias fases da sua gestão e ao nível dos diversos intervenientes, o que apresenta importância fulcral para o controlo e planeamento das políticas e ações de proteção do ambiente da saúde pública.

LEGISLAÇÃO RELEVANTE

Quadro de legislação (Ponto V.3.)		
TEMÁTICA	LEGISLAÇÃO	LINK PARA CONSULTA
Gestão de Resíduos	Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de setembro	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/239-1997-644295
Regime Geral Gestão Resíduos	Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro	https://dre.pt/application/conteudo/540016
	Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho	https://dre.pt/application/conteudo/670034
Novo Regime Geral Gestão Resíduos	Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/102-d-2020-150908012
Regime Exercício Atividade Pecuária	Decreto-Lei n.º 214/2008, de 10 de novembro	https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2008/11/21800/0782007854.pdf
Novo Regime Exercício Atividade Pecuária	Decreto-Lei n.º 81/2013, de 14 de junho	https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2013/06/11300/0330403329.pdf

Quadro de legislação (Ponto V.3.)

TEMÁTICA	LEGISLAÇÃO	LINK PARA CONSULTA
Diplomas legais complementares ao NREAP	Portaria n.º 42/2015 de 19 de fevereiro	https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/42-2015-66536462
	Portaria n.º 634/2009, de 9 de junho	https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/634-2009-494528
	Portaria n.º 635/2009, de 9 de junho	https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/635-2009-494529
	Portaria n.º 636/2009, de 9 de junho	https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/636-2009-494530
	Portaria n.º 637/2009, de 9 de junho	https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/637-2009-494515
	Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro	https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/79-2022-178602023
	Decreto-Lei n.º 33/2017, de 23 de março	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/33-2017-106647823
Gestão de Subprodutos Animais	Regulamento (CE) n.º 1069/2009	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pt/TXT/?uri=CELEX%3A32009R1069
Licenciamento Único Ambiental	Decreto-Lei n.º 75/2015, de 11 de maio	https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/67185043/details/normal?!=1
	Agência Portuguesa do Ambiente	https://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=1262

V.4. GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS

A preocupação com a preservação ambiental tem sido, cada vez mais, o foco principal em debates sobre os procedimentos mais adequados para minimizar os impactes que as atividades rurais ou urbanas podem causar no ambiente. De entre estes impactes, a produção de resíduos é aquela que maior apreensão tem causado, uma vez que praticamente todas as atividades económicas produzem algum tipo de resíduo.

Inicialmente a gestão dos vários tipos de resíduos consistia na recolha indiferenciada e na sua queima ou deposição em cursos de água, nos oceanos ou em lixeiras a céu aberto.

No entanto, o aumento da produção de resíduos, a diminuição dos locais de deposição e a crescente pressão por parte da opinião pública, em conjunto com a significativa evolução tecnológica, a integração de novos materiais na composição dos resíduos e a evolução de políticas nacionais e internacionais, veio exigir uma nova abordagem à gestão dos resíduos.

Esta nova abordagem visa uma integração dos processos de gestão de resíduos, com vista à preservação dos recursos e da saúde pública, à diminuição dos riscos ambientais e à responsabilização dos diferentes agentes envolvidos, podendo também contribuir para uma redução de custos operacionais.

V.4.1. CONCEITO

Existem duas abordagens para analisar o conceito de Gestão Integrada de Resíduos¹:

- 1) Uma abordagem onde se estabelecem, em termos teóricos, linhas orientadoras para uma gestão de resíduos diferenciada e sustentável;
- 2) Uma abordagem relacionada com a articulação entre diferentes intervenientes no processo de gestão de resíduos e os aspetos legais a ele subjacentes, nomeadamente no que diz respeito à atribuição de responsabilidade pela sua gestão.

ABORDAGEM 1

Esta abordagem integra um **conjunto de metodologias**, cujo principal objetivo é **reduzir a produção e eliminação de resíduos**, bem como melhorar o seu acompanhamento durante todo o ciclo produtivo. Tem como finalidade reduzir o volume de resíduos na origem e gerir a sua produção, procurando atingir um equilíbrio entre a necessidade de produção de resíduos e o seu impacto ambiental. Assenta no conceito da **Hierarquia das operações de gestão** (figura 13).



Figura 13 - Conceito da Hierarquia das Opções de Gestão de Resíduos | Fonte: Lopes, 2010

De acordo com este conceito, a **Prevenção** e a **Redução** surgem no topo de uma pirâmide invertida. Estas são as etapas de maior importância e às quais se deve dar primazia, seguindo-se depois a **Reutilização**. No caso de não ser possível reutilizar deve-se optar pela **Reciclagem** ou outra forma de **Valorização**. A **Eliminação** deve ser encarada como a **última opção de**

¹ Neste contexto consideramos os resíduos em termos genéricos, ou seja, como "quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção de se desfazer"

gestão. Este princípio visa a minimização de deposição em aterro sanitário ou no meio envolvente de resíduos que apresentem potencial de reciclagem e valorização.

Assim, as diferentes opções de gestão aplicadas no conceito da Hierarquia da gestão de resíduos são:

i) **Prevenção/Redução:**

A prevenção e/ou redução da produção de resíduos é a estratégia mais importante das opções de gestão, na medida em que ao evitar a produção de determinados resíduos se está a contribuir para a diminuição dos seus impactes ambientais. Neste sentido, os resíduos devem ser minorados ou evitados nos próprios locais onde são gerados, através de práticas que tendam a diminuir as quantidades produzidas na sua globalidade e/ou das substâncias potencialmente poluentes que os integram.

Apesar da prevenção e da redução aparecerem ambas no topo da hierarquia e de aparentemente traduzirem conceitos semelhantes, apresentam significados diferentes. A prevenção define-se como todo o género de atividades, ou grupo de atividades, que têm como finalidade evitar consequências nefastas tanto para a saúde, como para o ambiente, provenientes dos resíduos. Por outro lado, a redução entende-se pela diminuição da quantidade e/ou perigosidade dos resíduos produzidos, geralmente no local onde são gerados. De certa forma, o conceito de prevenção engloba o conceito de redução.

A utilização de tecnologias mais “limpas” e de boas práticas ao nível tecnológico, de processos que utilizem menos matérias-primas e o desenvolvimento de produtos de longa duração ou de produtos cuja utilização gere menos resíduos, constituem algumas das formas que permitem uma redução da produção de resíduos.

Só será possível alcançar a prevenção / redução da produção de resíduos através de políticas que promovam o fabrico de bens de duração mais longa, como por exemplo as embalagens reutilizáveis, ou a redução das embalagens ao estritamente essencial. Os materiais a utilizar na produção deverão ser criteriosamente selecionados de forma a prevenir impactes ambientais negativos. Ou seja, dever-se-á optar por materiais que, não só requeiram menor consumo de matérias-primas e recursos energéticos, como também que originem, no final do ciclo produtivo, resíduos cujo tratamento e deposição final se possam realizar de forma viável e ambientalmente segura, o que envolve um planeamento cuidadoso da produção.

ii) **Reutilização:**

A reutilização consiste na reintrodução, sem alterações significativas, de substâncias, objetos ou produtos nos circuitos de produção ou de consumo de forma a evitar a produção de resíduos. Ou seja, este processo prende-se com a utilização de alguns dos componentes dos resíduos ou dos produtos considerados resíduos para fins idênticos ou semelhantes aos da sua utilização original, sem que, para tal, haja necessidade de alterar as suas características físicas e químicas.

O processo de reutilização inclui a recolha, limpeza/lavagem e reutilização propriamente dita do resíduo, como acontece, por exemplo, com as garrafas de vidro ou de leite com

depósito, com a reintrodução nos sistemas de lavagem de algumas águas sujas geradas nas explorações pecuárias e com a reincorporação dos lixiviados da compostagem nos resíduos submetidos a este tratamento, nas fases iniciais do processo. Uma outra forma de reutilização consiste na utilização do resíduo ou componente do resíduo com outra finalidade que não a inicial, como é o caso da colocação de pneus sobre a cobertura dos silos.

iii) Reciclagem:

Na gestão de resíduos, a reciclagem é uma componente necessária. Se devidamente concebida, pode originar benefícios económicos e sociais significativos, nomeadamente a poupança no consumo de recursos ou de espaço em aterro, a redução da poluição, o aumento da eficiência de outros processos como a compostagem ou a combustão. Confere, além disso, aos cidadãos um papel ativo na melhoria da qualidade do ambiente.

O processo de reciclagem implica a transformação química ou física dos resíduos ou dos seus componentes. A reciclagem de alguns componentes dos resíduos, de modo a obter matérias-primas secundárias, permite economizar o recurso a matérias-primas virgens.

iv) Valorização:

O processo de valorização pode assumir as seguintes vertentes: valorização material, valorização agrícola, valorização orgânica e valorização energética.

A forma mais evidente de valorização material corresponde à reciclagem referida no ponto anterior. Efetivamente, muitos resíduos consubstanciam materiais que podem ser recuperados e de novo integrados nos circuitos de mercado, tal como acontece, por exemplo, com metais recuperados a partir de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), de veículos em fim de vida (VFV), com o papel e cartão, com o plástico recuperado a partir de resíduos de embalagens ou com a borracha recuperada de pneus em fim de vida útil.

A valorização agrícola está associada à aplicação de resíduos diretamente ao solo, como adubos e/ou corretivos, contribuindo para o aumento do teor de matéria orgânica dos solos, com todas as vantagens que daí advêm a nível, por exemplo, da fertilidade dos solos e do aumento da sua capacidade de retenção de água.

Na valorização orgânica ocorre a transformação da fração orgânica presente nos resíduos, dando origem a um composto que pode ser utilizado na agricultura ou a biogás, com diversas aplicações.

A valorização energética consiste na recuperação de energia dos resíduos, através de processos de incineração, co-incineração ou combustão, consistindo esta última na produção de energia através da combustão de gases produzidos por aqueles materiais.

Ao longo dos anos têm emergido outras técnicas de valorização de resíduos, baseadas em processos biotecnológicos ou biológicos. Os conteúdos polifenólicos de alguns dos resíduos agroalimentares e a sua atividade antioxidante revelam o potencial de alguns materiais para aplicação nas indústrias farmacêutica e cosmética.

Como vimos anteriormente, muitos destes produtos orgânicos que resultam dos processos de produção e que não constituem o objetivo da produção, podem ser considerados subprodutos e não resíduos, uma vez que podem ser utilizados sem serem alvo de uma transformação adicional, podendo vir a integrar um processo produtivo subsequente.

v) **Eliminação:**

A deposição em aterro sanitário, foi a principal forma de eliminação a que se recorreu no passado, mas que neste momento já não faz sentido considerar como opção. A deposição em aterro que enfrenta crescentes barreiras legislativas, designadamente por via da Diretiva Aterros (Diretiva 2018/850 do Parlamento Europeu e do Conselho) e das Normas exigentes que esta estabelece num futuro muito próximo e que apontam no sentido da redução em grande escala da deposição em aterro de todos os resíduos adequados para reciclagem ou outra valorização energética ou de materiais.

Na deposição em aterro, através dos processos biológicos, a fração biodegradável dos resíduos é decomposta, neutralizada e estabilizada dando origem a um material essencialmente inerte. No entanto, com o decorrer da decomposição, são formados lixiviados e são libertados gases com efeito de estufa, como metano e dióxido de carbono, motivo pelo qual a deposição de resíduos em aterro sanitário deve ser vista como a última opção na hierarquia das opções de gestão de resíduos e só se deverá realizar quando não houver a possibilidade de se aplicarem as alternativas anteriormente discriminadas. Por esse motivo, a título exemplificativo, até 2035 irá ser limitada a 10 % a quantidade de resíduos urbanos depositados em aterros.

ABORDAGEM 2

De acordo com esta abordagem, o foco centra-se na gestão integrada de resíduos, entendida como um modo de conceber, implementar e articular – de forma integrada e sistemática – diversos procedimentos da sua gestão, os quais tocam aspetos ambientais, socioeconómicos, tecnológicos e legais. Isto significa articular políticas e atores de várias áreas envolvendo a legislação e as comunidades; reunir recursos; e identificar soluções e tecnologias adequadas às realidades de cada caso.

Os **fluxos específicos de resíduos** são categorias de resíduos que, pela quantidade produzida e/ou pelas suas propriedades, têm uma gestão diferenciada dos restantes resíduos, desde a sua origem até ao seu destino final.

A gestão de fluxos específicos de resíduos é concretizada através de sistemas de gestão licenciados para o efeito. O produtor/embalador/distribuidor que coloca o produto no mercado fica obrigado a submeter a gestão dos resíduos a um sistema individual, a transferir a sua responsabilidade para um sistema integrado, ou a celebrar acordos voluntários com a APA para o efeito.

Uma vez identificados os fluxos específicos de resíduos, é importante integrar atores e metodologias para o seu melhor destino. No âmbito de um **sistema integrado**, a responsabilidade do produtor do bem é transferida para uma entidade gestora do fluxo em causa, mediante o pagamento de prestações financeiras (ou eco valor) pelos produtos

colocados no mercado.

Esta integração entre diferentes operadores / sistemas produtivos promove a partilha de responsabilidades na gestão dos resíduos pelos vários intervenientes no ciclo de vida do produto, desde a sua origem até ao seu destino final. Atualmente existem alguns sistemas integrados de gestão para fluxos específicos de resíduos, no âmbito dos quais o produtor, o embalador ou o importador podem optar por transferir a sua responsabilidade pela gestão do resíduo para uma das entidades gestoras licenciadas, que operam no âmbito do respetivo sistemas integrado de gestão.

Quer isto dizer que, no caso de não ser possível tratar/valorizar um determinado resíduo ou se tal não se revelar economicamente viável é possível ao agricultor recorrer a entidades licenciadas para a gestão dos resíduos produzidos nas explorações agrícolas. Não havendo possibilidade de integrar os resíduos na própria exploração, como vimos anteriormente no caso da reutilização de resíduos ou da valorização de resíduos orgânicos, o encaminhamento para as entidades licenciadas para a gestão de determinados fluxos específicos de resíduos vai ao encontro dos princípios da Economia Circular, uma vez que através destes sistemas será possível prolongar o ciclo de vida ou contribuir para o “fecho de ciclo” de alguns materiais, que é o que se pretende num modelo produtivo sustentável.

O recurso a estas entidades gestoras de resíduos confere algum grau de conforto aos agricultores, na medida em que assegura um destino adequado para os resíduos produzidos.

Algumas das entidades gestoras licenciadas pela APA no âmbito dos diferentes sistemas integrados de gestão de resíduos e que podem interessar aos agricultores são:

- **Sistema Integrado de Gestão de Embalagens e Resíduos de Embalagens (SIGRE):**
 - Sociedade Ponto Verde (Sociedade Gestora de Resíduos de Embalagens, S.A);
 - Novo Verde (Sociedade Gestora de Resíduos de Embalagens, S.A);
 - Electrão (Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos).
- **Sistema Integrado de Embalagens e Resíduos de Embalagens e Medicamentos (SIGREM):**
 - VALORMED (Sociedade Gestora de Resíduos de Embalagens e Medicamentos, Lda.).
- **Sistema Integrado de Embalagens e Resíduos de Embalagens em Agricultura (VALORFITO):**
 - SIGERU (Sistema Integrado de Gestão de Embalagens e Resíduos em Agricultura, Lda.).
- **Sistema Integrado de Gestão de Óleos Novos e Óleos Usados (SIGOU):**
 - SOGILUB (Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda.).
- **Sistema Integrado de Gestão de Pneus Usados (SGPU):**
 - VALORPNEU (Sociedade de Gestão de Pneus, Lda.).

- **Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (SIGREEE):**
 - WEEECYCLE (Associação de Produtores de Equipamento Elétricos e Eletrónicos);
 - Eletrão (Associação de Gestão de Resíduos);
 - ERP Portugal (Associação Gestora de Resíduos).
- **Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Pilhas e Acumuladores (SIGRPA) e Baterias e Acumuladores (SIGRBA):**
 - ERP Portugal (Associação Gestora de Resíduos);
 - Eco pilhas (Sociedade Gestora de Resíduos de Pilhas e Acumuladores, Lda.);
 - Eletrão (Associação de Gestão de Resíduos);
 - VALORCAR (Sociedade de Gestão de Veículos em Fim de Vida, Lda.);
 - GVB (Gestão e Valorização de Baterias, Lda.).
- **Sistema Integrado de Gestão de Veículos em Fim de Vida (SIGVFM):**
 - VALORCAR (Sociedade de Gestão de Veículos em Fim de Vida, Lda.).

A introdução de sistemas integrados de gestão de resíduos agrícolas ao nível nacional passa pela prévia definição de uma estratégia política e da elaboração da correspondente base legislativa. Embora alguns resíduos agrícolas se possam enquadrar nos sistemas integrados de gestão associados aos fluxos específicos de resíduos já implementados, é necessário continuar a desenvolver trabalho para dar resposta às necessidades específicas do setor agrícola, uma vez que este setor engloba uma diversidade considerável de resíduos, muitos deles carecendo de soluções viáveis em termos de destino.

Assim, as iniciativas voluntárias de âmbito local/regional, promovidas pelos diversos operadores envolvidos nesta problemática, funcionam como um incentivo para o processo e orientam futuras respostas políticas para soluções mais adequadas de gestão dos resíduos agrícolas, ou seja, ambientalmente eficazes, operacionalmente exequíveis e economicamente eficientes.

Em toda a Europa, a procura por um sistema de soluções que permitisse efetivar as responsabilidades dos agricultores na gestão dos seus resíduos, resultou na estruturação de Sistemas Integrados de Gestão de fluxos específicos de resíduos que recorrem a diferentes modelos.

De seguida, apontam-se alguns modelos de gestão já implementados:

- i) Modelo de Gestão assente no desenvolvimento de sistemas de gestão especializados para alguns fluxos agrícolas, complementado com a utilização de infraestruturas municipais de gestão de resíduos

Existem países europeus, tais como a Alemanha e Holanda, cuja estratégia assentou na estruturação de sistemas integrados de gestão para um ou mais fluxos de resíduos,

principalmente os Filmes Plásticos e as Embalagens Residuais de Agroquímicos, em conjugação com a utilização de infraestruturas municipais para os resíduos não abrangidos e com características similares aos resíduos sólidos urbanos (RSU's), nomeadamente pneus usados, baterias, etc.

- ii) Modelo de Gestão assente no desenvolvimento de sistemas de gestão especializados apenas para alguns fluxos agrícolas

Em países como a França e a Irlanda, foram estruturados sistemas integrados de gestão para alguns fluxos de resíduos agrícolas sem, no entanto, definir esquemas formais de recolha para os restantes fluxos.

- iii) Modelo de gestão de resíduos agrícolas assente apenas na utilização das infraestruturas municipais de gestão de resíduos

Esta abordagem assenta na utilização das infraestruturas municipais para a recolha dos resíduos provenientes do sector agrícola, tendo sido adotada por exemplo na Dinamarca e Finlândia.

O conceito de gestão integrada, pode abranger vários operadores, mas também tem subjacente a integração de diferentes tecnologias face a certos resíduos/subprodutos, de forma a proceder à sua valorização, retirando o máximo valor destes produtos, de forma a conduzir a consumos mais baixos de fatores de produção e à implementação do conceito de circularidade, tal como se explicita seguidamente.

V.4.2. FASES DAS OPERAÇÕES DE GESTÃO DE RESÍDUOS

Depois de entender as opções de gestão e os princípios de uma gestão integradora de resíduos, é importante conhecer quais são as etapas do próprio processo de gestão de resíduos. Estas etapas, retratadas de uma forma resumida e esquematizada na Figura 14 compreendem a recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação (bem como as operações de descontaminação de solos/águas).



Figura 14 - Fluxos/Etapas da gestão de resíduos | Fonte: Fitas da Cruz, 2020

O processo de gestão de resíduos inicia-se pela **recolha** (seletiva ou indiferenciada) de resíduos com vista ao seu transporte, seguida de um processo de triagem caso seja necessário e viável. Após esta operação, os resíduos deverão ser transferidos para um local destinado ao

seu armazenamento ou diretamente para os locais de tratamento, em função das características e do tipo de resíduos.

A operação de **armazenagem** consiste na deposição controlada de resíduos antes do seu tratamento e por prazo determinado. Os resíduos podem ser depositados, por um período máximo determinado, nas instalações onde são produzidos, a fim de serem transportados e tratados em local apropriado. No caso dos resíduos de embalagens e de excedentes de produtos fitofarmacêuticos, esta armazenagem nas explorações agrícolas obedece a regras que o agricultor terá obrigatoriamente de cumprir.

A última etapa de gestão está relacionada com o destino final que é dado aos resíduos através do seu **tratamento**. Este processo consiste nas diferentes operações de **valorização ou eliminação**, incluindo também a preparação prévia que alguns resíduos necessitam. Ou seja, alguns resíduos necessitam de ser sujeitos a um tratamento (mecânico, físico, químico ou biológico) para que possam posteriormente ser valorizados ou eliminados.

Da operação de valorização resulta um subproduto transformado e habilitado para poder ser incorporado num processo produtivo, podendo ser designado, numa ótica de Economia Circular, por **matéria-prima secundária** (caso, por exemplo, do papel ou de alguns tipos de plásticos).

V.4.3. EXEMPLOS DE SISTEMAS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS/ SUBPRODUTOS DE ORIGEM AGRÍCOLA

De acordo com o conceito de gestão integrada de resíduos, existem algumas explorações que têm vindo a adotar sistemas de gestão que integram na totalidade toda a diversidade e potencial de valorização de alguns resíduos/subprodutos durante a sua atividade. Está claro que nem todos os empresários têm possibilidades de desenvolver este tipo de sistemas nas suas explorações. Esta eventual impossibilidade pode ser devida à incapacidade de tratar determinados resíduos/subprodutos (estruturas de armazenamento, equipamentos para tratamento, conhecimento tecnológico, etc.) ou aos reduzidos volumes produzidos destes materiais, o que não permite a viabilidade económica do seu tratamento.

No entanto, ainda que não seja possível desenvolver em todas as explorações um sistema “ideal” de gestão que integre todos os resíduos/subprodutos numa ótica circular e sustentável – é fundamental que o agricultor perceba a importância da adoção e implementação deste tipo de conceitos ao longo do seu processo produtivo. Para tal deve articular as lacunas do seu sistema com a disponibilidade de serviços prestados por entidades externas que proporcionem a valorização material, agrícola, orgânica ou energética dos resíduos/subprodutos gerados na exploração agrícola.

A figura 15 apresenta um sistema integrado de gestão de efluentes pecuários, desenhado para uma exploração na ilha da Madeira.

Neste sistema, os efluentes pecuários gerados na instalação de suínos – na qual já tinham sido desenvolvidas algumas boas práticas para a redução da produção de efluentes pecuários e outros resíduos (limpeza com utilização de água sob pressão, bebedouros do tipo tetina com taça, dietas equilibradas, pisos adaptados, etc.) – são encaminhados diretamente para

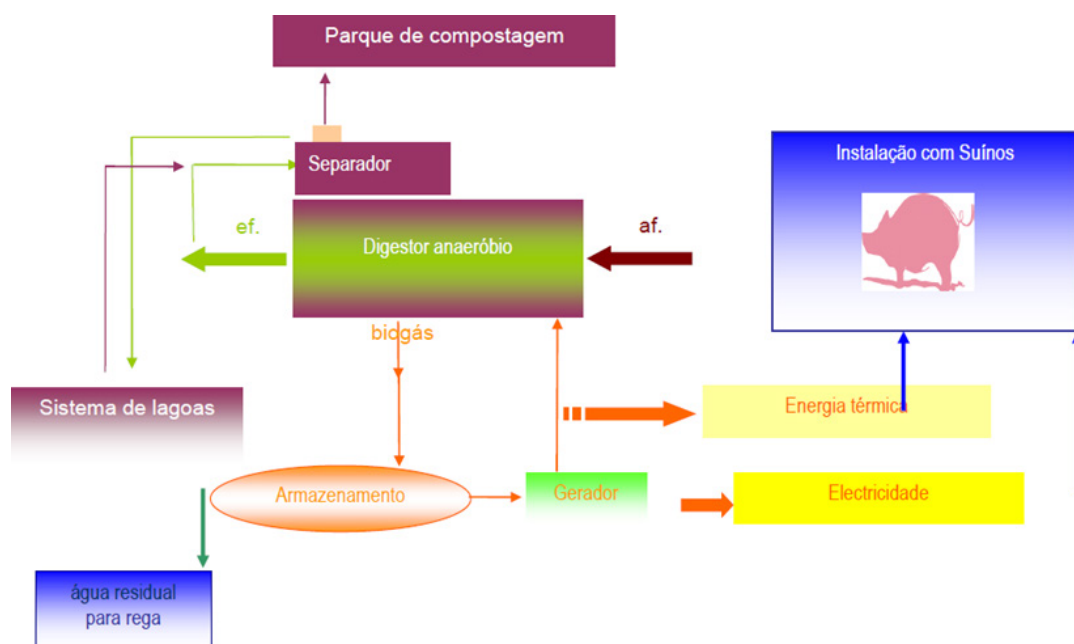


Figura 15 - Sistema de Gestão Integrada de Efluentes pecuários em exploração de suínos na ilha da Madeira
Fonte: Marques, Ferreira e Cruz, 2004

um biodigestor, para valorização através da produção de biogás. Este biogás é utilizado para aquecimento de águas e da própria instalação. O material que fica no biodigestor, após o processo, depois de passar num separador de sólidos, é valorizado de duas formas: a fração sólida é submetida a um processo de compostagem, para posterior aplicação nos solos; a fração líquida sofre um processo de lagunagem, permitindo a utilização da água, depois de devidamente tratada, em sistemas de rega.

Este exemplo demonstra na perfeição aquilo que se pretende com a implementação do conceito de integração na gestão dos subprodutos pecuários. Neste exemplo, os efluentes pecuários que poderiam ser simplesmente depositados em sistemas de lagunagem para efetuar o seu tratamento, são encaminhados para um biodigestor onde é produzido biogás, o que permite suprir algumas das necessidades de aquecimento e, consequentemente, diminuir a fatura anual de energia da instalação. Esta exploração ainda vai mais além, uma vez que, do material que fica no biodigestor após produção do biogás é feita uma separação da fração sólida e líquida. A fração sólida é valorizada pelo processo de compostagem, o qual permitirá a sua utilização como fertilizante orgânico nos terrenos agrícolas, e a fração líquida, agora sim, é submetida a um processo de lagunagem que apresenta uma eficiência bastante superior, uma vez que as águas se encontram muito menos contaminadas.

Existem também outros exemplos que permitem perceber como se pode efetuar uma gestão integrada de resíduos/subprodutos dentro das limitações das próprias empresas. Atualmente, muitas empresas de produção e processamento de azeitona (olival e lagar) iniciam o seu processo de circularidade pela manutenção no solo dos ramos e folhas resultantes do processo de poda.

Ao nível do lagar numa exploração agrícola, posteriormente ao processo de limpeza da azeitona, as folhas são valorizadas através de um processo de compostagem ou aplicação direta no solo. Do processamento da azeitona, as águas de lavagem (sob pressão) são armazenadas e reutilizadas para rega e os bagaços, embora possam ser utilizados num complexo processo de compostagem, na sua maioria são encaminhados para unidades de processamento específico deste material.

Estes exemplos permitem compreender que, embora não seja possível ao empresário efetuar uma gestão integradora de todos os resíduos/subprodutos resultantes do processo produtivo, deve existir a preocupação de: (i) reduzir a sua produção através da adoção de boas práticas de gestão eficiente de recursos; (ii) dar o melhor destino possível aos resíduos através de práticas de valorização mais adequadas; e (iii) no caso dos resíduos que ultrapassam a vocação e a capacidade da exploração agrícola, recorrer a operadores licenciados para a gestão dos mesmos.

V.4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Num período em que atravessamos uma grande pressão para fazermos face às alterações climáticas e para não pormos em causa a sustentabilidade do planeta Terra, a necessidade de encontrar soluções que promovam a preservação dos recursos, a diminuição dos riscos ambientais e a responsabilização dos diferentes agentes envolvidos é imperativa.

A gestão integrada de resíduos é uma estratégia fundamental que o agricultor tem à sua disposição para contribuir para pôr em prática o conceito de economia circular.

LEGISLAÇÃO RELEVANTE

Quadro de legislação (Ponto V.4.)		
TEMÁTICA	LEGISLAÇÃO	LINK PARA CONSULTA
Resíduos em Aterros	Diretiva 2018/850 do Parlamento Europeu e do Conselho	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0850&from=EN
Regime Unificado dos Fluxos Específicos de Resíduos	Decreto-Lei n.º 152-D/2017, de 11 de dezembro	https://dre.pt/web/guest/legislacao-consolidada/-/lc/132506099/202005201442/exportPdf/normal/1/cacheLevelPage?_LegislacaoConsolidada_WAR_drefrontofficeportlet_rp=indice
	Lei n.º 52/2021, de 10 de agosto	https://dre.pt/dre/detalhe/lei/52-2021-169360995
	Agência Portuguesa do Ambiente	https://apambiente.pt/residuos/fluxos-especificos-de-residuos
	Agência Portuguesa do Ambiente	https://apambiente.pt/residuos/fluxos-especificos-de-residuos-0

V.5. GESTÃO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL

Neste capítulo iremos abordar os procedimentos associados à gestão dos resíduos, bem como dos subprodutos de origem vegetal, com origem nas explorações agrícolas.

V.5.1. GESTÃO DOS RESÍDUOS AGRÍCOLAS

A agricultura gera quantidades consideráveis de resíduos durante todo o ciclo de cada campanha. Neste capítulo iremos abordar os resíduos agrícolas, enquadrados no RGGR, que na sua grande maioria resultam da utilização de fatores de produção.

De acordo com o referido no **Ponto V.3.**, os resíduos agrícolas dizem respeito sobretudo a fatores de produção entretanto aplicados e em fim de vida útil, tais como resíduos resultantes da aplicação de produtos fitofarmacêuticos (excedentes/embalagens), plásticos (fitas de rega, estufas/estufins, coberturas), papel/cartão e materiais associados às máquinas agrícolas (pneus, óleos, etc.), entre outros.

De uma forma empírica, poderemos dizer que apenas são considerados resíduos os produtos que não voltam a ser utilizados. Desta forma existem produtos que o agricultor considera resíduo, mas que na verdade, se forem reutilizados, valorizados ou reciclados na exploração deixam de ser considerados como tal.

Embora de acordo com a legislação em vigor, o produtor dos resíduos seja responsável pelo seu destino final, a deficiente ou insuficiente gestão destes materiais, no que respeita ao seu destino constitui uma preocupação atual, devido aos impactes no meio ambiente que estes podem causar, no curto ou longo prazo. Neste sentido, todos estes produtos devem ser alvo de uma gestão própria e de um destino adequado, em função das suas características, que contemple todas as etapas e procedimentos adequados de recolha, transporte, armazenamento, tratamento, valorização e eliminação, de modo a não constituírem perigo ou causar prejuízo para a saúde humana ou para o ambiente.

Os processos de recolha na exploração e de transporte de resíduos devem ser feitos, de acordo com as orientações dos sistemas de gestão nos quais se enquadram, devendo ser encaminhados para sistemas de gestão que preferencialmente promovam a sua reutilização, reciclagem ou valorização, e apenas em último caso a sua eliminação.

A eliminação de resíduos deve ser sempre evitada, no entanto, no caso de não existirem alternativas, este processo deve ser gerido apenas por entidades/instalações autorizadas e capacitadas para tal. As entidades licenciadas para a gestão dos fluxos específicos de resíduos que podem interessar aos agricultores encontram-se listadas no **Ponto V.4.** (sistemas integrados de gestão de resíduos). No *site* destas entidades encontra-se informação detalhada sobre os procedimentos e especificações relativamente à gestão dos resíduos enquadrados na sua atividade.

Em suma, a gestão de resíduos visa, por um lado, prevenir e reduzir a sua produção e nocividade, nomeadamente através da reutilização e da alteração de processos produtivos; e, por outro, assegurar o melhor encaminhamento destes produtos, através de processos de reutilização, reciclagem e valorização.

V.5.1.1. ARMAZENAMENTO E ENCAMINHAMENTO PELO AGRICULTOR

O armazenamento adequado é a primeira etapa do processo de gestão de resíduos e que talvez maior importância apresenta, na medida que permite iniciar o processo de tratamento e valorização dos diferentes resíduos através da sua separação e limpeza.

O armazenamento na exploração agrícola deve ser temporário e concentrar todos os resíduos num local adequado, de acordo com as recomendações ou obrigações de armazenamento para cada tipo de resíduo. Quando o período de armazenamento é igual ou superior a um ano, é obrigatório requerer o licenciamento ao abrigo do **Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro**.

O armazenamento dos resíduos produzidos nas instalações agrícolas e que aguardam encaminhamento para destino final, deve ser efetuado em estruturas construídas para o efeito ou, em alguns casos, em contentores/recipientes especificamente dedicados a essa finalidade. O seu manuseamento deve ser feito de modo a impedir a ocorrência de qualquer derrame ou fuga, evitando situações que possam prejudicar a saúde dos operadores ou de contaminar o solo, a água e/ou a atmosfera. Estas áreas devem ser adaptadas e apresentar determinadas características em função do tipo de resíduo a armazenar. São exemplos destas adaptações os pisos impermeabilizados, as coberturas, as bacias de retenção, as redes de drenagem, etc.

Para além disso, as estruturas de armazenamento devem respeitar, de igual forma, as condições de segurança relativas às características que conferem perigosidade aos resíduos, de modo a não provocar qualquer dano para o ambiente nem para a saúde humana, designadamente por meio de incêndio ou explosão.

O armazenamento de produtos fitofarmacêuticos nas explorações agrícolas deve ser feito em local isolado e fechado, exclusivamente dedicado ao armazenamento destes produtos, devidamente sinalizado, com piso impermeável, afastado de fontes de ignição e com ventilação adequada. Estas instalações devem cumprir o estabelecido na **Parte B do Anexo I da Lei 26/2013 de 11 de abril**, tal como referido anteriormente. A necessidade de cumprimento destas condições de armazenamento é também referida ao nível da Condicionalidade, no tópico das Boas Condições Agrícolas e Ambientais (BCAA), aplicáveis a todos os agricultores que recebem apoios comunitários diretos.

As obrigações relativas à gestão de resíduos de produtos fitofarmacêuticos definidas no âmbito das boas condições agrícolas e ambientais têm como suporte legislativo o Decreto-Lei n.º 187/2006 de 19 de setembro, que estabelece as condições e procedimentos de segurança no âmbito dos sistemas de gestão de resíduos de embalagens e de resíduos de excedentes de produtos fitofarmacêuticos. De acordo com este Decreto-Lei, entende-se por:

- Resíduos de embalagens de produtos fitofarmacêuticos - as embalagens vazias de produtos fitofarmacêuticos;
- Resíduos de excedentes de produtos fitofarmacêuticos - os produtos fitofarmacêuticos inutilizáveis contidos em embalagens já abertas que existam armazenadas no utilizador final, bem como os produtos fitofarmacêuticos cuja autorização de venda e prazo para esgotamento de existências, incluindo ao nível do utilizador, tenha já expirado (produtos obsoletos).

Assim, os agricultores que detenham, na sua exploração agrícola, resíduos de embalagens de produtos fitofarmacêuticos e/ou resíduos de excedentes de produtos fitofarmacêuticos devem relativamente aos:

Resíduos de embalagens de produtos fitofarmacêuticos (embalagens vazias):

- Fazer a sua recolha e concentração; guardá-los, sempre que a sua dimensão o

permita, nos sacos de recolha que são fornecidos no ato de venda;

- Guardar os sacos de recolha que contêm os resíduos de embalagens nos espaços destinados ao armazenamento dos produtos fitofarmacêuticos em uso mas separados destes.

Resíduos de excedentes de produtos fitofarmacêuticos (produtos obsoletos):

- Fazer a sua recolha e concentração;
- Manter os resíduos de excedentes na embalagem original que deve manter o rótulo intacto. A embalagem deve encontrar-se fechada de modo a evitar derrames ou mistura com outros produtos fitofarmacêuticos;
- Guardar os resíduos de excedentes nos espaços destinados ao armazenamento dos resíduos de embalagens de produtos fitofarmacêuticos, assegurando que estão separados dos produtos fitofarmacêuticos em uso.

Para além destas orientações gerais, o agricultor deve seguir as orientações do sistema de gestão integrada, que no caso das embalagens de resíduos dos produtos fitofarmacêuticos é a Valorfito, designadamente:

- Todas as embalagens rígidas com capacidade inferior a 25 litros e que tenham contido um produto para aplicar em forma de calda, devem ser triplamente lavadas aquando da última utilização, devendo as águas de lavagem ser utilizadas para completar a calda de pulverização. As restantes devem ser esvaziadas do seu conteúdo e acondicionadas como tal. A indicação do procedimento a seguir, nomeadamente se deve ou não ser efetuada a operação de tripla lavagem está indicada no rótulo da embalagem.
- As embalagens rígidas de capacidade inferior a 25 litros devem ser colocadas nos sacos Valorfito, retirando a tampa, que deve também ser colocada no mesmo saco. É aconselhável comprimir as embalagens antes de as colocar no saco de forma a economizar espaço. As embalagens devem ser armazenadas na exploração agrícola, em condições de segurança, no mesmo espaço dos produtos fitofarmacêuticos, bem limpas e lavadas e sem quaisquer restos de produto ou a escorrer.

O Valorfito disponibiliza sacos próprios para o acondicionamento e armazenamento temporário de embalagens vazias. Os sacos Valorfito são fornecidos em regime de caução, isto é, o primeiro é pago e, contra a sua entrega, já cheio, há lugar a uma reposição de um outro vazio, gratuito, do mesmo tipo. Os estabelecimentos com venda autorizada de produtos fitofarmacêuticos estão obrigados por lei a possuir sacos Valorfito para fornecer aos agricultores.

Os sacos Valorfito com as embalagens vazias devem ser entregues nos Pontos de Retoma depois de cheios, devidamente fechados e em boas condições de conservação, por exemplo, ausência de rasgos. As embalagens rígidas de capacidade superior a 25 litros devem ser entregues separadamente, fora dos sacos. Na entrega de embalagens, o agricultor deve pedir o respetivo comprovativo de entrega que terá que ser fornecido pelo Ponto de Retoma. Um Ponto de Retoma pode pedir um levantamento em qualquer uma das suas instalações próprias ou diretamente numa exploração agrícola. Em ambos os casos, a responsabilidade da operação de levantamento perante o Valorfito é do Ponto de Retoma.

Relativamente aos óleos usados, o seu abandono é proibido sendo obrigatório proceder ao

armazenamento adequado dos mesmos, com vista ao seu posterior encaminhamento para o circuito de gestão dos óleos usados. O seu local de armazenamento tem de estar afastado de fontes de ignição e o solo/pavimento deve ser impermeabilizado, além de outras disposições. Os óleos usados são considerados resíduos perigosos, que se encontram sujeitos a gestão específica, atualmente definida no Decreto-Lei n.º 152-D/2017, de 11 de dezembro, tendo sido definidas normas que integram as regras da Condicionalidade (Boas Condições Agrícolas e Ambientais), tendo em vista prevenir e limitar a poluição das águas subterrâneas. (consultar a Orientação Técnica da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) – Gestão de Óleos Resultantes da Atividade Agrícola).

No que diz respeito às embalagens e restos de produtos veterinários, a Valormed – Sociedade Gestora de Resíduos de Embalagens e Medicamentos, Lda. é a entidade licenciada para a gestão destes fluxos específicos. Esta sociedade sem fins lucrativos enquadra-se no SIGREM – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens e Medicamentos. Este subsistema é prioritariamente destinado a assegurar a recolha e valorização de resíduos de embalagens, quaisquer que sejam os materiais utilizados no fabrico das mesmas, sendo aplicável a definição legal de embalagem dada pelo Decreto-Lei n.º 366-A/97 de 20 de dezembro. São abrangidas neste subsistema embalagens dos Medicamentos Veterinários (MV) e, acessoriamente, Produtos de Uso Veterinário (PUV), colocados no mercado nacional, cujo medicamento esteja sujeito ao registo obrigatório na DGAV (Direção Geral de Alimentação e Veterinária).

Os resíduos produzidos devem ser armazenados tendo em consideração a respetiva classificação (**Lista Europeia de Resíduos – LER**) e as suas características. Alguns exemplos de Boas Práticas de Gestão de Resíduos das explorações agrícolas, associadas ao armazenamento são: (i) acabar com a dispersão dos resíduos na exploração; (ii) limpar e agrupar sem misturar os vários tipos de resíduos; e (iii) manter os resíduos considerados perigosos, em local adequado (figura 16).



Figura 16 - Armazenamento de plásticos e produtos fitofármacos de acordo com as Boas Práticas de Gestão de Resíduos em Samora Correia
Fonte: <https://www.flfrevista.pt/2016/11/smart-farm-promove-boas-praticas-agricolas/>

O quadro seguinte apresenta exemplos de boas práticas de gestão de resíduos ao nível do armazenamento e correto encaminhamento de diferentes resíduos agrícolas:

Exemplos de Resíduo	Armazenamento / Encaminhamento	Entidade(s) Licenciada(s)
Pneus Usados	<ul style="list-style-type: none"> - Deixar na oficina onde substituiu os pneus; - Entregar no posto de receção de pneus usados. 	VALORPNEU

Exemplos de Resíduo	Armazenamento / Encaminhamento	Entidade(s) Licenciada(s)
Óleos Usados	<ul style="list-style-type: none"> - Deixar na oficina onde mudou o óleo; - Entregar a operadores de recolha licenciados; - A armazenagem de óleos usados em quantidades superiores a 200 litros necessita de autorização legal. 	SOGILUB
Plásticos não perigosos		
Plásticos Recicláveis (até 1100 l/dia)	- Entregar no ecocentro ou, quando em quantidades muito reduzidas, no ecoponto mais próximo da exploração.	
Plásticos Recicláveis (quantidades superiores)	<ul style="list-style-type: none"> - Entregar no armazenista de materiais recicláveis; - Entregar nos recicladores de plástico. 	Operadores de gestão de resíduos disponíveis em cada zona do país (SILOGR)
Plásticos não Recicláveis (até 1100 l/dia)	- Depositar em contentor de recolha de resíduos domésticos e urbanos, mais próximo da exploração.	Operadores de gestão de resíduos disponíveis em cada zona do país (SILOGR)
Plásticos não Recicláveis (quantidades superiores)	- Local de entrega do Sistema de Resíduos Urbanos disponível para receção de plásticos.	Entidades recetoras disponíveis em cada zona do país
Papel/Cartão (pequenas quantidades)	- Depositar no ecoponto mais próximo da exploração.	
Papel/Cartão (quantidades superiores)	- Quantidades superiores a 1100 l/dia entregar ao Sistema de Resíduos Urbanos disponível para receção.	Operadores de gestão de resíduos disponíveis em cada zona do país (SILOGR)
Madeira / Cortiça	<ul style="list-style-type: none"> - Contactar operadores e indústria transformadora destes resíduos. - Reciclagem e trituração da madeira para aproveitamento industrial (madeiras prensadas). 	Operadores de gestão de resíduos disponíveis em cada zona do país (SILOGR)
Sucatas / Restos de construção e demolição	- Contactar os operadores de recolha de sucatas, restos de construção e demolição.	<p>VALORCAR</p> <p>Operadores de gestão de resíduos disponíveis em cada zona do país (SILOGR)</p>
Pilhas / Acumuladores / Baterias	- Os utilizadores finais são obrigados a entregar os resíduos nos pontos de recolha seletiva, que devem ser assegurados pelos produtores (importadores), individualmente ou através de entidade gestora licenciada. (Dec. Lei 6/2009 de 6 de janeiro).	<p>ERP PORTUGAL</p> <p>ECOPILHAS</p> <p>ELECTRÃO</p> <p>VALORCAR</p> <p>GVB</p>

Plásticos não perigosos		
Embalagens de Medicamentos para uso veterinário	- As embalagens de medicamentos veterinários, vazias ou fora de uso podem ser entregues nas farmácias a fim de serem recolhidas pelo respetivo sistema integrado de gestão.	VALORMED (Sistema SIGREM)
Embalagens de Produtos Fitofarmacêuticos		
Produtos Fitofarmacêuticos que se destinam à preparação da calda	- Efetuar a Tripla Lavagem e inutilizar as embalagens vazias (Não danificar o rótulo); - Usar as águas de lavagem na preparação da calda; - Guardar as embalagens vazias em sacos transparentes de recolha específicos para este fim e fornecidos no acto da venda dos produtos. Os sacos devem ser guardados nos espaços destinados ao armazenamento dos produtos fitofarmacêuticos (local coberto, piso impermeável e longe do acesso de crianças e animais).	SIGERU (Sistema VALORFITO)
Produtos Fitofarmacêuticos que não se destinam à preparação da calda	- Guardar as embalagens vazias em sacos transparentes de recolha específicos para este fim e fornecidos no acto da venda dos produtos. Os sacos devem ser guardados nos espaços destinados ao armazenamento dos produtos fitofarmacêuticos (ao abrigo do calor e chuva, sob coberto, piso impermeável e longe do acesso de crianças e animais).	SIGERU (Sistema VALORFITO)

Quadro 6 - Boas Práticas de Gestão de Resíduos ao nível do armazenamento e correto encaminhamento dos diferentes resíduos agrícolas
Fonte: Adaptado de: EDIA, 2019

Tal como referido anteriormente, uma parte significativa dos resíduos agrícolas podem ser encaminhados para os sistemas de gestão integrada de certos fluxos específicos, outra parte pode ser integrada nos sistemas de recolha de resíduos urbanos. Não obstante, existem resíduos, como os plásticos não recicláveis, para os quais o agricultor deverá procurar soluções junto de empresas especializadas e deverá equacionar, o mais possível, alterar a sua prática agrícola, selecionando fatores de produção recicláveis e biodegradáveis.

V.5.1.2. DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Os resíduos devem ser encaminhados para sistemas de gestão que preferencialmente promovam a sua reutilização, reciclagem/valorização, sendo sempre de evitar a sua eliminação. Seguidamente descrevem-se de forma mais concreta os destinos a dar aos resíduos, já referidas anteriormente.

- **Valorização material ou Reciclagem**

A reciclagem é qualquer operação ou o conjunto de processos (físicos, químicos e/ou biológicos) que visa transformar materiais extraídos dos resíduos em novos produtos, materiais ou substâncias com a finalidade original ou para outros fins. Por outras palavras, o processo de reciclagem consiste na transformação de resíduos que não podem ser

reutilizados, em produtos ou matérias-primas de valor equivalente, superior ou inferior ao original.

No que diz respeito aos efeitos da reciclagem, esta apresenta benefícios mas também tem associadas limitações. Os materiais obtidos através da reciclagem de resíduos substituem matérias-primas naturais, o que possibilita a preservação dos recursos naturais e a redução do consumo energético associado à extração de matérias-primas virgens. Para além disso, a reciclagem permite reduzir a quantidade de resíduos eliminados e destinados a aterros, o que se traduz, consequentemente, numa redução dos impactes ambientais. Para além dos aspetos ambientais, este processo também apresenta algumas vantagens a nível económico, pois permite reduzir os custos de produção. Porém, é importante compreender que cada caso deve ser analisado em particular, uma vez que aquilo que é economicamente viável numa situação pode não o ser num contexto distinto. Por outro lado, os produtos produzidos a partir de matérias-primas secundárias poderão não garantir a mesma qualidade, durabilidade e resistência que produtos de matérias virgens e são normalmente de menor custo e menos eficientes.

Um dos resíduos agrícolas que é alvo de maior preocupação ambiental são os plásticos. Neste sentido, têm sido feitos esforços entre empresas e empresários agrícolas no sentido de encontrar soluções que diminuam esta problemática. Algumas películas de silagem são um exemplo deste trabalho, uma vez que atualmente já é possível serem recicladas desde que estejam classificadas como plásticos não perigosos recicláveis. Os resíduos de alguns tipos de plásticos, depois de entregues aos operadores de gestão de resíduos disponíveis em cada zona do país, podem ser alvo de transformação dando origem a novos produtos como membranas de proteção contra humidade, mobiliário de jardim/exterior, sacos do lixo, etc.

Para além dos plásticos, todo o papel/cartão que não resulte de embalagens de produtos fitofarmacêuticos, tal como o material resultante de embalagens de sementes, sacas de ração, caixas de papelão, por exemplo, desde que devidamente encaminhado, é facilmente reciclável para diversos fins.

- **Eliminação**

A eliminação de resíduos deve ser sempre evitada, no entanto, no caso de não existirem alternativas, este processo deve ser gerido apenas por entidades/instalações autorizadas e capacitadas. As entidades licenciadas para a gestão dos fluxos específicos de resíduos (sistemas integrados de gestão de resíduos) que podem interessar aos agricultores encontram-se listadas no Capítulo V.4. Nos sites destas entidades encontra-se informação detalhada sobre os procedimentos e especificações relativas à gestão dos resíduos enquadrados na sua atividade.

Os conceitos de Economia Circular e Gestão Integrada de Resíduos encaram o processo de eliminação como última opção de gestão, devido aos impactes ambientais e perdas de valor associados. No caso de não ser possível evitar esta opção, para se poder eliminar os resíduos agrícolas, deve ter-se em consideração que esta prática está regulada por uma legislação cada vez mais exigente (Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro).

Os resíduos abrangidos pelo RGGR-Regime Geral de Gestão de Resíduos, não podem

ser eliminados na própria exploração agrícola, sendo por vezes necessário contratar empresas especializadas para efetuar este processo ao nível da exploração agrícola, o que pode representar custos associados para o detentor (agricultor).

V.5.2. GESTÃO DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL

A agricultura gera quantidades consideráveis de subprodutos vegetais durante todo o ciclo de cada campanha. Os principais subprodutos produzidos em explorações agrícolas, na vertente da produção vegetal, são a biomassa (restos de culturas e de podas, palha, ...).

A biomassa vegetal é definida, pela APA – Agência Portuguesa do Ambiente, como “o conjunto dos materiais estruturantes ou fontes, maioritariamente, de carbono, que provêm da agricultura ou da silvicultura, que podem ser utilizados nas atividades complementares de gestão de efluentes pecuários, para efeitos da respetiva valorização orgânica, designadamente, os provenientes:

- i) Da agricultura e da silvicultura (que incluem as palhas, e outro material natural não perigoso de origem agrícola ou silvícola) que sejam utilizados na agricultura/pecuária, na silvicultura ou na produção de energia a partir desses materiais através de processos ou métodos que não prejudiquem o ambiente nem ponham em perigo a saúde humana, são resíduos que se encontram excluídos do âmbito de aplicação do RGGR;
- ii) Da preparação de produtos alimentares, de origem agrícola ou silvícola, provenientes da indústria alimentar, gerados na preparação das matérias-primas a alimentar ao processo produtivo;
- iii) Da preparação e do processamento da madeira e da cortiça, isentos de contaminantes de origem antropogénica (compostos orgânicos halogenados ou metais pesados), que incluem todos os materiais lenhosos provenientes das indústrias da fileira da madeira e da cortiça, resultantes da preparação das respetivas matérias-primas e seu processamento e isentos de contaminantes.”

Os processos de tratamento e valorização de subprodutos orgânicos devem ser realizados, sempre que possível, nas próprias explorações agrícolas, de modo a potenciar as suas propriedades, transformando-os em recursos capacitados para serem reintroduzidos no ciclo produtivo. Para isto é necessário definir estratégias e encontrar as melhores opções de valorização destes subprodutos em função da sua origem e das suas características.

A valorização dos subprodutos orgânicos pode ser conseguida através de diferentes processos, no entanto, aquele que é utilizado com maior expressão e consenso é o processo de compostagem. Este processo, aeróbio, permite obter um produto final designado por composto e que, devido à sua componente orgânica estabilizada, pode ser reintegrado no solo. Por outro lado, o processo de digestão anaeróbia é aquele que possui maior potencial de utilização para fins de aproveitamento energético. Um exemplo de subprodutos (desperdícios) que podem ser aproveitados para estes fins são os produtos agrícolas que não possuem valor comercial ou são rejeitados pelo seu calibre/aspecto.

V.5.2.1. VALORIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL

Conforme já foi referido, produtos que seriam potenciais resíduos ao serem aproveitados

na exploração passam a ser referidos como subprodutos.

- **Valorização agrícola e valorização orgânica**

Os processos de valorização agrícola permitem, de um modo geral, devolver ao solo os componentes minerais e a matéria orgânica necessários ao desenvolvimento vegetal, promovendo a redução da necessidade de outras formas de fertilização e minimizando os impactos negativos sobre o ambiente.

Esta valorização é feita através da aplicação direta no solo de subprodutos de culturas agrícolas, nomeadamente folhas, restos de podas, etc. No entanto nem sempre é possível proceder desta forma para todos os subprodutos vegetais, nomeadamente por razões técnico-culturais, tendo de proceder à sua transformação ou a outro tipo de aproveitamento dos mesmos.

Assim, a valorização agrícola dos resíduos/subprodutos orgânicos é considerada como um modo de aproveitar um resíduo pela restituição, em condições apropriadas (tendo em conta a vertente económica e a preservação dos recursos naturais) de matéria orgânica de qualidade ao solo. A valorização agrícola pode ser feita pela aplicação direta de materiais orgânicos ao solo (folhas, restos de poda, ...) ou pela aplicação destes como fertilizantes, depois de transformados. De um modo geral, estes processos de transformação baseiam-se na decomposição aeróbia.

De entre os processos de transformação aeróbia, a **compostagem** é a forma de valorização orgânica que mais se utiliza nas explorações agrícolas (com ou sem componente animal), apresentado um elevado rendimento tendo em conta o investimento face aos benefícios finais. A compostagem permite, assim, valorizar os resíduos vegetais quando os transforma num produto com valor económico (o composto). Estes resíduos, na verdade, são subprodutos uma vez que são valorizados. Dada a sua relevância, o processo da compostagem é abordado no ponto V.5.2.3. de forma pormenorizada.

Importa lembrar que os materiais orgânicos apresentem quase sempre, elementos nutritivos que lhe conferem uma ação fertilizante direta (ao nível nutricional), a sua principal função, mas o que os distingue dos adubos químicos, manifesta-se de forma indireta através de uma melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Quando aplicados no solo, os adubos de origem orgânica, pela sua riqueza em recursos energéticos e elementos nutritivos, são colonizados por microrganismos. Estes, em condições ambientais favoráveis, procedem à decomposição dos resíduos levando à formação de húmus.

Embora, sob diversas perspetivas, a valorização agrícola de resíduos orgânicos, diretamente ou após transformação, quando as características dos mesmos o permitam, seja desejável, não pode ser ignorado o fato de que tais produtos podem possuir um carácter poluente, nomeadamente quando usados indevidamente ou em excesso. Neste sentido, é importante identificar, para cada situação que material orgânico/fertilizante orgânico se está a aplicar, que quantidades, de que modo e quando fazê-lo. Para isso, torna-se necessário procurar conhecer a sua **composição**, o seu **comportamento no solo** e os **efeitos agroambientais** decorrentes da sua incorporação.

Atendendo às preocupações que presentemente se colocam relativamente à questão

das alterações climáticas, um dos efeitos que importa ter em conta na valorização orgânica são as emissões de gases com efeito de estufa (GEE). A redução dessas emissões pode ser conseguida de acordo com práticas ambientais que contribuam para esse objetivo.

Outra forma de valorização orgânica dos componentes orgânicos que não constituem o objetivo principal da atividade agrícola é a obtenção de matérias combustíveis a partir dos mesmos.

- **Valorização Energética**

Entende-se por valorização energética o processo de conversão de resíduos/subprodutos em energia, nomeadamente, calor e eletricidade. Trata-se de processos que decorrem em unidades devidamente licenciadas para tal: centrais de biomassa vegetal (centrais industriais); unidades de incineração e co-incineração. Estas últimas podem estar também associadas à valorização de subprodutos animais e seus derivados, onde se incluem os efluentes pecuários.

Relativamente aos impactos da valorização energética de resíduos/subprodutos, esta apresenta tanto benefícios como limitações, os quais dependem de diversos fatores, tais como o tipo de resíduo/subproduto, as tecnologias existentes, a relação custo-benefício, entre outros.

O reaproveitamento de biomassa é uma das soluções para diversificar a matriz energética. Os vários elementos vegetais são apontados como importantes fontes para produzir energia elétrica e térmica.

De um modo geral, o principal benefício da valorização energética é o aproveitamento do conteúdo energético dos materiais, o que permite poupar recursos reduzir o consumo de combustíveis fósseis e evitar emissões resultantes da sua extração, tratamento, transporte e, principalmente, da sua combustão.

Quanto às limitações e desafios da valorização energética, estas podem ser variadas, dependendo da tecnologia e do produto a ser valorizado, como foi referido. Existem algumas técnicas de valorização que, para determinados materiais, ainda se encontram numa fase pouco desenvolvida e apresentam um elevado custo de implementação, o que as torna economicamente inviáveis. Para além disso, existem técnicas, como os processos de pirólise (processo onde a biomassa é decomposta após ser submetida a condições de altas temperaturas em ambiente com pouco ou nenhum oxigénio) ou combustão (processo onde a biomassa é decomposta após ser submetida a condições de altas temperaturas em ambiente com oxigénio), que mediante incorreta gestão/controlo, podem provocar elevados riscos para o ambiente e saúde pública, bem como libertar gases perigosos para a atmosfera. Assim, estas soluções têm de ser bem estudadas e aplicadas criteriosamente.

De um modo geral, pode perceber-se que a rentabilidade dos processos de valorização energética, tal como em qualquer outro processo de valorização, está diretamente dependente do balanço que se consegue atingir entre os benefícios do processo e as suas limitações e impactos provocados. Neste sentido, aquilo que se pretende atingir

com este tipo de práticas é um sistema económica, ambiental e energeticamente viável e eficiente.

A título de exemplo, refere-se o caso dos resíduos de podas das vinhas e oliveais que atualmente não estão sujeitas a processos muito desenvolvidos de gestão e aproveitamento. Embora possam ser mantidos no terreno agrícola, por forma a incrementar o teor de matéria orgânica, possuem um elevado potencial na valorização energética dadas as suas características (poder calorífico e densidade). Existe uma enorme procura de matéria-prima para centrais de biomassa. Deste modo, a possível utilização destes resíduos como matéria-prima apresenta-se como uma solução economicamente viável e integrada no conceito de economia circular, apesar de poder ter associados alguns impactos negativos para o ambiente (figura 17).



Figura 17 - Armazenamento de folhas de oliveira para valorização energética em Espanha
Fonte: RuralSmart

O sector da bioenergia, onde se insere também o biodiesel e o bioetanol, possui duas vertentes: a geração de energia por queima de biomassa, onde os resíduos orgânicos resultantes das atividades agrícolas (podas das vinhas, oliveais, etc.) apresentam um enorme potencial de valorização seja através da geração de energia térmica e elétrica (valorização energética) seja através da cogeração de energia a partir dos gases provenientes dos processos de digestão anaeróbia (valorização orgânica).

- **Formas alternativas de valorização de subprodutos de origem vegetal**

Existem técnicas de valorização de resíduos que emergiram nos últimos anos e que se baseiam em processos biotecnológicos no contexto de uma biorrefinaria.

A biorrefinaria consiste no aproveitamento total da biomassa, dando origem a produtos de valor acrescentado e/ou energia a partir de matérias-primas diversas. Apesar de já existirem algumas biorrefinarias, essencialmente para a produção de biogás e bioetanol, existem matérias-primas que ainda não são exploradas e que possuem um enorme potencial, independentemente das suas propriedades, para esta prática.

Os conteúdos polifenólicos de alguns resíduos e/ou subprodutos **agroalimentares** e **florestais** e a sua atividade antioxidante revelam o potencial de alguns materiais para aplicação nas indústrias farmacêutica e cosmética. Neste sentido, diversos estudos estão a ser desenvolvidos em todo o mundo, de modo a contribuir para o desenvolvimento de uma bio economia, substituir recursos fósseis e encontrar novas estratégias para a

gestão daqueles materiais.

Em Portugal, existem alguns trabalhos desenvolvidos ao nível da utilização de resíduos/subprodutos muito abundantes no nosso país, tais como: ramos e cepos de pinheiro, tomate em decomposição, águas residuais vinícolas e bagaços de azeitona. Estes produtos para além de serem promissores para a economia de base biológica portuguesa, possuem compostos com propriedades antioxidantes e repelentes, o que permite que possam ser incorporados, por exemplo, em produtos de cosmética, inseticidas, pellets (figura 18) ou produtos alimentares e farmacêuticos.



Figura 18 - Pellets produzidos a partir do bagaço de azeitona | Fonte: RuralSmart

A agricultura gera grandes quantidades de resíduos/subprodutos cuja transformação ou manipulação gera também outros materiais que se podem transformar de modo a gerar novos aproveitamentos, inclusive novos alimentos. Esses materiais, uma vez estudadas as suas propriedades nutricionais e químicas, podem ser utilizados e administrados na alimentação animal em conjunto com algumas matérias-primas de melhor qualidade.

São exemplos deste tipo de valorização os seguintes resíduos (quadro 7):

Resíduo / Subproduto	Valorização
Engaços	Alimentação animal (rações para animais).
Restos de podas, folhas verdes, etc.	
Engaços vinícolas	Produção de farinha para a alimentação animal.
Bagaço de uva	Matéria-prima para alimentação animal; Fabrico de <i>pellets</i> .
Bagaço de azeitona	
Águas rússas dos lagares	Produção de proteína para alimentação animal.
Efluentes vinícolas	Antocianinas (corante natural para alimentação) e polifenóis (alimentação humana e animal).

Quadro 7 - Exemplos de valorização de resíduos agrícolas para alimentação animal | Fonte: Adaptado de: Magalhães et al., 2017

V.5.2.2. PROCESSOS DE VALORIZAÇÃO

Existem diferentes tecnologias e processos para a valorização de resíduos/ subprodutos.

No entanto o tipo de valorização e a seleção dos processos a utilizar devem ser equacionados de acordo com as características dos materiais e os recursos disponíveis em cada exploração agrícola.

No caso da valorização energética, como já foi referido, esta pode permitir a redução dos custos de energia adquirida no exterior, contribuindo também para uma menor utilização de combustíveis fósseis.

Alguns exemplos destes processos são:

- **Compostagem:** trata-se de um processo de natureza aeróbia e que se aplica a subprodutos vegetais, mas também animais, podendo ou não proceder-se à sua mistura. Trata-se de um processo muito relevante nas explorações agrícolas, pelo que será caracterizado de forma individualizada.
- **Biodigestão anaeróbica/biogasificação/biometanização:** é o processo de decomposição de matéria orgânica por via anaeróbica (na ausência de oxigénio) que gera o biogás. Os principais produtos resultantes são dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4). A combustão do metano liberta energia térmica que pode ser convertida noutras formas de energia, o que dá ao biogás a conotação de Fonte de Energia Renovável.
- **Incineração com valorização energética:** Destruição dos resíduos por tratamento térmico com recuperação de energia térmica advinda do processo de combustão, a qual é posteriormente convertida em vapor, energia mecânica e por fim em eletricidade.

Nota: importa lembrar que o **processo de incineração é distinto das queimas a céu aberto** (regulamentadas pelo Decreto-Lei nº39/2018 de 11 de junho). Este processo, embora deva ser evitado, é sujeito a controlo e efetuado em locais adequados para a prática de combustão, não libertando as mesmas quantidades de emissões para a atmosfera.

- **Coincinerção:** Processo de tratamento através de combustão controlada de resíduos, em conjunto com outros combustíveis, em fornos industriais ou outros, para a produção de energia térmica a ser utilizada localmente nos processos industriais. Estes resíduos são utilizados como combustíveis alternativos. Este processo permite igualmente gerar energia, mas normalmente tem como objetivo principal a redução do volume de resíduos e a eliminação de resíduos perigosos.
- **Gaseificação:** Processo termoquímico onde ocorre a conversão de compostos ricos em carbono (compostos orgânicos) em combustíveis gasosos e substâncias químicas, através da reação do material a elevadas temperaturas, num ambiente redutivo (défice de oxigénio) e sem que ocorra combustão. Este processo necessita de calor e de um ambiente deficiente em oxigénio, ao contrário do processo de combustão, que liberta calor e necessita de um ambiente que contenha oxigénio.
- **Pirólise/Termólise:** Decomposição térmica de resíduos na ausência ou com quantidade reduzida de oxigénio (atmosfera inerte ou vácuo). Este processo tem por objetivo quebrar as ligações químicas dos produtos a tratar, de modo a que se obtenham combustíveis gasosos e substâncias químicas líquidas e sólidas.

V.5.2.3. A COMPOSTAGEM

A compostagem apresenta muitas potencialidades, pela sua relativa versatilidade em termos funcionais e de custo, sendo uma forma de valorizar uma grande diversidade de resíduos/subprodutos. Por outro lado, sendo uma forma de valorização bastante aceite pelos agricultores e que é adotada em muitas explorações agropecuárias, é importante ser caracterizada de forma particular.

De acordo com o Código de Boas Práticas Agrícolas, a compostagem define-se como a degradação biológica aeróbica dos resíduos orgânicos até à sua estabilização, produzindo uma substância húmica (composto ou compostado) utilizável como corretivo orgânico do solo. Ou seja, a compostagem é o processo biológico de tratamento dos resíduos orgânicos, através do qual o material orgânico é transformado e degradado de forma controlada, pela ação de microrganismos (bactérias e fungos), em material estabilizado e utilizável na preparação de corretivos orgânicos do solo e de substratos para as culturas. Durante a compostagem liberta-se, principalmente, dióxido de carbono, vapor de água, mas também outros gases, em menores quantidades, conduzindo à produção de húmus.

O principal objetivo da compostagem é converter o material orgânico heterogéneo num material estabilizado e em condições de ser incorporado no solo. O processo de compostagem, para além de ser utilizado para reduzir e estabilizar matéria orgânica, também permite destruir a viabilidade das sementes de infestantes e os microrganismos patogénicos.

O termo “composto orgânico” pode ser aplicado ao produto compostado, estabilizado, homogeneizado e higienizado, cujas características lhe conferem uma aptidão para a melhoria da fertilidade do solo. O aspeto físico de um composto orgânico é bastante diferente do aspeto inicial dos materiais que lhe deram origem uma vez que, para além da cor mais escura e da ausência de odor desagradável, apresenta uma consistência friável, sendo constituído por partículas finas e soltas, o que permite diminuir os custos de transporte e de aplicação ao solo.

A utilização de compostos orgânicos tem ainda associados os benefícios inerentes à incorporação de matéria orgânica no solo: (i) melhoria da estrutura; (ii) aumento do arejamento; (iii) melhoria da capacidade de retenção de água; (iv) maior absorção dos raios solares devido à cor escura e o conseqüente aumento de temperatura; e (v) fornecimento gradual de nutrientes às culturas.

O que distingue a compostagem do processo natural de decomposição é a intervenção humana, através da alteração adequada dos fatores intervenientes.

V.5.2.3.1. TECNOLOGIA DA COMPOSTAGEM

A técnica da compostagem consiste, fundamentalmente, no empilhamento dos resíduos orgânicos para que, deste modo, seja possível a conservação do calor no interior da pilha dos resíduos. Este procedimento tem o duplo objetivo de facultar a ação dos microrganismos mesófilos e termófilos e criar condições para a inativação dos microrganismos patogénicos e parasitas, sensíveis às elevações de temperatura e que por isso perdem em competição com a fauna indígena.

Durante o processo de compostagem, podem identificar-se diferentes fases, em que em cada uma delas os materiais presentes na mistura se vão degradando, em função das suas características e dos microrganismos existentes. Em condições ótimas, a compostagem decorre em três fases: fase mesófila, fase termófila e fase de maturação.

Fase Mesófila: Fase inicial do processo realizada por microrganismos mesófilos (bactérias e fungos), em que a temperatura sobe rapidamente (cerca de 2 dias) até aos 40- 45°C, devido à degradação exotérmica dos componentes solúveis, como os açúcares e os aminoácidos. Nesta etapa é frequente dar-se uma descida dos valores de pH devido à produção de compostos de natureza ácida.

Fase Termófila: A temperatura no interior da pilha atinge valores acima dos 45°C. Degradam-se as proteínas, gorduras, celulosas e hemicelulosas, assim como parte da lenhina e dos compostos fenólicos, por ação de bactérias termofílicas, actinomicetes e fungos tolerantes a altas temperaturas. Esta fase pode durar várias semanas (um a dois meses, dependendo de vários fatores) provocando a destruição de agentes patogénicos (bactérias, fungos e nematodes), bem como de larvas de insetos e sementes de infestantes. Ocorre normalmente um aumento do valor do pH da pilha.

Fase de Maturação: Fase final, mais longa (dois a quatro meses, dependendo de vários fatores), em que a temperatura decresce gradualmente atingindo valores próximos da temperatura ambiente, à medida que as reservas de carbono diminuem. Na humificação do composto atuam novamente as populações microbianas mesófilas, que continuam a degradar, a um ritmo mais lento, polímeros complexos muito resistentes à degradação, levando à obtenção de um produto estável e humificado.

Após a fase de maturação, considera-se que a temperatura é um dos indicadores mais fiáveis para identificar se o composto está estabilizado, uma vez que estando o produto estabilizado não ocorrem mais reações químicas e a temperatura não sofre variações.

V.5.2.3.2. MATERIAIS POSSÍVEIS DE COMPOSTAR

Os materiais utilizados para a compostagem podem ser divididos em duas classes: **materiais ricos em carbono e materiais ricos em azoto**. Os materiais ricos em carbono fornecem a matéria orgânica e a energia para a compostagem e os materiais azotados, uma vez que o azoto é necessário para o crescimento dos microrganismos, aceleram o processo de compostagem.

Dentro dos materiais ricos em carbono podemos considerar os materiais lenhosos (casca de árvores, aparas de madeira, podas, etc.), as palhas e fenos, o papel, etc. Dentro dos materiais azotados incluem-se as folhas verdes, estrumes animais, urinas, restos de plantas hortícolas, erva, etc.

Os materiais para compostagem não devem conter resíduos inorgânicos como, por exemplo, vidros, plásticos, óleos, metais, pedras, etc., e não devem ser utilizadas gorduras, ossos inteiros ou outras substâncias que prejudiquem o processo de compostagem, como a carne porque pode atrair animais, para além de atrasar a decomposição e causar maus cheiros. Embora o papel possa ser utilizado, este não deve exceder 10% da pilha e o papel encerado e de cor deve ser evitado por ser de difícil decomposição e conter metais pesados.

Outra característica que é fundamental para o processo de compostagem é a dimensão das partículas dos materiais. Estas, não devem exceder os 8 cm, nem ser inferiores a 1 cm, porque abaixo deste tamanho é necessário utilizar sistemas de arejamento forçado. Quanto menor for o tamanho das partículas mais fácil é a atividade microbiana porque a superfície específica aumenta, no entanto, em contrapartida, os riscos de compactação e de falta de oxigénio aumentam.

O Quadro 8 lista algumas das matérias-primas que podem ser utilizadas para compostagem (ver também Tabela 12 do Ponto IV.6.1.7.):

Matérias-primas passíveis de compostagem	
Estrume de animais	
Biomassa vegetal (palhas, materiais lenhosos das indústrias da madeira e cortiça)	
Embalagens biodegradáveis	
Restos de alimentos / rações	
Resíduos de cervejarias e destilarias de álcool	
Ossos, cascos e chifres (pequenas dimensões)	
Resíduos de café e chá	
Resíduos de construção (papelão, madeira não tratada)	
Resíduos de algodão, linho, seda e lã	
Tufos de algodão e oleaginosas	
Resíduos de curtume e raspas de couro	
Plantas, flores, arbustos, árvores, galhos e cascas	
Resíduos vinícolas (bagaços, engaços, bagos rejeitados, borras, podas, etc.)	
Resíduos olivícolas (bagaços, águas residuais, podas, etc.)	
Restos de cultura	
Palhas e fenos	
Resíduos florestais	
Resíduos de centrais fruteiras (centros de distribuição de frutas e hortícolas)	
Folhas, aparas de grama, restos de jardinagem, poda de plantas e árvores	
Polpa de papel	
Papel e derivados	
Madeira, raspas de madeira, fibras lenhosas, serradura e cinzas	
Resíduos do processamento de tabaco	

Quadro 8 - Matérias-primas possíveis de compostar | Fonte: Adaptado: University of Geórgia, 2004

V.5.2.3.3. ESCOLHA DO MÉTODO E DO LOCAL PARA A COMPOSTAGEM

A compostagem pode ser conduzida em grandes instalações centralizadas com matéria orgânica recolhida seletivamente; em explorações agrícolas ou agropecuárias; ou em pequenas unidades em meio doméstico ou com pilhas de pequena dimensão.

Para a utilização dos compostores domésticos os passos são os seguintes: escolher o local (no jardim ou na horta, abrigado do vento e idealmente debaixo de uma árvore de folha caduca, o que permite sombra no verão e sol no inverno), preparar o fundo (no fundo do compostor, colocar uma camada de ramos para permitir a circulação de ar, a entrada de organismos e a drenagem das águas), fazer uma boa mistura de materiais (para satisfazer os requisitos nutricionais dos organismos, o enchimento do compostor deve ser feito por camadas, intercalando resíduos verdes, ricos em azoto, e resíduos castanhos, ricos em carbono), garantir arejamento (remexer o conteúdo do compostor quando compactado), garantir humidade (se a pilha estiver muito seca, adicionar água ou resíduos verdes, se estiver muito húmida juntar resíduos castanhos).

Nas grandes instalações existem muitos sistemas para a preparação do composto, no entanto, de modo geral, estes podem agrupar-se em dois tipos:

- 1) **Sistemas de compostagem abertos** (figura 19): estes sistemas são frequentemente agrupados nas seguintes categorias: (i) pilhas longas (windrow) reviráveis; (ii) pilhas estáticas; e (iii) pilhas estáticas com arejamento forçado (Quadro 9).

Sistemas abertos	Descrição
Pilhas longas reviráveis	Pilhas que são geralmente reviradas na fase em que o processo de compostagem requer mais oxigénio e atinge maiores temperaturas (fase termófila).
Pilhas estáticas	Pilhas dispostas aleatoriamente que são reviradas pouco frequentemente ou não são reviradas e que são arejadas passivamente.
Pilhas estáticas com arejamento forçado	Pilhas dispostas aleatoriamente ou em recipientes abertos, sem reviramento e que são sujeitas a um processo de arejamento forçado.

Quadro 9 - Resumo dos sistemas de compostagem abertos | Fonte: Adaptado de: Stoffella e Kahn, 2005



Figura 19 - Pilhas longas reviráveis, pilhas estáticas e pilhas estáticas com arejamento forçado, da esquerda para a direita respetivamente
Fonte: https://www2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/cc/dairy/documents/12-08-17/dsg1_csuchico_presentation_120817.pdf

2) Sistemas de compostagem fechados ou em contentores (figura 20): estes sistemas são frequentemente agrupados nas seguintes categorias: (i) camas horizontais agitadas; (ii) contentores arejados; (iii) contentores arejados e agitados; (iv) silos de compostagem; e (v) tambores rotativos (Quadro 10).

Sistemas fechados ou em contentores	Descrição
Camas horizontais agitadas	Longos canais paralelos com cobertura com arejamento controlado e o revolvimento periódico
Contentores arejados	Os materiais são compostados em diferentes contentores com arejamento forçado.
Contentores arejados e agitados	Contentores comerciais que proporcionam um arejamento forçado, agitação e movimento contínuo.
Silos de compostagem	Sistemas com arejamento forçado e verticalmente orientados com movimento contínuo de materiais na parte superior ou inferior.
Tambores rotativos	Sistema de tambores horizontais que rodam lentamente e reviram o material de forma intermitente ou constante.

Quadro 10 - Resumo dos métodos de compostagem fechados ou em contentores | Fonte: Adaptado de: Stoffella e Kahn, 2005



Figura 20 - Contentores arejados e Contentores rotativos e arejados, à esquerda e direita respetivamente em cima; Silos de compostagem e Tambores rotativos, à esquerda e direita respetivamente em baixo | Fonte: RuralSmart; <https://biofactor.pt/compostagem-industrial/>

A grande diferença entre os métodos abertos e fechados prende-se com o facto de, normalmente, aos sistemas fechados, estarem associados processos de arejamento forçado. Estes sistemas, embora incluam mecanismos internos que combinam as vantagens dos sistemas de pilhas reviráveis e de pilhas estáticas com arejamento forçado, apresentam uma maior necessidade de manutenção.

A evolução dos sistemas de compostagem tradicionais para os sistemas fechados tem representado um avanço muito importante nesta técnica de tratamento e valorização, tanto do ponto de vista do processo, como da qualidade do produto final (figura 21).



Figura 21 - Contentores arejados e Contentores rotativos e arejados, à esquerda e direita respetivamente em cima; Silos de compostagem e Tambores rotativos, à esquerda e direita respetivamente em baixo | Fonte: RuralSmart; <https://biofactor.pt/compostagem-industrial/>

Outro fator que tem bastante influência sobre a compostagem é o local onde ocorre o processo. Neste sentido, a pilha de compostagem não deve ficar nem exposta diretamente ao sol ou ao vento, para que o composto não seque demasiado, nem à chuva, para não ficar sujeita à lixiviação de nutrientes.

O local escolhido para a compostagem deve ser próximo daquele em que o composto irá ser utilizado e poderá ser necessário ter água à disposição para humedecer a pilha convenientemente, caso a percentagem de humidade da pilha atinja valores inferiores a 40%.

As pilhas devem ser cobertas preferencialmente com um filme de fibras de **polipropileno** (figura 22) que permita a entrada de ar, mas não de água, uma vez que os filmes de **polietileno** não permitem as trocas gasosas e podem resultar em excesso de humidade nas pilhas.



Figura 22 - Pilha coberta com tecido de polipropileno durante a compostagem | Fonte: <http://www.ci.esapl.pt/mbrito/Manual%20de%20AB%20%20compostagem.pdf>

V.5.2.3.4. FATORES FÍSICO-QUÍMICOS QUE INFLUENCIAM A COMPOSTAGEM

O processo de compostagem é influenciado por vários fatores que afetam direta ou indiretamente o metabolismo dos organismos responsáveis pela decomposição e transformação dos resíduos em composto. Neste sentido, o progresso do processo de compostagem (avaliado pela taxa de decomposição dos resíduos orgânicos) está dependente de:

- i) **Características do substrato** que constitui o suporte físico do processo, retendo a água, promovendo as trocas gasosas, fornecendo energia e nutrientes essenciais aos microrganismos envolvidos e conservando o calor;

- ii) **Quantidade e diversidade dos microrganismos** atuantes no processo e que constituem o suporte biológico do processo;
- iii) **Fatores ambientais** que vigoram à partida e no decurso do processo, influenciando as condições de vida desses microrganismos e que constituem o suporte químico do processo;
- iv) **Condição ótimas para a atividade microbiana**, tanto ao nível de **temperatura, arejamento, granulometria, humidade, como em nutrientes, razão carbono-azoto (C/N) e pH**, entre outros.

a) **Relação carbono-azoto**

Todos os organismos necessitam de uma quantidade mínima de elementos de forma a assegurar as suas funções metabólicas, sendo que um dos principais balanços de nutrientes é o que se refere à razão C/N. Na compostagem, a atividade dos microrganismos depende da disponibilidade de carbono (C) como fonte de energia e de igual modo da disponibilidade de azoto (N) para a síntese de proteínas e para o aceleração do processo.

Deste modo, na preparação do material a compostar, os teores em C e N que a mistura deverá apresentar são essenciais. A relação deve ser determinada no material a ser compostado, para efeito de balanço de nutrientes e, no produto final, para efeito de avaliação da qualidade do composto. Uma razão (C/N) próxima de 30 é considerada ótima para o processo de compostagem, o que significa que, para que a compostagem se realize com eficiência, para cada parte de N, devem estar presentes 30 partes de C.

No entanto, importa frisar que esta relação poderá variar em função das características específicas dos materiais utilizados. Ou seja, durante o processo de compostagem, embora quase todo o N esteja disponível para ser utilizado pelos microrganismos, o mesmo pode não se verificar relativamente ao C de determinados materiais, devido à sua resistência à degradação biológica (materiais ricos em lenhina). Neste tipo de situações, a relação C/N da mistura a compostar deve ser ajustada em função da disponibilidade destes nutrientes.

Quando os resíduos orgânicos possuem uma razão C/N elevada, é vulgar recorrer-se a resíduos ricos em azoto de modo a favorecer o processo. O Quadro 11 apresenta a relação C/N de alguns materiais utilizados no processo de compostagem (ver também Tabela 12 do Ponto IV.6.1.7)":

Material	Relação C/N
Palhas	60 – 100
Lenha verde de podas	100 – 150
Folhas de árvores	30 – 60
Restos de hortícolas frescos	13
Aparas de relva	20

Quadro 11 - Relação C/N de alguns materiais para compostagem | Fonte: Adaptado de: Santos, 2012

Durante a compostagem, metade ou mais de metade do volume da pilha será perdido com a decomposição dos materiais. Regra geral, o C é perdido mais rapidamente que o N

e, por isso, a relação C/N diminui à medida que evoluímos no processo. Neste sentido, é importante determinar a razão C/N dos diferentes materiais antes de se proceder à mistura, bem como determinar a C/N no início do processo e no produto final. Deste modo, uma vez que o composto “produto final” vai ser utilizado como fertilizante orgânico, aconselha-se que se faça uma análise química à sua composição antes da sua utilização na própria exploração. Quando o composto vai ser comercializado esta análise química é obrigatória.

b) Temperatura

Conforme já foi referido, durante as diferentes fases da compostagem atingem-se diferentes temperaturas, de acordo com o estado de desenvolvimento do processo. Segundo alguns autores a temperatura é um parâmetro físico fundamental para o controlo da atividade microbiana e está dependente de vários fatores tais como a velocidade de decomposição do material, a humidade e o arejamento, a razão C/N da mistura do material e o tamanho da pilha.

A fase inicial da compostagem, como mencionado anteriormente, é realizada por organismos mesófilos, cuja temperatura ótima de crescimento se situa entre os 20°C e os 40°C. Devido à presença de matéria orgânica facilmente degradável, estes microrganismos multiplicam-se rapidamente, o que gera uma intensa produção de calor aumentando, deste modo, a temperatura do composto até valores que inibem a própria atividade dos microrganismos mesófilos.

Quando a temperatura atinge valores superiores a 45°C dá-se então início à fase termófila. Nesta etapa, os microrganismos termófilos – cuja temperatura ótima de crescimento está compreendida entre 50 e 70°C – continuam o processo de degradação, o que aumenta, consequentemente, a temperatura do composto para valores bastante elevados. Este aumento da temperatura é crucial para definir a qualidade do composto porque as temperaturas elevadas favorecem a eliminação de agentes patogénicos, bem como a destruição de sementes de plantas infestantes. No entanto, as temperaturas não devem ultrapassar os 65°C, uma vez que valores desta ordem podem afetar alguns grupos de microrganismos que têm um papel importante no processo e, consequentemente, reduzir a taxa de decomposição da matéria orgânica. Para além disso, temperaturas extremas podem conduzir à própria inflamação dos materiais em compostagem. Como forma de contrariar este aumento pode recorrer-se à rega, à reintrodução de materiais com relação C/N mais elevada ou ao arejamento da pilha através do revolvimento do material.

Concluído o processo de degradação rápida ocorrido nas duas fases anteriores, a temperatura da pilha sofre uma diminuição gradual até igualar a temperatura ambiente. Após esta diminuição, os microrganismos mesófilos voltam a atuar, degradando os compostos mais resistentes, o que possibilita a maturação do composto (gráfico 2).

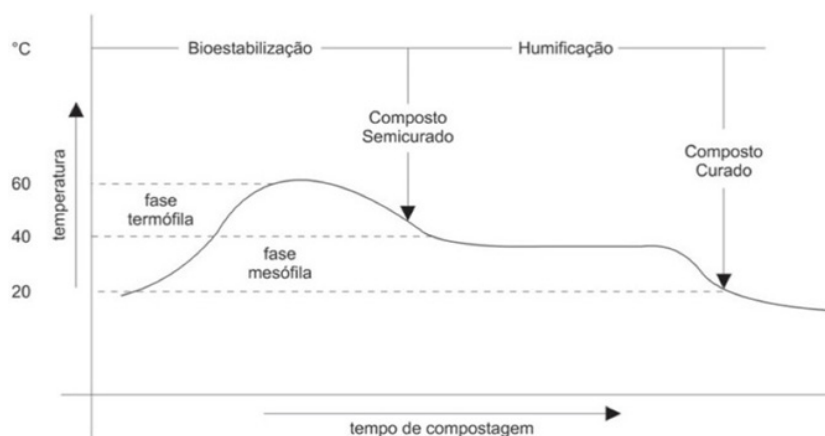


Gráfico 2 - Comportamento da temperatura ao longo do processo de compostagem
Fonte: Schalch et al., 2015

c) **Humidade**

O processo de compostagem está totalmente dependente do teor de humidade do material a compostar, podendo variar de acordo com o tipo de matéria orgânica, as características físicas do material e o sistema de arejamento. Neste sentido, os materiais estruturalmente fracos - como a erva verde - e que tendem, quando molhados, a constituir uma massa compacta, devem ser compostados com teores de humidade mais reduzidos (50 a 60%); por outro lado, os materiais estruturalmente mais firmes, como a palha e a serradura, necessitam de um teor de água mais elevado (75 a 90 %).

De acordo com diversos autores, o teor de humidade do substrato no início do processo de compostagem deverá estar compreendido entre 45 e 65%. No entanto, o teor de humidade pode variar ao longo do processo, uma vez que os microrganismos aeróbios produzem água quando decompõem a matéria orgânica, o que contribui para aumentar a humidade do composto. Por outro lado, devido ao aumento de temperatura, da ventilação ou do revolvimento do composto, poderão ocorrer perdas sob a forma de vapor de água.

De um modo geral, o substrato não deve atingir teores de humidade abaixo de 40%, uma vez que níveis na ordem dos 30% afetam a atividade de alguns grupos microbianos. A atividade microbiológica é totalmente cessada quando tais níveis são inferiores a 8-12%.

d) **Arejamento**

O fornecimento de ar é um processo vital para a compostagem, uma vez que a atividade microbiana e a consequente degradação do material estão dependentes desse fator. Ou seja, o arejamento permite fornecer o oxigénio necessário à atividade microbiana; remover a humidade em excesso da mistura de materiais em compostagem; e remover calor, diminuindo a temperatura da massa em compostagem. A falta de oxigénio causa um ambiente redutor, resultando compostos incompletamente oxidados como ácidos voláteis, metano (CH_4), amoníaco (NH_3) e gás sulfídrico (H_2S).

O consumo de oxigénio (O_2) na compostagem está diretamente relacionado com a atividade dos microrganismos aeróbios. Deste modo, a circulação do ar é importante para que a compostagem ocorra de forma rápida e eficaz. Na fase inicial do processo de compostagem os materiais são mais facilmente degradados, pelo que as necessidades de O_2 aumentam. Após a fase de degradação rápida, as necessidades de oxigénio vão diminuindo gradualmente.

Em condições ótimas, a concentração de O_2 não deve ser inferior a 10% embora a compostagem possa ocorrer com uma concentração mínima de 5%. Para garantir essas condições será necessário manter o interior do substrato bem provido de ar, recorrendo, quando necessário, a operações de revolvimento ou forçando a entrada de ar na massa em compostagem por insuflação ou sucção. O número de vezes que o material deve ser revirado depende de diversos fatores (temperatura, humidade, tamanho da pilha, dimensão das partículas), podendo ser necessário revirar uma ou duas vezes no primeiro mês e, eventualmente, mais uma vez no segundo mês. Durante este processo, algum azoto poderá ser perdido.

e) **Valor de pH**

Os valores de pH do material em compostagem condicionam a atividade microbiana e

podem ser indicativos do estado de compostagem em que os resíduos orgânicos se encontram.

De acordo com as transformações que vão ocorrendo ao nível da compostagem do material o valor de pH vai variando. Durante as primeiras horas de compostagem, o pH decresce até valores de aproximadamente 5 e, posteriormente, aumenta gradualmente com a evolução do processo de compostagem, alcançando, finalmente, valores entre 7 e 8. À medida que os fungos e as bactérias digerem a matéria orgânica, libertam-se ácidos que se acumulam e acidificam o meio. Esta diminuição do pH favorece o crescimento de fungos e a decomposição da celulose e da lenhina. Posteriormente estes ácidos são decompostos até serem completamente oxidados. Neste sentido, o valor de pH que se considera ser ótimo para o processo de compostagem situa-se entre 5,5 no início e 8,5 no final.

A adição de calcário ou de outras substâncias alcalinizantes, como as cinzas, pode ser prejudicial para o processo, uma vez que o aumento de pH causa a formação de amoníaco (NH_3) em detrimento do ião amoniacal (NH_4^+). O amoníaco é altamente tóxico e pode ser volatilizado, contribuindo assim para os odores desagradáveis e para a diminuição de azoto disponível para a nutrição das plantas.

f) Granulometria

A granulometria ou dimensão das partículas do material a compostar é outro fator que pode afetar o desenvolvimento do processo, uma vez que a intensidade do processo depende da superfície específica de contacto entre o material e os microrganismos. Deste modo, quanto menor for a granulometria, maior será a superfície de contacto e mais elevado será o ataque por parte dos microrganismos, acelerando assim o processo de decomposição, embora possam gerar menor porosidade e maior compactação, dificultando a oxigenação da pilha.

Geralmente utilizam-se partículas com tamanho entre 1,3 e 7,6 cm, no entanto, não é fácil estabelecer uma dimensão ótima das partículas, uma vez que cada material apresenta características particulares. Da mesma forma como acontece com a razão C/N, o ideal será recorrer a uma mistura de materiais de forma a favorecer a porosidade e diminuir a compactação. Deste modo, as partículas de menor dimensão (com maior superfície específica) poderão ser degradadas com maior rapidez, enquanto que as de maior dimensão, contribuem para melhorar a estrutura do material em compostagem, favorecendo um bom arejamento.

g) Organização e localização da pilha

Embora não tenham a ver com as características intrínsecas do substrato, as dimensões e forma das pilhas também assumem, nos sistemas de compostagem tradicional, como o caso das pilhas longas reviráveis ou estáticas, um papel relevante na eficiência do processo, designadamente pelo efeito que têm sobre o arejamento e a dissipação do calor da pilha, e na eliminação/inativação dos microrganismos patogénicos.

O formato e as dimensões de cada pilha deverão ser equacionados em função do peso e da resistência dos materiais que a constituem, bem como das condições climáticas predominantes nos locais de compostagem.

No que diz respeito à forma, estas deverão ter uma secção vertical triangular ou trapezoidal (figura 23). Em climas maioritariamente chuvosos, as pilhas requerem um formato que permita o escoamento da água. Pelo contrário, em climas secos as pilhas deverão ter um formato

que lhes permita reter água por forma a manter o teor de humidade da pilha. Neste sentido, deve-se privilegiar a secção triangular se os materiais a compostar forem predominantemente de fraca estrutura e na estação de maior ocorrência de pluviosidade, enquanto que a secção trapezoidal será reservada à estação seca.

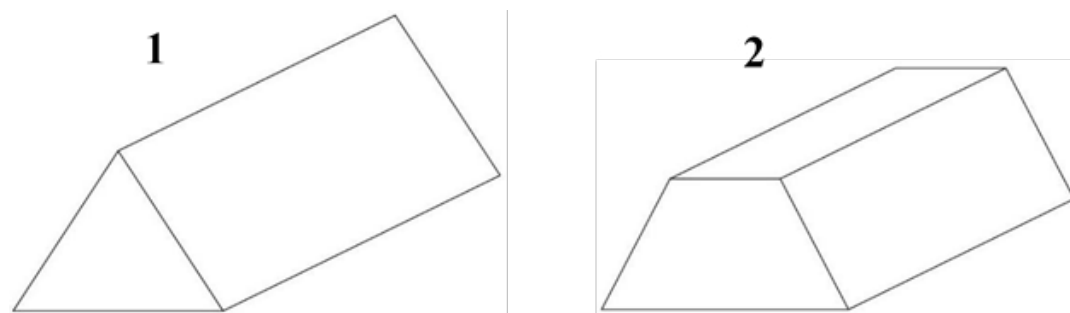


Figura 23 - 1: Secção vertical triangular; 2: secção vertical trapezoidal | Fonte: RuralSmart

A utilização de coberturas pode evitar a percolação de nutrientes devido à chuva, bem como, proporcionar uma decomposição mais uniforme.

Relativamente às dimensões, a largura deverá ser o dobro da altura (que convirá não exceder os 2 – 2,5 metros), não havendo restrições no que se refere ao comprimento. Se o substrato a compostar tiver grande percentagem de materiais estruturalmente resistentes, a altura das pilhas poderá exceder em cerca de 1/3 a das pilhas constituídas por materiais brandos. Nas regiões caracterizadas por temperaturas muito baixas haverá vantagem em aumentar as dimensões das pilhas, possibilitando, assim, a conservação do calor.

Quanto ao local escolhido para se fazer a compostagem este deverá ser de fácil acesso, preferencialmente com um declive pouco acentuado, até 3%, para facilitar toda a gestão (preparação e reviramento da pilha) mas de modo a permitir a drenagem da água da chuva. Deve situar-se próximo de um ponto de água, uma vez que o material poderá ter que ser molhado à medida que as camadas vão sendo colocadas ou até mesmo quando for revolido.

h) Vermicompostagem

A vermicompostagem é um processo de degradação de matéria orgânica que permite acelerar o processo natural de compostagem (figura 24). Este método consiste na utilização de minhocas específicas para decompor a matéria orgânica do substrato, transformando-a num fertilizante natural e rico em ácidos húmicos denominados de vermicomposto.



Figura 24 - Processo de vermicompostagem na Ilha do Açores
Fonte: RuralSmart

O vermicomposto é o resultado do metabolismo e consequentes excrementos de minhocas da espécie *Eisenia Fetida*, mais conhecidas por minhocas vermelhas californianas. Estas minhocas consomem diariamente o equivalente ao seu peso em nutrientes (aproximadamente 1 grama), expelindo 50% do alimento consumido, sob a forma de húmus. Em condições ótimas, um quilograma de minhocas consome diariamente um quilograma de matéria orgânica.

O vermicomposto melhora as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, possibilitando uma melhoria nas suas características, nomeadamente ao nível da fertilidade e, consequentemente, da sua produtividade, potenciada pelo aumento da capacidade de retenção/circulação de água e de nutrientes.

Por outro lado, este processo pode apresentar algumas dificuldades acrescidas, tais como a disponibilidade de minhocas no mercado e o seu custo de aquisição.

O Quadro 12 esquematiza as principais diferenças entre o processo de vermicompostagem e compostagem:

Vermicompostagem	Compostagem
Estritamente aeróbio: aumenta a qualidade do produto	Apesar de ser considerado um processo aeróbio, poderão ser originadas zonas anaeróbias: atrasa o processo e reduz a qualidade do produto
Minhocas como principal agente biológico em regime simbiótico com a fauna microbiana	Microrganismos como agente biológico
Processo essencialmente mesófilo (20 – 40° C)	As temperaturas termófilas (> 40°C) são essenciais para o processo
O arejamento é efetuado pela ação das minhocas	Poderá ser necessário arejamento manual ou mecanizado
Menor consumo energético	Maior consumo energético
Elevada eficiência na eliminação de organismos patogénicos	Eliminação de organismos patogénicos nem sempre bem sucedida
Rendimento máximo: 90%	Rendimento máximo: 35%

Quadro 12 - Principais diferenças entre o processo de vermicompostagem e compostagem
Fonte: Adaptado de <http://www.agrotec.pt/noticias/vermicompostagem-fertilidade-e-sustentabilidade/>

V.5.2.3.5. PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE OCORREM NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM E SUA RESOLUÇÃO

a) Lentidão do processo

Os resíduos orgânicos em decomposição assumem comportamentos distintos em função das características dos vários compostos que os constituem. Neste sentido, os resíduos deverão

conter níveis adequados de matéria orgânica e de elementos essenciais ao crescimento e multiplicação dos microrganismos intervenientes no processo, sendo que, conforme já foi referido no **Ponto V.5.2.3.4.a)**, a razão C/N próxima de 30 é aquela que se considera ótima para o processo de compostagem.

Nos resíduos de natureza vegetal e animal, cuja relação C/N é reduzida, o processo de decomposição torna-se muito rápido porque a matéria orgânica mineraliza-se num curto período de tempo, contribuindo pouco para a produção de húmus.

Quando a relação C/N é muito elevada, como é o caso dos resíduos dificilmente biodegradáveis (elevada componente lenhocelulósica), o processo de decomposição torna-se muito lento porque são ricos em compostos fenilpropanos e polifenóis, resistentes à decomposição microbiana.

Neste sentido, conhecer a razão de C/N dos diferentes materiais utilizados no processo de compostagem é fundamental para que a decomposição da matéria orgânica ocorra com a cadência desejada.

b) Odores

O excesso de humidade, a falta de porosidade, a rápida degradação do substrato e o tamanho excessivo da pilha, podem criar condições de anaerobiose no interior da pilha de compostagem. Estas condições resultam na formação de compostos que provocam odores desagradáveis quando se volatilizam.

Os compostos que mais frequentemente contribuem, quer em aerobiose quer em anaerobiose, para os odores desagradáveis podem ser compostos orgânicos incompletamente oxidados, tais como os ácidos gordos voláteis e amoníaco, ou compostos não oxidados de enxofre, como o gás sulfídrico.

O odor intenso e desagradável dos resíduos orgânicos diminui durante a fase inicial da compostagem e tende a desaparecer praticamente no final do processo.

c) Temperaturas desadequadas no interior da pilha

O problema das variações de temperatura na pilha de compostagem é bastante complexo por motivo de as temperaturas assumirem, no interior da pilha, valores localmente distintos, influenciadas pela temperatura ambiente, arejamento, e humidade que se acumula habitualmente na base da pilha. Neste sentido, a temperatura deve ser medida periodicamente, com o intuito de verificar se a sua evolução é a adequada. Essa medição deve ser feita em vários pontos da pilha.

Através de um bom arejamento conseguem evitar-se elevados valores de temperatura, aumentar a velocidade de oxidação, reduzir o excesso de humidade e a emissão de odores e de gases como o metano. O arejamento adequado pode ser conseguido por reviramento periódico da pilha.

Tal como já foi referido no **Ponto V.5.2.3.4.c)**, se o teor de humidade descer abaixo dos 40%, a pilha fica demasiado seca para a atividade microbiana. Uma vez que a temperatura atingida é elevada, é normal que ocorra evaporação e, como resultado, pode ser necessário humedecer frequentemente a pilha.

A figura seguinte ilustra as variações de temperatura que geralmente ocorrem no interior da pilha:

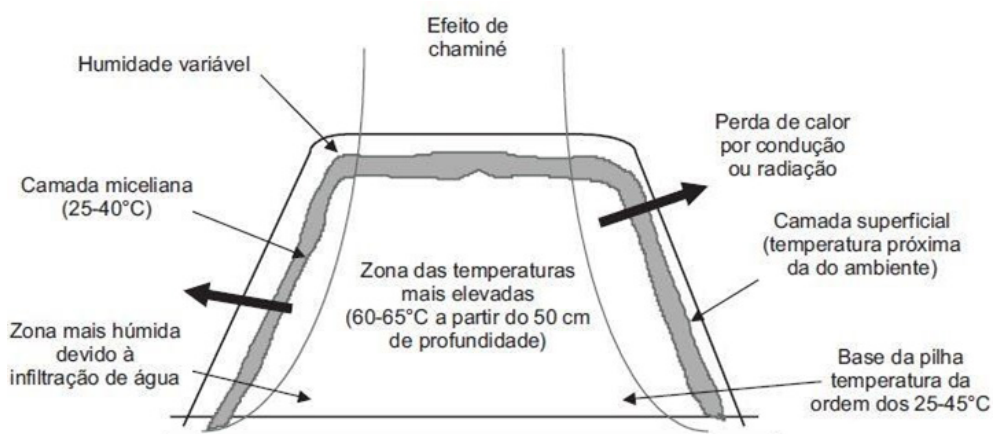


Figura 25 - Corte transversal de uma pilha estática; variações de temperaturas típicas em vários locais da pilha
Fonte: Gonçalves, 2005

d) Presença de pragas ou doenças

O processo de compostagem não é um processo de esterilização (total eliminação da vida microbológica de um material submetido a uma determinada temperatura e pressão durante um determinado tempo). Neste sentido, vários organismos patogénicos podem estar presentes no composto se não se deixar que o processo alcance temperaturas suficientemente altas para os destruir. A presença dos organismos patogénicos também varia com os tipos de resíduos utilizados como matéria-prima para o composto.

Por outro lado, existem por vezes materiais contaminados por pragas ou doenças que se desenvolvem bastante bem em condições de elevada humidade e temperatura.

Neste sentido, deve ter-se muito cuidado com os materiais que se colocam nas pilhas e proceder, se necessário, a uma correta higienização prévia.

e) Perigo de percolação por rega excessiva

A água é essencial para transportar e dissolver os nutrientes necessários para as atividades fisiológicas e metabólicas dos microrganismos e para a difusão dos microrganismos ao longo da matéria de compostagem.

Embora não seja uma regra, o recurso à rega nas pilhas de compostagem é uma prática utilizada várias vezes como medida corretiva. Esta prática deve ser realizada de forma controlada, de modo a evitar excessos e, conseqüentemente, a percolação do sistema. Ou seja, quando os níveis de humidade são elevados, a água preenche as fendas das partículas da biomassa, o que dificulta a difusão do ar, e aumenta a espessura dos filmes na superfície das partículas, diminuindo as taxas metabólicas. Neste tipo de situações, deve arejar-se a mistura para promover a libertação de vapor de água do interior.

V.5.2.3.6. QUALIDADE/PROPRIEDADES DO COMPOSTO

O produto final da compostagem deverá ser testado e estar em conformidade com o **Decreto-Lei n.º 103/2015**, de 15 de junho para ser colocado no mercado, assegurando-se,

nomeadamente, o cumprimento dos seguintes requisitos:

- **Teor de matéria orgânica:** O composto deve conter um teor mínimo de 30% de matéria orgânica (reportado à matéria seca);
- **Teor de humidade:** O teor máximo de humidade permitido no composto, expresso em percentagem em massa, é de 40%;
- **pH:** O pH da matéria fertilizante deve situar-se entre 5,5 e 9,0;
- **Granulometria:** De um modo geral, 99% deverá passar por um crivo de malha de 25 mm;
- **Salmonella spp:** O composto deve estar isento de Salmonella spp numa amostra de 25 g;
- **Escherichia coli:** O composto deve possuir <1000 células/g de Escherichia coli;
- **Sementes e propágulos de infestantes:** O composto não pode exceder os valores máximos de 3 unidades ativas/l de sementes e propágulos de infestantes;
- **Metais pesados, materiais inertes antropogénicos e pedras:** O composto não pode ultrapassar, de acordo com a classe correspondente, o conteúdo em metais pesados, materiais inertes antropogénicos e pedras indicado no seguinte quadro:

Parâmetro	Unidade	Classe I	Classe II	Classe IIA	Classe III
Cádmio	mg/kg MS	0,7	1,5	3,0	5,0
Chumbo		100	150	300	500
Cobre		100	200	400	600
Crómio		100	150	300	400
Mercúrio		0,7	1,5	3,0	5,0
Níquel		50	100	200	200
Zinco		200	500	1000	1500
Inertes antropogénicos (> 2 mm)	%	0,5	1,0	2,0	
Pedras > 5 mm		5,0	5,0	5,0	-

Quadro 13 - Valores máximos admissíveis para os teores totais de metais pesados inertes antropogénicos e pedras, no composto orgânico, por classe
Fonte: Sempiterno, 2016

De acordo com a classe de qualidade do composto, assim são as limitações que existem ao nível da sua utilização (**Decreto-Lei n.º 103/2015, de 15 de junho**), tanto em quantidade como no tipo de cultura em que se pode aplicar. Deste modo, os compostos de **classe I e II** podem ser aplicados em todas as culturas agrícolas, até um máximo anual de 50 t/ha e 25 t/ha, respetivamente. Os de **classe IIA**, apenas podem ser aplicados a culturas agrícolas arbóreas e arbustivas e a espécies silvícolas, na quantidade

máxima de 10 t/ha e ano. Os de **classe III** só podem ser utilizados em solos que não se destinem a instalar culturas para alimentação humana ou animal e em quantidades que não excedam as 200 t/ha, em cada 10 anos.

- **Grau de maturação:** consideram-se três categorias de composto em função do grau de maturação. Este é medido em função do teste de auto aquecimento como indica o Quadro 14.

Temperatura no teste de auto aquecimento (T)	Grau de maturação	Categoria	Condições de aplicação
T < 40° C	IV e V	Maturada	Espalhamento e incorporação até 3 semanas antes da sementeira ou plantação
40° C < T < 50° C	III	Semimaturada	Espalhamento e incorporação pelo menos 4 e 3 semanas, respetivamente, antes da sementeira ou plantação. Incorporação até 48 horas após o espalhamento
T > 50° C	I e II	Fresca	

Quadro 14 - Categorias do composto orgânico em função do grau de maturação e respetivas condições de aplicação
Fonte: Sempiterno, 2016

Ainda de acordo com o **Decreto-Lei n.º 103/2015, de 15 de junho**, a possibilidade de utilização de cada uma das categorias como corretivo orgânico está dependente do tempo que decorre entre a aplicação do mesmo ao solo e o processo de sementeira ou plantação.

A compostagem sendo um processo de biodegradação de matéria orgânica por ação de microrganismos é considerado como uma valorização orgânica.

LEGISLAÇÃO RELEVANTE

Quadro de legislação (Ponto V.5.)		
TEMÁTICA	LEGISLAÇÃO	LINK PARA CONSULTA
Licenciamento para armazenamento de resíduos	Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/102-d-2020-150908012
Licenciamento para resíduos perigosos	Lei n.º 26/2013, de 11 de abril	https://dre.pt/dre/detalhe/lei/26-2013-260454
Gestão de Resíduos Fitofarmacêuticos	Decreto-Lei n.º 187/2006 de 19 de setembro	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/187-2006-541635b
Gestão de Óleos usados	Decreto-Lei n.º 152-D/2017, de 11 de dezembro	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/152-d-2017-114337042

Quadro de legislação (Ponto V.5.)

TEMÁTICA	LEGISLAÇÃO	LINK PARA CONSULTA
Gestão de embalagens e resíduos de embalagens	Decreto-Lei n.º 366-A/97 de 20 de dezembro	https://dre.pt/dre/legislacao-consolidada/decreto-lei/1997-73665155
Lista Europeia de Resíduos (LER)	Anexo I da Decisão 2014/955/UE, da Comissão, de 18 de dezembro	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex:32014D0955
Compostagem	Decreto-Lei n.º 103/2015, de 15 de junho	https://dre.pt/home/-/dre/67485179/details/maximized
Eliminação de resíduos agrícolas	Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/102-d-2020-150908012
Prevenção e controlo das emissões de poluentes para o ar	Decreto-Lei n.º 39/2018, de 11 de junho	https://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=2904&tabela=leis&ficha=1&pagina=1&so_miolo=
Prevenção e gestão dos resíduos	Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho	https://dre.pt/pesquisa/-/search/670034/details/maximized

V.6. GESTÃO DE EFLUENTES PECUÁRIOS E DE OUTROS SUBPRODUTOS ANIMAIS

A intensificação dos sistemas de produção animal aumentou a eficiência das explorações, no entanto criou potenciais problemas de saúde pública e ambiental ao longo dos anos, devido à contaminação das massas de água, solo e ar e ao volume de efluentes produzidos. Por outro lado, a concentração geográfica de explorações pecuárias e a sua dissociação da produção vegetal também tem contribuído para o incremento das preocupações com o destino a dar aos efluentes pecuários, preservando o meio ambiente e a saúde pública.

A gestão dos Efluentes pecuários e de outros subprodutos de origem animal está suportada em vários diplomas legais articulados entre si, e que confluem no licenciamento da atividade pecuária.

Os impactes ambientais e sociais associados aos efluentes pecuários e o seu potencial de valorização levam a que os efluentes sejam vistos como recursos passíveis de serem utilizados para diferentes fins. Neste sentido, são objeto de uma gestão que se procura que seja cada vez mais sustentável e que contempla as fases de recolha, armazenamento, transporte, tratamento e destino final adequado.

Todas as fases deste processo (recolha, armazenamento, transporte, tratamento e destino final) têm que ser efetuadas de acordo com as regras em vigor e segundo as boas práticas.

Existe uma enorme variedade de métodos (físicos, químicos e biológicos) utilizados para o tratamento de efluentes, os quais se podem complementar mutuamente, tais como: (i) separação de fases (sedimentação, mecânica ou química); (ii) tratamentos biológicos (aeróbios e anaeróbios), aos quais já se fez referência a propósito da gestão dos subprodutos de origem vegetal; (iii) compostagem, que constitui um processo também já descrito pormenorizadamente no subcapítulo anterior, (iv) desidratação (tratamento térmico); (v) incineração e co-incineração (também considerados tratamentos térmicos), também já referidos anteriormente.

A eficiência de qualquer tipo de tratamento está dependente de diversos fatores, tais como o volume/composição dos efluentes pecuários e a monitorização dos parâmetros analíticos (pH, temperatura, teor de humidade, etc.). Esta variedade de tratamentos possibilita que ocorram diferentes formas de valorização dos efluentes pecuários, nomeadamente a valorização agrícola, orgânica e energética, bem como outros tipos de valorização como a biológica e biotecnológica.

A adoção de medidas ou práticas que visem reduzir as quantidades de efluentes produzidos e/ou de substâncias potencialmente poluentes, é uma postura que deve, cada vez mais, ser implementada nas explorações pecuárias, fazendo parte integrante da gestão dos efluentes pecuários nas explorações agropecuárias/pecuárias.

V.6.1. ENQUADRAMENTO LEGAL DA GESTÃO DE EFLUENTES PECUÁRIOS

Tal como foi referido anteriormente, o **Regulamento do Exercício da Atividade Pecuária "REAP"** (Decreto-Lei nº 214/2008, de 10 de novembro) introduziu no sistema de licenciamento nacional uma visão integrada e sequencial dos aspetos a acautelar por um produtor que pretenda exercer atividade pecuária. Em 2013, foi instituída uma nova versão deste regulamento denominada **Novo Regulamento do Exercício da Atividade Pecuária "NREAP"** (Decreto-Lei nº 81/2013, de 14 de junho).

Este regulamento enquadra o licenciamento de todas as atividades pecuárias e respetivas atividades complementares de gestão dos efluentes pecuários, anexas às explorações pecuárias ou em unidades autónomas, quando se trate de unidades de compostagem, de unidades de produção de biogás, ou de unidades técnicas; bem como das explorações agrícolas que sejam valorizadoras de efluentes pecuários.

De acordo com o Glossário NREAP (da DGADR), as unidades de tratamento dos efluentes pecuários, que permitem o desenvolvimento das atividades complementares de gestão de efluentes pecuários, são definidas da seguinte forma:

- **Unidade de compostagem de efluentes pecuários:** unidade de transformação, autónoma ou anexa à atividade pecuária, em que é efetuada a degradação biológica de efluentes pecuários, podendo ainda incorporar biomassa para valorização agrícola e subprodutos de origem animal da categoria 2 ou 3, podendo também incorporar várias dezenas de outros produtos derivados da transformação de subprodutos de origem animal destinados a fins que não o consumo humano ou animal, em condições aeróbias com vista à produção de composto orgânico.
- **Unidade de biogás de efluentes pecuários:** unidade de transformação, autónoma ou anexa à exploração pecuária, em que é efetuada a degradação biológica de efluentes pecuários, podendo ainda incorporar biomassa para valorização agrícola e subprodutos

de origem animal da categoria 2 ou 3, em condições anaeróbias com vista à produção de biogás.

- **Unidade técnica de efluentes pecuários:** unidade autónoma que utiliza efluentes pecuários de diversas origens, tendo em vista o armazenamento, mistura ou transformação dos efluentes pecuários de forma adequada ao seu destino final, podendo também incorporar:
 - i) Outros produtos derivados de subprodutos de origem animal transformados (PD) destinados a fins que não o consumo humano ou animal;
 - ii) A biomassa para valorização agrícola; ou
 - iii) Cinzas de unidades de incineração de cadáveres; Com vista à produção de estrumes e chorumes transformados.
- **Unidade térmica de efluentes pecuários:** unidade em que se procede ao tratamento de efluentes pecuários com o objetivo da sua valorização energética (com recuperação energética) através da combustão ou co-incineração, ou da sua eliminação, por incineração.

Assim, a regulamentação em matéria do ambiente encontra-se prevista na arquitetura organizacional do NREAP. Por outro lado, tal como referido anteriormente, a portaria referente à gestão dos efluentes pecuários (**Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro**) não pode ser vista de forma desintegrada da totalidade do quadro regulamentar do NREAP. Esta portaria pretende clarificar os destinos admitidos para os efluentes pecuários e quais os requisitos a cumprir quando os mesmos são destinados a valorização agrícola; obrigar os Gestores de Efluentes Pecuários à apresentação de um Plano de Gestão de Efluentes Pecuários (PGEP), o qual deve estar permanentemente atualizado; e definir o seu regime de licenciamento no quadro do NREAP.

Ao abrigo da portaria relativa à Gestão dos Efluentes Pecuários, o titular de um dos seguintes tipos de atividade ou de instalação são classificados como Gestor de efluentes pecuários e de outros SPA e PD, categorias 2 e 3:

- i) Exploração pecuária ou agropecuária produtora de efluentes pecuários, em regime de produção intensivo, das classes 1 e 2, com uma produção anual de efluentes pecuários superior a 200 m³ ou t, ou sujeita ao Regime de Emissões Industriais aplicável à Prevenção e Controlo da Poluição (PCIP);
- ii) Exploração agrícola autorizada a efetuar valorização agrícola de qualquer quantidade de outros SPA ou PD de categorias 2 ou 3 produzidos em território nacional, ou de efluentes pecuários provenientes de outros Estados Membros;
- iii) Unidade autónoma que utiliza efluentes pecuários e/ou outros SPA e PD, de categorias 2 e 3 (designadamente de compostagem, de produção de biogás, estação de tratamento - ETEP e unidade intermédia - UIEP e unidades anexas (designadamente de tratamento térmico de efluentes pecuários).

Faz-se notar que o licenciamento de instalações destinadas à transformação ou eliminação de efluentes pecuários da respetiva exploração pecuária constitui parte integrante do processo de licenciamento dessa exploração. Por outro lado, o licenciamento das instalações autónomas das unidades técnicas, de compostagem e de biogás de efluentes pecuários, consideradas como estabelecimentos anexos da exploração, obedece ao disposto nos anexos II e III do

NREAP. Portanto o licenciamento das atividades relativas ao tratamento, transformação e eliminação de efluentes pecuários enquadra-se, tal como referido anteriormente, no licenciamento da atividade pecuária e o seu funcionamento tem de obedecer à legislação em vigor, bem como à legislação complementar aplicável.

Uma das condições previstas para o licenciamento e funcionamento da atividade dos Gestores de Efluentes Pecuários, a que nos referimos anteriormente, é a submissão para aprovação na respetiva DRAP, de um Plano de Gestão de Efluentes Pecuários (ver anexo IV da Portaria n.º 632/2009, de 9 de junho), tendo igualmente a obrigação de manter os seus PGEP permanentemente atualizados.

Para além dos aspetos referidos no NREAP e especificamente na Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro, existe a nível nacional mais alguma regulamentação que o agricultor deve ter em conta na gestão sustentável dos efluentes pecuários, nomeadamente o Programa de Ação (Portaria n.º 259/2012, de 28 de agosto) para as Zonas vulneráveis à poluição por nitratos de origem agrícola e o Código de Boas Práticas Agrícolas (Despacho n.º 1230/2018, de 5 de fevereiro) que é de aplicação obrigatória nas Zonas vulneráveis.

Os aspetos fundamentais a cumprir ao nível da produção, recolha e armazenamento de efluentes pecuários são referidos na citada Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro, assim como as formas de encaminhamento, tratamento e destino final previstos para estes subprodutos. São igualmente referidos neste diploma os procedimentos a ter em conta ao nível do transporte e registo de efluentes pecuários e dos fertilizantes pecuários que contenham produtos derivados de subprodutos animais (PD) e os aspetos a cumprir para o licenciamento e funcionamento das unidades técnicas, de tratamento e de eliminação de efluentes pecuários. Este diploma refere também as condições a cumprir quanto à valorização agrícola de efluentes pecuários e de fertilizantes orgânicos deles derivados ou que contenham PD.

Seguidamente caracterizam-se alguns dos aspetos focados neste diploma legal com maior relevância para os produtores pecuários e agropecuários.

V.6.2. ARMAZENAMENTO DE EFLUENTES PECUÁRIOS

Os efluentes pecuários são recolhidos e armazenados em infraestruturas de retenção. Na fase de recolha dos efluentes procura-se, sempre que possível, separar as águas pluviais.

Os Efluentes pecuários (EP) podem ser armazenados em estruturas impermeabilizadas de forma a garantir a estanquicidade na base e nas paredes laterais, o que pode ser conseguido de forma natural ou artificialmente. Estas estruturas podem assumir a forma de nitreiras, fossas, lagoas e tanques, consoante se trate de estrume ou chorume.

A capacidade de armazenamento dos efluentes pecuários devem estar de acordo com a dimensão da atividade pecuária, de forma a assegurar o equilíbrio entre a produção e a respetiva utilização ou destino.

Para o cálculo da capacidade mínima de armazenamento de efluentes pecuários deve ser tido em conta o seguinte:

- A capacidade mínima é equivalente à produção média de três meses (salvo outro sistema alternativo e ou outra legislação aplicável);

- Para o período referido anteriormente (3 meses) deve atender-se:
 - a) à quantidade total de efluentes pecuários produzidos, incluindo o volume de águas e escoamentos que drenam para as infraestruturas de armazenamento, nomeadamente as águas de lavagem dos alojamentos e equipamentos das atividades pecuárias, bem como as escoamentos de nitreiras e silos.
 - b) ao volume de águas pluviais não separadas das águas residuais que incidam nas áreas descobertas dos alojamentos dos animais e de infraestruturas de armazenamento;
 - c) Uma capacidade de reserva de segurança mínima, de forma a evitar derrames por transbordo, equivalente à pluviosidade máxima observada em 24 horas na região, nos últimos 30 anos referenciada pelo Instituto Português do mar e Atmosfera, I. P. (IPMA, I.P.).

Deve ser aplicado o disposto no Código de Boas práticas Agrícolas (CBPA) e nas situações omissas ou que careçam de clarificação e devem ser consultadas as normas divulgadas pela DGADR, designadamente no seu site.

A capacidade de armazenamento de efluentes pecuários pode ser assegurada numa instalação anexa à exploração pecuária, devidamente habilitada para o efeito, ou através do estabelecimento de um contrato escrito relativo ao armazenamento externo à instalação. Neste caso, alerta-se para o cumprimento das orientações relativas ao transporte de efluentes pecuários.

Não obstante a solução a adotar (instalação anexa ou armazenamento externo à exploração), com exceção do armazenamento de estrume nas explorações avícolas com produção de camas no solo, deve ser assegurada na exploração uma capacidade mínima de armazenamento de EP referentes a 21 dias consecutivos.

O período de armazenamento de EP não pode exceder um período superior a 12 meses. Assim, o operador pecuário deve possuir documentação que demonstre a utilização, encaminhamento ou destino adequado dos EP produzidos no decurso de cada ano civil. Porém, em casos devidamente justificados e previamente autorizados pela entidade coordenadora do NREAP o armazenamento de EP pode ser mantido por um período máximo de 24 meses, desde que sejam asseguradas as condições adequadas de armazenamento. O pedido de autorização deve ser submetido com a antecedência mínima de 30 dias relativamente ao termo do período normal de meses para o armazenamento de efluentes, sendo decidido no prazo de dias.

No caso de ser ultrapassado o prazo de retenção de acordo com o exposto, as matérias retiradas das lagoas de efluentes pecuários configuram uma lama, nos termos do Decreto-Lei 276/2009, de 2 de outubro que estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas.

Consoante o tipo, os materiais empregues na construção e a dimensão da estrutura de armazenamento, assim são os custos associados. Estas estruturas devem respeitar as normas regulamentares definidas pela Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro, nomeadamente no que diz respeito às suas características construtivas, bem como às demais normas nos domínios do ordenamento do território e ambiente. A construção de uma estrutura de armazenamento de efluentes pecuários está sujeita à aprovação prévia, por parte da DGADR, de um projeto de licenciamento.

Estas estruturas não podem ser implantadas a menos de 10 m das margens das linhas de água e a menos de 25m dos locais onde são efetuadas captações de água, sem prejuízo da demais legislação aplicável; em zonas ameaçadas por cheias de acordo com o previsto na Lei da Água; e numa faixa, medida na horizontal, com a largura de 100 metros contados a partir da linha do nível de pleno armazenamento no caso das albufeiras de águas públicas de serviço público e da linha limite do leito das lagoas ou lagos de águas públicas. Estas e outras condicionantes ao armazenamento de efluentes pecuários encontram-se indicados no Artigo 5.º da Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro.

Os locais de armazenamento deverão ser impermeabilizados na base e nas paredes laterais para evitar infiltrações ou derrames que possam originar a contaminação das massas de água superficiais e subterrâneas. Esta impermeabilização poderá ser natural ou artificial, devendo o responsável técnico assegurar a estabilidade e estanquicidade, imprescindíveis a estas unidades. Para além disso, devem ser isoladas por vedação, de forma a evitar a queda de pessoas ou animais nos órgãos de retenção, bem como o seu resguardo a acessos indevidos.

As infraestruturas de armazenamento devem obedecer aos seguintes requisitos gerais:

- a) O **armazenamento em betão convencional** deve obedecer, do ponto de vista construtivo, às regras de edificabilidade e estruturas legisladas no âmbito do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU);
- b) No armazenamento em **sistemas lagunares** é necessário garantir as seguintes condições:
 - Salvar a sua implantação fora de áreas sujeitas a inundações;
 - A quota de implantação deve ser definida em função do nível piezométrico;
 - Os declives dos taludes devem ser definidos em função das características geológicas do solo, devendo ser dimensionados de forma a garantir a sua estabilidade;
 - As infraestruturas devem ser circundadas por um sistema de drenagem lateral/ de fundo que assegure o escoamento de águas laterais e que, simultaneamente, permita sinalizar qualquer risco de rutura do sistema;
- c) No armazenamento em **depósitos amovíveis** deve ser observado o seguinte:
 - As infraestruturas podem ser construídas em fibra ou ser metálicas com revestimentos de PVC;
 - Os depósitos devem possuir certificado de conformidade para armazenamento destes produtos.

A capacidade de armazenamento de efluentes pecuários, ou seja, o volume útil necessário para a retenção dos efluentes pecuários, deverá ser dimensionada de forma a poder realizar uma gestão adequada e segura dos efluentes que sejam produzidos tendo em consideração a sua utilização, transferência para terceiros ou eliminação.

Nas Zonas Vulneráveis à poluição por nitratos de origem agrícola a gestão dos efluentes pecuários obedece ao disposto no Programa de Ação em vigor (Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro).

Para a determinação da capacidade do armazenamento dever-se-á ter em conta, em função da espécie pecuária, a quantidade e composição média dos efluentes pecuários produzidos

anualmente (Quadro 15); a quantidade de material utilizado para camas (Quadro 16); a quantidade de água utilizada nas operações de limpeza (Quadro 17); e também o volume correspondente a um quarto da pluviosidade anual média da região.

Espécie pecuária / tipo de animal		Effluente pecuário ¹	m ³ ou t /animal ou lugar/ano ²	kg/t de estrume ou kg/m ² de chorume							CN ³	m ³ ou t / CN / ano	kg/CN e ano				
				MS	MO	N _i ³	N _{org} ⁴	P ₂ O ₅	K ₂ O				MO	N _i ³	N _{org} ⁴	P ₂ O ₅	K ₂ O
Bovinos	Vaca leiteira ⁵	Estrume	21,0	210	175	5,3	1,3 - 2,5	2,2	10,8		1,20	17,5	3063	93	22,8 - 43,8	39	189
		Chorume	23,0	90	70	4,3	2,2 - 3,0	1,8	8,0			19,2	1342	82	42,2 - 57,5	35	153
	Vaca aleitante	Estrume	14,0	210	175	5,3	1,3 - 2,5	2,2	10,8		1,00	14,0	2450	74	18,2 - 35,0	31	151
		Chorume	15,5	90	70	4,3	2,2 - 3,0	1,8	8,0			15,5	1085	67	34,1 - 46,5	28	124
	Bovino de recria (6 a 24 meses) ⁷	Estrume	7,0	210	175	5,3	1,3 - 2,5	2,2	10,8		0,60	11,5	2013	61	15,0 - 28,8	25	124
		Chorume	8,0	90	70	4,3	2,2 - 3,0	1,8	8,0			13,5	945	58	29,7 - 40,5	24	108
	Bovino de engorda intensiva	Estrume	6,8	210	155	5,4	1,3 - 2,5	2,3	8,9		0,60	11,3	1757	61	14,7 - 28,3	26	101
		Chorume	7,5	90	65	4,3	2,2 - 3,0	1,7	5,2			12,5	813	54	27,5 - 37,5	21	65
Suínos	Vitel de recria (< 6 meses)	Estrume	2,2	210	150	5,3	1,3 - 2,5	2,3	5,5		0,40	5,5	825	29	7,2 - 13,8	13	30
		Chorume	1,4	90	150	5,3	1,3 - 2,5	2,3	5,5		0,20 ⁸	3,5	525	19	4,6 - 8,8	8	19
	Vitel aleitamento (< 3 meses) ⁷	Estrume	3,4	270	40	7,8	3,1 - 4,7	7,0	8,3		0,35	9,7	389	76	30,1 - 45,7	68	81
		Chorume	6,0	50	33	4,7	2,4 - 3,3	3,2	3,2			17,1	566	81	41,1 - 56,6	55	55
	Lugar de porcos de engorda/acabamento ¹⁰	Estrume	1,2	270	40	7,8	3,1 - 4,7	7,0	8,3		0,15	8,0	320	62	24,8 - 37,6	56	66
		Chorume	1,6	50	36	6,0	3,0 - 4,2	3,8	4,4			10,7	384	64	32,0 - 44,8	41	47
	Lugar de bácoros / leitões desmamados ¹¹	Estrume	0,5	270	40	7,8	3,1 - 4,7	7,0	8,3		0,05	10,0	400	78	31,0 - 47,0	70	83
		Chorume	0,8	50	36	6,0	3,0 - 4,2	3,8	4,4			16,0	576	96	48,0 - 67,2	61	70
	Exploração de produção de leitões ¹²	Estrume	5,1	270	40	7,8	3,1 - 4,7	7,0	8,3		0,52 ⁹	9,8	390	76	30,2 - 45,8	68	81
		Chorume	8,7	50	33	4,7	2,4 - 3,3	3,2	3,2			16,7	552	79	40,2 - 55,2	54	54
	Exploração em ciclo fechado ¹³	Estrume	12,9	270	40	7,8	3,1 - 4,7	7,0	8,3		1,49 ⁸	8,6	346	67	26,8 - 40,6	60	72
		Chorume	19,1	50	36	6,0	3,0 - 4,2	3,8	4,4			12,8	461	77	38,5 - 53,8	49	56
Ovinos / Caprinos	Exploração ovinos / caprinos carne ¹⁴	Estrume	1,7	270	200	8,0	3,2 - 4,8	3,3	16,0		0,17 ⁸	10,0	2000	80	32,0 - 48,0	33	160
	Exploração ovinos / caprinos leite ¹⁴	Estrume	2,3	270	200	8,0	3,2 - 4,8	3,3	16,0		0,23 ⁸	10,0	2000	80	32,0 - 48,0	33	160
Equinos	Cavalo adulto (> 24 meses) ¹⁵	Estrume ¹⁶	12,0	350	300	4,4	0,3 - 0,8	2,5	9,8		1,00	12,0	3600	53	3,6 - 9,6	30	118
		Estrume ¹⁷	8,0	350	240	6,8	0,7 - 1,8	5,0	19,5			8,0	1920	54	5,6 - 14,4	40	156
Aves	Lugar de galinhas poedeiras	Excrementos	0,027	350	250	21,0	8,4 - 12,6	17,0	11,0		0,013	2,1	519	44	17,4 - 26,2	35	23
		Estrume	0,015	500	330	27,0	11,0 - 16,0	30,0	20,0			1,2	381	31	12,7 - 18,5	35	23
	Lugar de frangos de recria ¹⁶	Estrume	0,008	500	430	30,0	12,0 - 18,0	26,0	15,0		0,006	1,3	573	40	16,0 - 24,0	35	20
	Lugar de frangos de engorda ¹⁷	Estrume	0,008	650	440	34,0	14,0 - 21,0	20,0	28,0		0,006	1,3	587	45	18,7 - 28,0	27	37
	Lugar de perus ¹⁸	Estrume	0,030	600	400	28,0	12,0 - 18,0	23,0	13,0		0,025	1,2	480	34	14,4 - 21,6	28	16

Quadro 15 - Quantidade e composição média de chorume e estrumes não diluídos produzidos anualmente por diferentes espécies pecuárias e sua conversão em cabeça normal (CN) | Fonte: Despacho n.º 1230/2018

Espécie pecuária/ tipo de animal	Sistema de estabulação	Material usado	Quantidade média utilizada
Vacas leiteiras	Em pesebres	Palha cortada Serradura	120 kg/180 dias 150 kg/180 dias
	Livre	Palha	530 kg/180 dias
Bovinos de carne	Livre	Palha	530 kg/180 dias
Suínos	Pocilgas com camas	Palha	102 kg/ano
Galinhas poedeiras	Criação no solo em camas profundas	Aparas de madeira	1 kg/ano
		Palha cortada (38-50mm)	1 kg/ano
Frangos	Criação no solo em camas profundas	Aparas de madeira	0,5kg/ano/frango/série
		Palha cortada	0,5kg/ano/frango/série
		Desperdícios de papel	0,5kg/ano/frango/série

Quadro 16 - Quantidades médias de material de camas utilizado por animal estabulado | Fonte: Despacho n.º 1230/2018

Tipo de água usada	Unidade ⁵	m ³ /ano
Água de limpeza do estábulo e de tratamento dos animais (bovinos)	1 CN	7
Água de evacuação do estrume por flotação	1 CN	6
Água de limpeza da suinicultura e de tratamento dos animais	0,15 CN	2
Água de limpeza de aviários de galinhas poedeiras	13 CN	0,5
Água de limpeza de aviários de frangos de engorda	6 CN	0,8
Escorrências das pilhas de estrume a céu aberto e lugares de passagem não cobertos	m ²	1

Quadro 17 - Valores de referência para o cálculo das quantidades de água de lavagem utilizadas na atividade pecuária que escoam para a fossa de recepção dos dejetos | Fonte: Despacho n.º 1230/2018

De forma a evitar derrames por transbordo, e tendo em consideração a dimensão das instalações pecuárias, os depósitos devem dispor de uma reserva de capacidade de segurança mínima, que deve ser suficiente e capaz de suportar a pluviosidade máxima observada em vinte e quatro horas nos últimos 30 anos na região, no caso das águas pluviais não serem separadas. Nos casos em que existam sistemas de receção e transferência para as estruturas de armazenamento, estes sistemas devem possuir uma capacidade suficiente para acomodar dois dias de

produção, incluindo ainda, para os sistemas coletores a céu aberto, a resultante da pluviosidade, sendo que, nos casos em que exista sistema de tamisagem dos chorumes, a capacidade de retenção pode ser reduzida em 20%, desde que seja assegurada capacidade complementar para a fração sólida.

Por razões de segurança, a capacidade das estruturas de armazenamento de efluentes pecuários, líquidos e semilíquidos, não deve exceder os 5000 m³ e, nas nitreiras, o estrume não deve exceder os 3 m de altura.

V.6.2.1. FOSSAS E TANQUES DE EFLUENTES PECUÁRIOS E SEU DIMENSIONAMENTO

As fossas e tanques são estruturas de retenção para onde são encaminhados os chorumes provenientes das instalações pecuárias e são utilizados para o seu armazenamento e posterior tratamento ou posterior aplicação direta no solo (valorização agrícola) (figura 26).



Figura 26 - Fossa para efluentes pecuários em fase de construção
Fonte: <https://www.villedemont-tremblant.qc.ca/en/citizens/my-property/septic-tank>


De forma a garantir a inexistência de fugas de líquidos, com risco de contaminação do solo e das águas – sobretudo das águas subterrâneas – é necessário impermeabilizar estas estruturas. Para além disso, as fossas, pelo facto de possuírem abertura ao nível do solo, devem estar providas de um dreno ou de outros dispositivos em todo o seu perímetro, de modo a impedir o escoamento para o seu interior de águas pluviais e materiais por elas arrastados (estrumes, terra, etc.). Com este procedimento evitam-se situações indesejáveis de transbordo.

Estes reservatórios devem ser construídos no exterior das instalações, de modo a evitar o risco de acumulação de gases nocivos (amoníaco, dióxido de carbono, metano e gás sulfídrico), prejudiciais para o ambiente, saúde e bem-estar dos animais. Outras soluções passam pelo aumento da relação altura:largura da fossa (menor superfície em contato com o ar) ou pela aplicação de coberturas impermeáveis (polietileno, por exemplo) ou permeáveis (camada de palha triturada à superfície, por exemplo). No caso da aplicação de coberturas impermeáveis, deve ser assegurada a existência de um sistema de remoção e utilização do biogás que se acumula, pois este, para além de ser um gás com efeito de estufa, é também inflamável.

No que diz respeito ao dimensionamento das fossas, é necessário considerar a totalidade de líquidos que serão conduzidos para armazenamento, tendo presente que, por razões de segurança, cada tanque ou fossa não deve, como mencionado anteriormente, exceder os 5000 m³.

Para o cálculo do volume da fossa deve ser utilizado o número de animais presente na exploração e a quantidade média de chorume produzido anualmente por animal. Para isto deve proceder-se à análise dos valores de referência oficiais constantes no **Quadro 15**.

Para efeitos de cálculo, utiliza-se a seguinte fórmula:



$$V = \frac{N \times C}{T}$$

V – volume da fossa (m³); **N** – n.º animais; **C** – chorume produzido/animal e ano (m³); **T** – n.º de tiradas/ano.

Os reservatórios de chorume devem assegurar um período mínimo de retenção de 120 dias. Acresce que para os reservatórios de chorume das suiniculturas das Zonas Vulneráveis (ZV) de Esposende-Vila do Conde, Estarreja-Murtosa e Litoral Centro, o período mínimo de retenção passa a ser de 150 dias. A capacidade de armazenamento pode ser reduzida em determinadas situações de exceção referidas na legislação (Portaria n.º 259/2012 de 28 de agosto –Art.º 10º).

V.6.2.2. NITREIRAS E SEU DIMENSIONAMENTO

As nitreiras são estruturas destinadas ao armazenamento e/ou tratamento de estrume (figura 27), regulamentadas pela **Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro**. Estas estruturas devem estar cobertas, de modo a permitir a separação das águas pluviais; possuir pavimento e paredes impermeabilizadas, com uma ligeira inclinação para facilitar o escoamento do líquido que sai da base das pilhas de estrume; e encaminhar as escorrências, por tubagem, para estruturas adequadas. Nas Zonas Vulneráveis à poluição por nitratos de origem agrícola,

as nitreiras das explorações pecuárias devem assegurar um período mínimo de retenção de 120 dias, o que significa que devem ser dimensionadas de forma a assegurar uma capacidade de armazenamento do estrume produzido durante esse período.




Figura 27 - Nitreira para estrume | Fonte: <http://www.omafr.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-067.htm>

O empilhamento das nitreiras deve iniciar-se a partir das extremidades de maior cota do pavimento, sendo conveniente que a pilha constituída, por razões de segurança, não ultrapasse os três metros de altura na vertical. As pilhas de estrume são, periodicamente, revolvidas para facilitar um conjunto de transformações microbianas aeróbias através das quais se conseguirá a sua maturação. Durante este processo verifica-se, em condições normais, uma abundante libertação de calor, atingindo a temperatura do estrume valores suficientemente elevados para destruir a maior parte dos microrganismos patogénicos e as sementes de ervas daninhas eventualmente presentes.

Para proceder ao dimensionamento destas estruturas, é necessário ter em consideração a quantidade de estrume produzido anualmente por animal (ver Quadro 15).

Para efeitos de cálculo, aplica-se a fórmula infra:



$$V = \frac{N \times q}{T}$$

V – volume da fossa (m³); **N** – n.º animais; **q** – estrume produzido/animal e ano (m³); **T** – n.º de tiradas/ano.

V.6.2.3. LAGOAS E SEU DIMENSIONAMENTO

As lagoas são estruturas que permitem o armazenamento e tratamento de efluentes através de processos químicos, físicos e biológicos, com o objetivo de adequar os parâmetros analíticos dos efluentes pecuários ao destino final (figura 28).



Figura 28 - Lagoa localizada no concelho de Montemor-o-Novo
Fonte: <https://siaia.apambiente.pt/AIADOC/AIA2799/rnt2799%2020141017124110.pdf>

A impermeabilização destas estruturas poderá ser natural (solos com elevados teores de argila) ou artificial (filmes plásticos e geomembranas), devendo o responsável técnico assegurar a sua estabilidade e estanquicidade, imprescindíveis para estas unidades. Para além disso, ao nível da construção estas lagoas devem ser implantadas fora de áreas sujeitas a inundações; os declives dos taludes devem ser definidos em função das características geológicas do solo, devendo ser dimensionados de forma a garantir a sua estabilidade; e as infraestruturas devem ser circundadas por um sistema de drenagem lateral/de fundo que assegure o escoamento de águas laterais e que, simultaneamente permita sinalizar qualquer risco de rutura do sistema.

No que diz respeito ao dimensionamento das lagoas, não existe legislação objetiva. No entanto, para o seu licenciamento deverá ser efetuado um projeto, por técnico especializado, devendo o processo dar entrada na Direção Regional de Agricultura territorialmente competente onde se localiza a exploração. Tecnicamente para se fazer o dimensionamento deve ter-se em atenção os aspetos que constam na seguinte figura:



Figura 29 - Corte de uma lagoa anaeróbia | Fonte: Adaptado de USDA-NRCS, 1992

V.6.3. ENCAMINHAMENTO E PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PECUÁRIOS

Um aspeto importante a reter sobre a gestão dos efluentes pecuários é que, por vezes, para proceder ao seu encaminhamento ou mesmo eliminação é necessário tratá-los previamente.

Regra geral, o efluente não é processado por uma única técnica de tratamento, mas sim por uma sequência/conjunto integrado de técnicas e/ou biotecnologias distintas, cujo desempenho, quer técnico quer ambiental, pode ser afetado pelas características do efluente e dos tratamentos individuais aplicados, bem como pelo modo como as técnicas são operadas.

O operador pecuário deve assegurar que os efluentes pecuários apenas sejam encaminhados para os seguintes destinos finais, de acordo com a seguinte hierarquia, tendo por base a sustentabilidade, técnica, ambiental e socioeconómica:

- Utilização preferencial, pelo próprio ou mediante transporte para terceiros para efeitos de valorização agrícola;
- Valorização orgânica em unidades de compostagem;
- Valorização orgânica e energética em unidades de biogás;
- Valorização orgânica e/ou energética em sistemas integrados, nomeadamente em ETEP;
- Valorização energética em unidades de combustão ou de coincineração;
- Tratamento em ETAR;
- Outros destinos sustentáveis, que sejam reconhecidos como adequados pelas entidades competentes, em conformidade com as estratégias ou orientações existentes em matéria de tratamento de efluentes pecuários;
- Eliminação em aterro após esterilização sob pressão ou em unidade de incineração.

O titular de uma atividade pecuária poderá ainda encaminhar o efluente pecuário para destino intermediário, nomeadamente a Unidade Intermédia de Efluente Pecuário (UIEP).

Os efluentes pecuários provenientes de explorações pecuárias submetidas a restrições sanitárias devem ser encaminhados de acordo com as regras definidas nos respetivos programas sanitários, estabelecidos pela autoridade sanitária veterinária nacional.

O tratamento dos efluentes pecuários com vista ao seu encaminhamento adequado poderá ter os seguintes objetivos:

- Obter o biogás resultante dos processos anaeróbios de tratamento;
- Reduzir as emissões de odores desagradáveis durante o armazenamento e ou a valorização agrícola;
- Diminuir o teor de azoto com o objetivo de prevenir uma eventual poluição do solo e das massas de água superficiais e subterrâneas em resultado do espalhamento no solo, bem como reduzir o odor desagradável;
- Permitir o transporte mais fácil e seguro dos efluentes pecuários para regiões mais distantes ou quando tenha de ser aplicado noutros processos (secagem).

Para além do tratamento nas explorações os efluentes pecuários podem ser (re)processados externamente em unidade técnicas ou noutras instalações industriais, tais como unidades de

combustão, compostagem ou secagem.

Algumas das técnicas ou processos para tratamento de efluentes pecuários que mais se utilizam na prática são: (i) separação de fases (ii) lagunagem; (iii) compostagem; (iv) secagem térmica; e (v) Tratamento térmico com combustão.

V.6.3.1. SEPARAÇÃO DE FASES

Existem hoje diversas alternativas para o tratamento dos efluentes no seu local de produção. Uma dessas alternativas é a separação da água dos sólidos que se encontram em suspensão ou que ficam a flutuar, seja por processos físicos (gravitacionais e mecânicos), seja por processos químicos ou biológicos. O processo de separação de sólidos consiste na remoção parcial de matéria orgânica e inorgânica contida nos efluentes. Esta separação tem-se revelado bastante eficiente no controlo dos impactes ambientais, possibilitando o reaproveitamento da água e a reciclagem de nutrientes.

A separação entre a fração líquida e sólida dos efluentes requer alguma ação ou força externa para quebrar a tensão do líquido. A gravidade é a força mais comum utilizada, uma vez que necessita de pouca ou nenhuma entrada de energia. Porém, também são utilizadas a pressão e a força centrífuga, bem como combinações de todas essas forças.

Os diferentes métodos desenvolvidos para a separação de sólidos podem ser divididos nas seguintes categorias:

- Sedimentação;
- Triagem ou Peneiramento;
- Filtração pressurizada;
- Centrifugação.

Existem diversas tecnologias para a separação mecânica de sólidos tais como: grades de retenção de detritos, tamisadores, prensas e centrífugas (figura 30).



Figura 30 - Tecnologias para separação de sólidos: grades de retenção de detritos e centrífuga, à esquerda e direita respetivamente em cima; tamisador e prensa, à esquerda e direita respetivamente em baixo | Fonte: Brendal et al., 2015

Para melhorar a eficiência de remoção de material em suspensão, podem ser empregues processos de coagulação e floculação através de substâncias químicas. Esta prática para além de diminuir a concentração de nutrientes (matéria orgânica, fósforo, azoto) da fração líquida, facilita o tratamento da fração sólida devido à redução do seu volume, sendo todavia esta prática realizada com um inevitável aumento dos custos de tratamento. Os mecanismos utilizados ou suas combinações devem estar adaptados ao tipo de efluente e às suas perspetivas de armazenamento e utilização posterior (valorização).

Tanto a fração sólida como a fração líquida podem ser valorizadas através da aplicação direta ao solo (valorização agrícola), com recurso a diferentes práticas agronómicas para a sua aplicação. Esta aplicação implica um tratamento prévio dos chorumes, a separação de fases, em que a parte líquida pode ser aplicada através da fertirrega ou encaminhada para reutilização, e a fração sólida pode ser encaminhada para compostagem. Estas práticas são as mais utilizadas para a valorização agrícola de efluentes pecuários na exploração.

A utilização do processo de separação de fases deve ser pensada em função da espécie animal e do tipo de estabulação. Aconselha-se a utilização desta prática em suiniculturas e vacarias com pavimento em grelha, a não ser que se pense na aplicação direta no solo do chorume.

V.6.3.2. LAGUNAGEM

A lagunagem é um método de tratamento biológico que se baseia no desenvolvimento simbiótico de bactérias e algas para degradar a matéria orgânica presente no efluente pecuário. Este processo natural, apesar de carecer de uma elevada área para implantação, é bastante vantajoso devido à simplicidade de funcionamento, construção e operação, bem como aos baixos custos operacionais que implica.

Normalmente neste método de tratamento de efluentes utiliza-se mais do que uma lagoa em série e/ou em paralelo, de forma a aumentar a eficiência do processo. Este processo pode ser utilizado para estabilizar os chorumes, antes da sua aplicação no solo, e para adequar as características dos efluentes, possibilitando a sua descarga em meio hídrico, caso cumpram os requisitos legais.

A degradação da carga orgânica do efluente, realizada por diversos microrganismos, dá-se em condições aeróbias ou anaeróbias, consoante o nível de oxigénio dissolvido no meio. Neste sentido, de acordo com as condições em que este processo é desenvolvido, as lagoas podem classificar-se em **anaeróbias**, **aeróbias** e **facultativas**.

Nas **lagoas anaeróbias** predominam processos de fermentação anaeróbia, ou seja, relativamente próximo da superfície não existe oxigénio dissolvido. É nestas lagoas que o chorume bruto ou proveniente da separação mecânica de sólidos é tratado, reduzindo o teor em matéria orgânica do efluente pecuário e controlando a libertação de odores incómodos. Apesar da eficácia do tratamento, o efluente final não satisfaz os limites legais para a descarga em meio hídrico, sendo, geralmente, aplicado em solos agrícolas.

Nas **lagoas aeróbias** verifica-se uma degradação aeróbia da matéria orgânica devido às condições de aerobiose proporcionadas pelo processo fotossintético das algas. Estas lagoas caracterizam-se por possuírem oxigénio dissolvido por todo o seu conteúdo. Neste tipo de

lagoas, pode introduzir-se uma fonte adicional de oxigênio no meio líquido através de um sistema mecanizado de arejamento.

As **lagoas facultativas** apresentam uma camada aeróbia à superfície e uma camada de biossólidos sedimentados totalmente anaeróbia, sendo que a principal ação sobre o efluente é a reciclagem de nutrientes, ao invés da remoção de matéria orgânica. Essa reciclagem é realizada por microalgas e bactérias (aeróbias, anaeróbias e facultativas), tornando-se fundamentais no funcionamento deste sistema. A camada aeróbia superficial é mantida pela difusão do oxigênio atmosférico e pelo processo fotossintético das algas. Entre esta camada e a camada anaeróbia, existe uma camada com um baixo teor em oxigênio onde predominam bactérias facultativas.

Como etapa complementar a este sistema de tratamento existem **lagoas de maturação e afinação**. Nestas lagoas (aeróbias) pretende-se afinar o afluente removendo microrganismos e parasitas potencialmente perigosos para o Homem e, eventualmente, baixando os níveis de nutrientes e de algas, proporcionando um tratamento terciário que preferencialmente pode ter o solo como corpo recetor (figura 31).

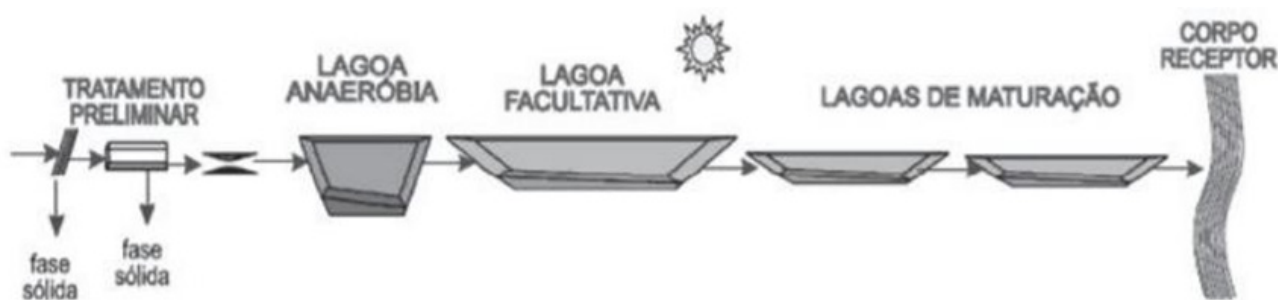


Figura 31 - Esquema do processo de tratamento biológico de efluentes pecuários | Fonte: Adaptado de Pacheco, J. A. S., & Wolff, D. B., 2004

V.6.3.3. COMPOSTAGEM

A compostagem é o processo biológico de tratamento de resíduos orgânicos, caracterizado pela transformação e decomposição controlada do material orgânico através da ação de microrganismos (**ver Ponto V.5.**). Como resultado deste processo é produzido um material estabilizado (composto) e utilizável diretamente na preparação de corretivos orgânicos do solo e de substratos para as culturas (figura 32).



Figura 32 – Pilhas de composto | Fonte: <http://www.saneamento.poli.ufrj.br/index.php/br/infraestrutura/compostagem>.

No que diz respeito aos efluentes pecuários, é importante compreender que à exceção dos estrumes de aves de capoeira, equilibrados na relação C/N, esta técnica apenas pode

ser aplicada após um tratamento prévio, como a secagem do estrume fresco; a separação mecânica; ou a adição de material orgânico seco a uma fração sólida relativamente húmida. Neste sentido, embora esta técnica apresente um enorme potencial de valorização, no que diz respeito aos chorumes, está sempre dependente de, pelo menos, um processo de separação de fases. O processo de compostagem foi anteriormente caracterizado (Ponto V.5.2.).

V.6.3.4. SECAGEM TÉRMICA

A secagem térmica (figura 33), tal como o nome indica, implica o fornecimento de energia térmica, processando a fração sólida dos efluentes (estrume) de modo a evaporar a água presente nos mesmos, obtendo-se um produto final seco contendo muito pouca água (<15%). É economicamente sustentável apenas se houver energia térmica disponível produzida por uma unidade de cogeração.



Figura 33 - Secador térmico giratório | Fonte: <http://portuguese.grain-dryermachine.com/sale-12039745-high-performance-rotary-tube-bundle-dryer-machine-50-1000m2-heat-exchange-area.html>

Este tratamento aplica-se, frequentemente, a efluentes cujo teor de matéria seca varie entre 14 e 22%, sendo necessário o efluente passar primeiro pelo processo de separação de sólidos, a fim de garantir essa percentagem de matéria seca, e só depois dar entrada na câmara de secagem, onde é produzido um fluxo de ar quente que utiliza a energia térmica.

As vantagens deste processo incluem a redução dos custos de transporte, uma maior redução dos organismos patogénicos, uma maior capacidade de armazenamento, a produção de um fertilizante orgânico com um maior potencial para venda e/ou aplicação no solo.

V.6.3.5. TRATAMENTO TÉRMICO COM COMBUSTÃO

O processo de combustão de biossólidos² consiste na volatilização e destruição, a altas temperaturas, dos seus compostos orgânicos. A combustão de elementos combustíveis como carbono, hidrogénio, enxofre, gorduras, hidratos de carbono e proteínas, resulta em produtos finais como dióxido de carbono, dióxido de enxofre, A vapor de água e cinzas. Embora deva ser evitado, o tratamento térmico é sujeito a controlo e efetuado em locais adequados para a sua prática.

Tem como grandes vantagens uma redução de volume, a destruição de organismos patogénicos e substâncias tóxicas e uma possível geração de energia. As desvantagens

² «Biossólidos», matéria orgânica resultante do tratamento físico, cujo teor de humidade lhe proporcione condições de preparação como sólido.

passam pelos elevados custos que estes processos implicam, a necessidade de mão-de-obra especializada para a operação e manutenção e, por fim, as emissões (cinzas e poluentes gasosos) e os resíduos gerados para o ambiente.

Para a combustão costumam ser encaminhados bio sólidos não suscetíveis de valorização. Isto deve-se ao facto de a carga poluente ser tão elevada que outro tipo de tratamento se torna ineficaz e/ou economicamente inviável. O processo de combustão está presente nas unidades de combustão, de incineração e co-incineração, variando a potência associada a estas opções, e os objetivos e tecnologia associados a cada uma delas. No caso do destino dos EP ser a incineração ou co-incineração, estes são considerados como resíduos. Para além dos bio sólidos, poderá também ser considerada a combustão de camas de aves de capoeira (figura 34), como referido na **Nota Informativa 17/2019** publicada pela DGADR e que se anexa.



Figura 34 - Incinerador de resíduos para aves | Fonte: <https://www.agriexpo.online/pt/prod/addfield-environmental-systems/product-176816-25690.html>

V.6.4. VALORIZAÇÃO DOS EFLUENTES PECUÁRIOS

Tal como referido, a produção de grandes volumes de efluentes pecuários nos últimos anos, que representam potenciais riscos significativos para o Homem, o ambiente, as culturas e os animais, bem como a concentração geográfica das explorações pecuárias e a sua intensificação associada a uma dissociação da atividade de produção vegetal estiveram na base da criação da Portaria n.º 79/2022, de 3 de fevereiro, que vem regulamentar a gestão dos efluentes pecuários. A DGADR publicou a Nota Informativa N.º 17/2019, baseada na antiga Portaria n.º 631/2009, de 9 de junho, que vem esclarecer sobre o licenciamento dos vários tipos de uso admissíveis para os efluentes pecuários.

De acordo com esta Nota Informativa, o licenciamento dos vários tipos de uso admissíveis dos efluentes pecuários é feito em função do seu destino, nomeadamente: valorização agrícola; Unidades Técnicas de Efluentes Pecuários – UTEP; valorização orgânica, em unidades de biogás e compostagem; valorização energética, em instalações de incineração, de co-incineração e de combustão de estrume; Estação de Tratamento de águas residuais (ETAR); e aterro sanitário. No anexo III é apresentado um quadro resumo com as diferentes valorizações de acordo com o destino dos efluentes pecuários.

Dos diferentes tipos de valorização de efluentes pecuários, dá-se prioridade à valorização agrícola (valorização direta, na perspectiva de devolver ao solo os componentes minerais e a matéria orgânica necessária ao desenvolvimento vegetal, promovendo a redução da necessidade de adubações minerais e minimizando os impactes negativos desses efluentes sobre o ambiente. Por outro lado será o tipo de valorização mais acessível ao agricultor uma vez que envolve menos gastos em tecnologia e equipamentos.

Como formas de valorização indireta dos efluentes pecuários, com enquadramento no NREAP, temos as seguintes formas de tratamento:

- **Unidade de biogás de efluentes pecuários:** a unidade, autónoma ou anexa à exploração pecuária ou agropecuária, em que é efetuada a degradação biológica controlada de efluentes pecuários em condições anaeróbias, podendo ainda incorporar biomassa vegetal e nas unidades autónomas outros subprodutos animais (SPA) e produtos derivados (PD), da categoria 2 ou 3 (Regulamento (CE) n° 1069/2009, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro), com vista à produção de biogás e tendo como produto secundário, o digerido;
- **Unidade de compostagem de efluentes pecuários:** a unidade, autónoma ou anexa à exploração pecuária ou agropacuária, em que é efetuada a degradação biológica controlada de efluentes pecuários, podendo ainda incorporar biomassa vegetal e nas unidades autónomas outros SPA e produtos derivados (PD) da categoria 2 ou 3 para valorização agrícola, em condições aeróbias com vista à produção de composto orgânico;
- **Unidade intermédia de efluentes pecuários (UIEP):** a unidade autónoma que utiliza efluentes pecuários e/ou outros SPA ou PD, das categorias 2 e 3, tendo em vista o armazenamento ou mistura de forma adequada ao seu destino final, podendo também incorporar:
 - Cinzas das unidades de combustão de efluentes pecuários ou da biomassa vegetal, localizada nas explorações pecuárias ou agropecuárias;
 - Biomassa vegetal; ou
 - A mistura de efluentes pecuários com as matérias identificadas nos dois pontos anteriores, efetuada nas UIEP, é equiparada a efluente pecuário.
- **Unidade térmica de efluentes pecuários:** unidade de tratamento de efluentes pecuários com o objetivo da sua valorização energética (com recuperação energética) através da combustão ou coincineração, ou da sua eliminação, por incineração;

Tendo em conta o conceito de economia circular importa considerar e sensibilizar os produtores pecuários para a importância da valorização dos efluentes pecuários. De acordo com este paradigma a Direção Regional de Agricultura e Desenvolvimento Rural (organismo responsável pelo processo NREAP) prioriza em termos de destino a dar aos EP, a valorização agrícola, sendo necessário, que essa valorização esteja suportada por um plano de fertilização adequado, que tenha em conta as reservas de nutrientes disponíveis no solo, cultura e água de rega, bem como os nutrientes disponibilizados nos efluentes pecuários a aplicar.

Se a valorização agrícola direta dos efluentes pecuários não for possível ou adequada,

por exemplo, por dificuldades de aplicação ou devido aos efluentes pecuários estarem muito pouco estabilizados, a solução a priorizar será a compostagem ou a produção de biogás. Os subprodutos resultantes deste último processo podem ter como destino a valorização agrícola ou a compostagem.

A combustão, incineração ou co-incineração deverão ser destinos a considerar quando não sejam viáveis os destinos anteriormente referidos.

V.6.4.1. VALORIZAÇÃO AGRÍCOLA

Na valorização agrícola existem três processos identificados como boas práticas de valorização de efluentes pecuários: (i) aplicação direta no solo, (ii) fertirrega; e (iii) valorização de biossólidos (ver definição no V.6.3.5.).

A valorização agrícola de efluentes pecuários deve ser devidamente enquadrada num plano de fertilização agrícola (cumprimento dos parâmetros químicos e biológicos), de modo a manter ou melhorar a fertilidade dos solos e permitir uma nutrição adequada das culturas.

Quer isto dizer que, de acordo com a Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro na sua atual redação, na valorização agrícola recorrendo a efluentes pecuários na fertilização das culturas, as **quantidades de azoto e fósforo** veiculadas pelos fertilizantes aplicados devem ser avaliadas de forma a **não exceder a quantidade desses nutrientes necessária às culturas**, devendo para efeito deste cálculo ser utilizadas as tabelas existentes no **Manual de Fertilização de Culturas** e no **Código de Boas Práticas Agrícolas**. Devem também ser tidos em consideração os constituintes minerais disponíveis nos efluentes pecuários.

As explorações pecuárias e as explorações agrícolas gestoras de efluentes pecuários que procedam à sua valorização agrícola devem arquivar os registos de fertilização realizados na sua exploração **durante três anos**.

Existem algumas interdições e condicionantes à valorização agrícola de efluentes pecuários (**Artigo 13.º da Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro**), nomeadamente, a não aplicação nas seguintes situações: sempre que a probabilidade de ocorrência de precipitação, prevista pelo IPMA, seja superior a 15%, no prazo de 8 dias consecutivos após a data prevista para a valorização, exceto quando a aplicação seja realizada sobre uma cultura já instalada e seja agronomicamente justificável; em solos inundados e inundáveis, e sempre que durante o ciclo vegetativo das culturas ocorram situações de excesso de água no solo; na zona terrestre de proteção das albufeiras de águas públicas de serviço público, numa faixa, medida na horizontal, com a largura de 100 m; na zona terrestre de proteção das lagoas ou lagos de águas públicas constantes do anexo I do regime de proteção das albufeiras de águas públicas de serviço público e das lagoas ou lagos de águas públicas, aprovado pelo Decreto -Lei n.º 107/2009, de 15 de maio; nas parcelas classificadas com IQFP igual ou superior a 4, exceto em parcelas armadas em socalcos ou terraços e nas áreas integradas em várzeas destas parcelas; em solos agrícolas em que não exista uma cultura instalada ou esteja prevista a sua instalação e a consequente utilização próxima dos nutrientes dos efluentes e em dias ventosos ou durante os períodos de elevada temperatura diária, com exceção da aplicação por injeção direta.

A valorização agrícola de efluentes pecuários em zonas vulneráveis à poluição por nitratos de origem agrícola, bem como em solo agrícola sujeito a regime de proteção previsto em legislação

específica, encontra-se também condicionada ao estipulado nos respetivos programas de ação em vigor e ao cumprimento das normas previstas no Código de Boas Práticas Agrícolas (<http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/zv/BPA/CodigoBPA.pdf>).

Outra valorização em solos agrícolas pode ser realizada através de Lamas de depuração³ (Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de outubro). Este tipo de valorização fica sujeita a um Plano de Gestão de Lamas (PGL) aprovado pela Direção Regional de Agricultura e Pescas (DRAP) territorialmente competente, com parecer favorável da CCDR e ARH territorialmente competentes. Quer isto dizer que quando existem ETAR de atividades pecuárias é possível que as lamas de depuração resultantes sejam direcionadas para valorização agrícola ou pode o agricultor receber lamas do exterior para as valorizar. Não obstante, o PGL aprovado ter uma validade de 5 anos, o seu titular deve apresentar anualmente à DRAP territorialmente competente uma declaração do planeamento das operações (DPO) no qual são definidas as parcelas que irão ser sujeitas a utilização e a sua conformidade com o PGL.

No âmbito da valorização agrícola refere-se também a possibilidade de aplicar no solo fertilizantes orgânicos que contenham produtos derivados da transformação ou processamento de subprodutos animais de categoria 2 e 3. No entanto a valorização agrícola destes fertilizantes está condicionada a uma autorização prévia, no âmbito do NREAP. O espalhamento direto sobre o solo destes fertilizantes não é permitido em locais a que possam ter acesso animais de criação e na sua aplicação ao solo devem ser respeitadas as normas de valorização agrícola, bem como as demais disposições previstas para a valorização agrícola de efluentes pecuários.

V.6.4.1.1. INCORPORAÇÃO DIRETA NO SOLO

Os efluentes pecuários apresentam um elevado valor fertilizante, que advém dos teores em matéria orgânica e nutrientes que lhes são característicos.

O teor em matéria orgânica é um dos componentes mais positivos destes efluentes, permitindo, aquando da sua aplicação no solo, melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, mais concretamente a sua estrutura, a sua capacidade de retenção de água, reduzir o potencial de escoamento superficial e, assim, diminuir a erosão por ele provocada. De modo análogo, a matéria orgânica possibilita o aumento da população de microrganismos e da sua atividade, visto ser fonte de energia e de alimento dos mesmos. De salientar ainda a contribuição da matéria orgânica para a manutenção do equilíbrio ar/água favorável ao desenvolvimento das raízes das plantas e à absorção de água e nutrientes, assim como para a viabilização de processos de mineralização que libertam, de forma gradual, nutrientes essenciais para as culturas (azoto, fósforo e potássio).

No entanto, apesar do seu valor nutricional, a incorporação direta dos efluentes no solo (figura 36) obedece a legislação específica (**Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro, Artigos 12.º, 13.º e 14.º**), uma vez que esta prática, sem tratamento prévio, não implica apenas vantagens, devido à sua potencial carga poluente. Neste sentido, deve ser elaborado um plano de fertilização em função da análise de terra, de água de rega e foliar (quando aplicável),

³ As lamas provenientes de estações de tratamento de águas residuais domésticas, urbanas e de outras estações de tratamento de águas residuais de composição similar às águas residuais domésticas e urbanas; ii) As lamas de fossas sépticas e de outras instalações similares para o tratamento de águas residuais; iii) As lamas provenientes de estações de tratamento de águas residuais de atividades agro – pecuárias

considerando a produtividade esperada para a cultura, de modo a fornecer os nutrientes à planta de acordo com as suas necessidades nutritivas ao longo do seu ciclo vegetativo.

As quantidades máximas de azoto a aplicar ao solo na fertilização estão relacionadas com o tipo de cultura e a produtividade esperada. Neste sentido, ao utilizar os efluentes pecuários na fertilização tem que se entrar em linha de conta com o fator limitante, dependendo das situações este fator pode ser os metais pesados ou os microrganismos patogénicos, sendo estabelecidos valores máximos para cada uma das situações. Nas Zonas Vulneráveis, estão também estabelecidos limites às quantidades de matérias fertilizantes de natureza orgânica a aplicar, além de diversas outras condicionantes (v. **Ponto V.7.2.**).

Importa salientar que na Portaria n.º 79/2022, de 3 de fevereiro (capítulo III) se encontram especificadas as condições e as especificações técnicas a cumprir para a valorização agrícola dos efluentes pecuários. Esta portaria refere os procedimentos a ter quanto à obtenção de autorização para proceder a essa valorização de EP, bem como aos cuidados a ter na aplicação dos EP e dos fertilizantes orgânicos deles resultantes, referindo as interdições e as condicionantes a esta forma de valorização dos EP e dos fertilizantes orgânicos deles resultantes. No âmbito das condicionantes chama-se a atenção, por exemplo, ao cumprimento das faixas tampão mínimas referidas na legislação, de forma a minimizar o risco de poluição dos recursos hídricos e a saúde pública, de acordo com as características da parcela onde é feita a valorização agrícola dos EP. Outros exemplos são a aplicação preferencial dos chorumes com equipamentos de injeção ou sistema de baixa pressão que minimizem a dispersão do produto a aplicar e o limite de 12 horas para a sua incorporação no solo. A aplicação de chorumes deve, assim, ser realizada com alfaia apropriada a estas orientações. No que respeita à valorização agrícola de estrume, a sua incorporação no solo deve ser realizada até ao limite de 24 horas após a sua aplicação.

Nas explorações agropecuárias em que é efetuada a valorização agrícola de efluentes pecuários, em sede de licenciamento para o exercício da atividade de valorização agrícola, são identificados dados sobre a estimativa global no primeiro ano da quantidade de EP a valorizar e sobre as parcelas onde será feita essa valorização. Para além disso, deve ser anualmente comunicado à entidade coordenadora do NREAP a valorização de EP efetuada, quer pelas explorações agropecuárias, quer pelas explorações agrícolas que procedam a esta valorização.



Figura 35 - Exemplo de alfaia agrícola para injeção de chorume no solo
Fonte: <http://www.rocha.pt/verproduto.php?idprod=60>

V.6.4.1.2. FERTIRREGA

A fertirrega é um dos métodos mais eficientes e económicos de fornecer nutrientes às culturas, consistindo na aplicação conjunta de água (por norma em sistemas de gota a gota) e elementos nutritivos (figura 36).



Figura 36 - Fertirrega com sistema de gota a gota
Fonte: <https://irrigazine.files.wordpress.com/2015/08/gota-ok.jpg>

Com a fertirrega é possível utilizar a fração líquida dos efluentes pecuários (água, matéria orgânica e nutrientes) após um processo de separação de sólidos. Uma vez que o teor em água é bastante elevado na fração líquida dos efluentes (1 a 6% de matéria seca), este método apresenta-se como uma solução bastante interessante do ponto de vista da redução do consumo de água na agricultura.

Este processo permite aplicar os fertilizantes em menor quantidade e com maior frequência, o que permite manter o teor de nutrientes no solo nas quantidades certas e na fase do ciclo da cultura em que estes são mais necessários aumentando, deste modo, a eficiência da utilização de nutrientes do solo e a produtividade da planta. No entanto, é necessário ter em atenção que a aplicação em excesso de fertilizantes/nutrientes pode provocar a poluição das águas subterrâneas e superficiais.

V.6.4.1.3. VALORIZAÇÃO DE BIOSSÓLIDOS

Tal como referido, de acordo com o glossário NREAP entende-se por bio sólidos a matéria orgânica resultante do tratamento físico dos efluentes pecuários, cujo teor de humidade lhe proporcione condições de preparação como sólido.

Os bio sólidos contêm componentes de interesse agrícola e podem ser utilizadas como fertilizantes orgânicos. A sua valorização agrícola está ao abrigo da **Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro, relativa à gestão de efluentes pecuários**.

Os bio sólidos caracterizam-se por apresentarem um relativamente elevado teor de humidade, matéria orgânica, nutrientes (azoto, fósforo e potássio), e por vezes, alguns metais pesados. Neste sentido, a sua aplicação no solo, possibilita uma reciclagem de nutrientes

(necessários ao crescimento das plantas) e um aumento do teor de matéria orgânica presente o que, conseqüentemente, vai potencializar o desenvolvimento de microrganismos benéficos e melhorar a fertilidade e a estrutura do solo.

Antes da sua aplicação no solo os bio sólidos devem ser submetidos um processo de estabilização, tendo por objetivo: (i) reduzir o poder de fermentação (diminuição da concentração de gases e odores); (ii) reduzir o volume (facilitar o manuseamento, transporte e armazenamento); e (iii) purificar (eliminar microorganismos patogénicos e elementos tóxicos).

V.6.4.2 FORMAS DE VALORIZAÇÃO INDIRETA

V.6.4.2.1. COMPOSTAGEM

Ao nível da valorização, o processo de compostagem é uma técnica que permite a produção de uma substância húmica (composto ou compostado) utilizável como fertilizante orgânico do solo. A vermicompostagem pode ser também um processo interessante na valorização dos efluentes pecuários por compostagem, principalmente no que diz respeito à agricultura biológica, uma vez que neste modo de produção não pode haver recurso aos fertilizantes de síntese. A utilização destes compostos orgânicos tem diversos benefícios inerentes à incorporação de matéria orgânica no solo (**ver Ponto V.5.**). Os estrumes e os bio sólidos podem ser direcionados para esta forma de valorização.

V.6.4.2.2. PRODUÇÃO DE BIOGÁS

O processo de digestão anaeróbia origina gases (metano e em menor quantidade dióxido de carbono) prejudiciais para o ambiente. No entanto, estes gases podem ser retidos e aproveitados para produzir energia térmica e, através de processos de cogeração, outras formas de energia (mecânica ou elétrica).

O biogás é definido como um gás inflamável, incolor, geralmente inodoro, produzido por microrganismos quando a matéria orgânica é fermentada dentro de determinados limites de temperatura, humidade e pH. Idealmente o biogás deve ser constituído por 35% de dióxido de carbono (CO_2) e no mínimo 65% de metano (CH_4). O biogás produzido a partir dos efluentes pecuários é constituído maioritariamente por metano (50 a 75%) e dióxido de carbono (25 a 40%).

O gás produzido no biodigestor permite, através de um sistema de cogeração, produzir, de forma combinada, energia elétrica e térmica. A energia térmica é maioritariamente utilizada para o aquecimento do próprio biodigestor que, de forma a garantir a manutenção do processo biodigestivo, deve estar a uma temperatura entre 28 e 35°C. A energia elétrica, obtida por processo de cogeração de energia, é utilizada para consumo na própria instalação e/ou venda à rede pública de distribuição de energia elétrica.

A produção de biogás origina dois subprodutos: o digerido e um efluente líquido. O digerido, constituído por uma fase sólida e uma fase líquida, pode ter diversas aplicações devido ao seu elevado conteúdo em nutrientes e matéria orgânica, tais como a aplicação direta no solo. Se for sujeito a um processo de separação de fases, a sua componente sólida

poderá ser encaminhada para compostagem ou valorização agrícola e a sua componente líquida poderá ser aplicada em fertirrega.

Com este sistema, é possível transformar a fração orgânica dos efluentes pecuários produzidos nas instalações pecuárias num composto que poderá ser utilizado com segurança nos solos agrícolas como fertilizante e, ao mesmo tempo, minimizar os efeitos negativos dos efluentes sobre o ambiente, além de resolver os problemas relacionados com os odores desagradáveis.

A gestão dos efluentes para valorização varia principalmente com a espécie animal (produção e constituição dos seus dejetos) e com os sistemas de estabulação. Neste sentido, devem ser adotadas soluções individuais para cada caso, sendo que as instalações necessitam de uma dimensão mínima para que a viabilidade da produção de biogás seja assegurada.

De acordo com a Nota Informativa N.º 17/2019 da DGADR, a compostagem ou a produção de biogás são consideradas valorizações orgânicas de efluentes pecuários. Nestas unidades podem ser incorporados, para além dos efluentes pecuários, a biomassa vegetal e alguns outros subprodutos de origem animal, tendo em conta a sua categoria em termos de perigosidade.

No caso do chorume, do conteúdo do aparelho digestivo, do leite e do colostro que não apresentem risco de propagação de uma doença transmissível, quer a) utilizadas sem transformação, como matéria-prima numa unidade de biogás ou numa unidade de compostagem, ou tratadas numa unidade técnica; quer b) espalhadas no solo.

V.6.4.2.3. COMBUSTÃO

O tratamento térmico em instalações de combustão, incineração e co-incineração é aplicado principalmente a estrumes de aves de capoeira, mas também aos estrumes de outras espécies pecuárias. Este tipo de valorização é considerado como valorização energética de efluentes pecuários.

Pode ainda prever-se, no âmbito do Regime Geral de Gestão de Resíduos e do Código de Boas Práticas Agrícolas, a valorização agrícola das cinzas resultantes dos processos de incineração, co-incineração ou combustão destes estrumes.

O processamento das cinzas pode ser efetuado em quatro situações: (i) pelo respetivo produtor na exploração pecuária de origem das mesmas; (ii) pelo respetivo produtor em parcelas próprias ou por ele exploradas fora do local de origem das mesmas; (iii) pelo produtor num local de terceiros; e (iv) por terceiros fora do local em que são produzidas. Esta valorização carece de parecer da DRAP emitido em função da melhoria da capacidade produtiva e proteção dos solos.

V.6.5. GESTÃO DE OUTROS SUBPRODUTOS ANIMAIS

Da atividade pecuária resulta um conjunto variado de subprodutos, designados como subprodutos animais, de acordo com o seguinte conceito:

«Subprodutos animais», corpos inteiros ou partes de animais mortos, produtos de origem

animal e outros produtos que provenham de animais que não se destinam ao consumo humano, incluindo oócitos, embriões e sémen.”

Para além dos subprodutos animais, é importante referir também os produtos seus derivados, obtidos a partir do seu tratamento, transformação ou processamento. São exemplos destes produtos derivados:

- A farinha de peixe, a gordura animal fundida, as farinhas de carne e osso;
- A gelatina e o colagénio não destinados ao consumo humano;
- O composto resultante da compostagem de subprodutos animais;
- A glicerina resultante do fabrico de biocombustíveis a partir de subprodutos animais.

Tal como referido no Ponto V.3., de modo a evitar a duplicação de regras os subprodutos animais foram excluídos do âmbito de aplicação do Regime Geral de Gestão de Resíduos, com exceção dos destinados à incineração, ou à utilização em unidades de biogás ou de compostagem (alínea c) do n.º 3, do artigo 2º do RGGR) ou à deposição em aterros (embora este destino não deva ser considerado em regra).

A gestão dos subprodutos animais obedece ao Regulamento (CE) n.º 1069/2009 de 21 de outubro do Parlamento Europeu e do Conselho, que define regras sanitárias relativas aos subprodutos animais e produtos derivados não destinados ao consumo humano. Ao nível nacional, foram já publicados alguns normativos legais que têm em vista a execução das orientações daquele regulamento:

- Decreto-Lei n.º 33/2017 de 23 de março, que assegura a execução e garante o cumprimento das disposições dos Regulamento (CE) n.º 1069/2009 de 21 de outubro e do Regulamento (UE) n.º 142/2011 de 25 de fevereiro de 2011, relativamente aos cadáveres de animais;
- Despacho n.º 8442/2017, de 26 de setembro, que cria o guia de acompanhamento de subprodutos animais e produtos derivados, que nos termos do n.º 3, do artigo 4º, do Decreto-Lei n.º 33/2017 de 23 de março;
- Despacho n.º 2905-A/2017, de 6 de abril, que fixa o valor da taxa (taxa SIRCA) a cobrar no abate como na certificação sanitária para comércio intracomunitário ou exportação por animal da espécie bovina, ovina, caprina e suína;
- Despacho n.º 3844/2017, de 8 de maio, que estabelece as áreas remotas, para efeitos de enterramento no local de cadáveres de animais espécies bovina, ovina, caprina e suína.

Em Portugal, a Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV), é a autoridade competente para verificação do cumprimento dos requisitos legais relativos aos subprodutos animais e produtos derivados.

Os subprodutos animais não destinados ao consumo humano agrupam-se em três categorias de acordo com o grau de risco para a saúde pública e animal, pelo que o seu

encaminhamento tem em conta essa classificação. Os produtos derivados estão sujeitos às regras para a categoria específica de subprodutos animais dos quais são derivados, salvo indicação em contrário na legislação em vigor.

São exemplos de subprodutos animais de categoria 1:

- Corpos inteiros e todas as partes do corpo, incluindo couros e peles de animais suspeitos de estarem infetados ou que tenham sido mortos no âmbito de medidas de erradicação de doenças denominadas Encefalopatias Espongiformes Transmissíveis (EET's);
- Animais selvagens, quando se suspeite estarem infetados com doenças transmissíveis aos seres humanos ou aos animais;
- Misturas de matérias de categoria 1 com matérias de categoria 2 ou matérias de categoria 3, ou ambas;
- (...)

Da categoria 2 fazem parte, por exemplo:

- Chorume, guano não mineralizado e conteúdo do aparelho digestivo;
- Animais e partes de animais mortos e não abatidos ou mortos para consumo humano (ou seja, incluem-se aqui os cadáveres da maioria dos animais que morrem nas explorações pecuárias, sem serem abatidos);
- Animais mortos para fins de controlo de doenças,
- Fetos, óocitos, embriões e sémen que não se destinem a reprodução;
- Aves mortas antes da eclosão;
- Misturas de matérias de categoria 2 com matérias de categoria 3;
- (...)

Na categoria 3 enquadram-se, a título de exemplo, os seguintes subprodutos:

- Carcaças e partes de animais abatidos ou, no caso da caça, corpos e partes de animais mortos, próprios para consumo humano de acordo com a legislação comunitária, mas que, por motivos comerciais, não se destinem ao consumo humano;
- Subprodutos de animais de aves de capoeira e lagomorfos, abatidos nas explorações, que não revelem quaisquer sinais de doença transmissível a seres humanos ou animais;
- Sangue de animais que não revelem quaisquer sinais de doença transmissível através do sangue aos seres humanos ou aos animais,
- Produtos de origem animal ou géneros alimentícios que contenham produtos de origem animal, que já não se destinem ao consumo humano ou animal por razões comerciais ou devido a problemas de fabrico, defeitos de empacotamento ou outros defeitos dos quais não advenha nenhum risco para a saúde pública ou animal;

- Sangue, placenta, lã, penas, pêlo, chifres, cascos e leite cru provenientes de animais vivos que não revelem sinais de doença transmissível através desse produto a seres humanos ou animais;
- Subprodutos de incubação: ovos, cascas de ovos;
- Pintos do dia abatidos por razões comerciais,
- (...)

O Regulamento (CE) n.º 1069/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro de 2009, indica os destinos possíveis (incineração, co-incineração, produção de biogás, compostagem, transformação em produtos derivados, ou outros, podendo ser necessário um tratamento ou processamento prévio dos subprodutos) e determina as circunstâncias em que estes materiais devem ser eliminados, a fim de impedir a propagação de riscos para a saúde pública e dos animais e, de acordo com a sua categoria, especifica igualmente as condições em que estes subprodutos podem ser utilizados em setores de produção tais como alimentos para animais, cosméticos, medicamentos, energia (produção de biodiesel e biocombustíveis), curtumes, adubos e corretivos orgânicos do solo.

Os subprodutos animais devem ser encaminhados para unidades devidamente licenciadas e autorizadas para efetuarem o seu tratamento, eliminação ou transformação em subprodutos derivados. A Portaria n.º 79, 2022 de 3 de fevereiro, no seu capítulo IV refere-se ao transporte, registo e armazenamento de outros SPA e PD das categorias 2 e 3, no âmbito da valorização agrícola. Refere igualmente as condições que devem ser cumpridas para obter autorização para a atividade de valorização agrícola de outros SPA (para além dos EP) e PD, das categorias 2 e 3, em conformidade com o Regulamento (CE) n.º 1069/2009, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro de 2009.

De acordo com o preconizado na legislação em vigor, a aplicação ao solo destes produtos deve respeitar as normas de valorização agrícola bem como todas as demais disposições previstas para o efluentes pecuários, nomeadamente as relacionadas com os registos relativos ao seu transporte e aplicação.

Uma condição importante e específica a cumprir na valorização agrícola de outros SPA e PD em solos onde estão instaladas culturas destinadas à utilização direta na alimentação animal ou humana, é a obrigatoriedade de assegurar um intervalo mínimo de segurança de 21 dias consecutivos entre a última aplicação e a colheita ou pastoreio.

Por outro lado, a legislação define que os fertilizantes orgânicos que contenham SPA e PD tenham essa indicação no rótulo e ou sejam acompanhados com informação sobre a sua composição e regras de utilização.

O NREAP envolve a avaliação e a autorização de funcionamento das unidades pecuárias, nomeadamente quanto à forma de armazenamento, tratamento e /ou destino previsto a dar aos subprodutos animais, no cumprimento da legislação comunitária e nacional aplicável.

No contexto das explorações pecuárias, a questão mais comum a ter em conta é o correto encaminhamento dos cadáveres de animais, referida de forma mais desenvolvida no subponto seguinte.

V.6.5.1. GESTÃO DE CADÁVERES DE ANIMAIS MORTOS NA EXPLORAÇÃO

A gestão dos cadáveres de animais é objeto de legislação própria (**Decreto-Lei n.º 33/2017 de 23 de março**), na qual se estabelece que compete à Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV), através do SIRCA (Sistema de Recolha de Cadáveres de Animais Mortos na Exploração), assegurar a recolha, transporte e destruição dos cadáveres.

O Sistema de Recolha de Cadáveres de Animais Mortos na Exploração (SIRCA) foi criado no sentido de se proceder à recolha dos animais, em tempo útil, e permitir efetuar a despistagem obrigatória de eventuais encefalopatias espongiformes transmissíveis (EET's), em conformidade com o disposto no Regulamento (CE) n.º 1069/2009, anteriormente referido, sendo interdito, salvo raras exceções proceder ao enterramento dos animais mortos.

Este sistema é coordenado pela Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV) e pelo Instituto de Financiamento de Agricultura e Pescas (IFAP), intervindo ainda o Laboratório Nacional de Investigação Veterinária (LNIV) e as Unidades de Transformação de Subprodutos (UTS).

Para assegurar o funcionamento do sistema, foram criados Centros de Atendimento Telefónico do SIRCA (CAT SIRCA) que centralizam as comunicações dos detentores relativamente às mortes dos animais nas suas explorações.

No site da DGAV, encontram-se disponíveis para consulta os manuais de Procedimentos SIRCA – Bovinos e Ovinos e Caprinos e SIRCA - Suínos

No caso dos cadáveres de aves, em aviculturas em regime de criação intensiva, estes são retirados e colocados em recipientes impermeáveis e vedados até à sua destruição, de acordo com as normas sanitárias e com o artigo 5.º do capítulo II, da Portaria n.º 637/2009, de 9 de junho, que prevê a existência de um necrotério para o depósito dos cadáveres de aves que aguardam a respetiva eliminação. Os cadáveres são recolhidos periodicamente por uma empresa especializada, devidamente acreditada para o efeito, que promove o encaminhamento para fábricas de subprodutos ou locais de eliminação, normalmente por incineração, devidamente licenciados para o efeito.

À semelhança do que está previsto para as aviculturas também no caso das suiniculturas em regime intensivo de produção está previsto necrotério (Portaria n.º 636/2009, de 9 de junho) e os subprodutos como os fetos e nados mortos, restos de tecidos também têm de ser devidamente acondicionados e encaminhados, para eliminação ou transformação.

Existem situações excecionais em que podem ser consideradas formas alternativas de eliminação de cadáveres e de outros subprodutos animais. O Despacho n.º 3844/2017, de 8 de maio, prevê a aplicação do artigo 16.º e seguintes do Regulamento (CE) n.º 1069/2009, em que os Estados-membros, mediante a verificação do cumprimento de determinados requisitos, possam autorizar, em determinadas situações, essas formas alternativas de eliminação dos cadáveres e de outros subprodutos animais (pode aplicar-se a animais de companhia e a equídeos). Também prevê a possibilidade de ser autorizado, o enterramento dos animais de espécies pecuárias no local do estabelecimento ou a sua destruição por outros meios que sejam considerados seguros, face aos riscos para a saúde pública e animal, em áreas classificadas como remotas, nos termos do artigo 19.º do Regulamento (CE) n.º 1069/2009. Fazemos notar que se trata de situações muito específicas que necessitam de autorização das autoridades responsáveis para sua realização.

LEGISLAÇÃO RELEVANTE

Quadro de legislação (Ponto V.6.)		
TEMÁTICA	LEGISLAÇÃO	LINK PARA CONSULTA
Regulamento do Exercício da Atividade Pecuária (REAP)	Decreto-Lei n.º 214/2008, de 10 de novembro	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/214-2008-439393
Novo Regulamento do Exercício da Atividade Pecuária (NREAP)	Decreto-Lei n.º 81/2013, de 14 de junho	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/81-2013-496729
	Glossário NREAP	https://www.dgadr.gov.pt/reap/glossario-nreap-termos-de-a-z
Gestão de Efluentes Pecuários	Portaria n.º 79/2022, de 3 de fevereiro	https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/79-2022-178602023
Gestão de Efluentes Pecuários nas Zonas vulneráveis à poluição por nitratos de origem agrícola	Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/235-1997-641126
Programa de Ação para as Zonas vulneráveis à poluição por nitratos de origem agrícola	Portaria n.º 259/2012, de 28 de agosto	https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/259-2012-174783
Código de Boas Práticas Agrícolas	Despacho n.º 1230/2018, de 5 de fevereiro	https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/1230-2018-114627305
Licenciamento dos usos admissíveis para os efluentes pecuários	Nota Informativa 17/2019 publicada pela DGADR	https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/REAP/NI_NREAP_17_2019.pdf
Utilização dos recursos hídricos	Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/226-a-2007-340237
Regime de proteção das albufeiras de águas públicas de serviço público e das lagoas ou lagos de águas públicas	Decreto-Lei n.º 107/2009, de 15 de maio	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/107-2009-608704
Regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas	Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de outubro	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/276-2009-490974

Quadro de legislação (Ponto V.6.)

TEMÁTICA	LEGISLAÇÃO	LINK PARA CONSULTA
Regras sanitárias relativas a subprodutos animais e produtos derivados não destinados ao consumo humano	Regulamento (CE) n.º 1069/2009, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pt/TXT/?uri=CELEX%3A32009R1069
	Decreto-Lei n.º 33/2017, de 23 de março	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/33-2017-106647823
	Despacho n.º 8442/2017, de 26 de setembro	https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/8442-2017-108212577
	Despacho n.º 2905-A/2017, de 6 de abril	https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/2905-a-2017-106846683
	Despacho n.º 3844/2017, de 8 de maio	https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/3844-2017-106980596
Gestão dos cadáveres de animais	Decreto-Lei n.º 33/2017 de 23 de março	https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/33-2017-106647823
Detenção e produção pecuária ou atividades complementares de espécies avícolas	Portaria 637/2009, de 9 de junho	https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/637-2009-494515

V.7. BOAS PRÁTICAS E SIMBIOSE INDUSTRIAL EM AGRICULTURA

V.7.1. CONCEITO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

A palavra “simbiose” é geralmente associada a relações na natureza, onde duas ou mais espécies trocam materiais, energia ou informações de maneira mutuamente benéfica.

No contexto agrícola, a Simbiose Industrial é uma forma de mediação para reunir agricultores e empresas em colaborações inovadoras, encontrando maneiras de utilizar os resíduos de um setor de atividade como matéria-prima de outro. Ou seja, o conceito de Simbiose Industrial pode definir-se como uma **relação mutuamente benéfica entre empresas e/ou setores**, com proximidade geográfica, que cooperam entre si de forma eficiente através de uma partilha de recursos humanos e materiais (resíduos/subprodutos); serviços; conhecimento; e fatores de produção (energia, água, etc.), resultando em vantagens económicas e de preservação do ambiente.

A cooperação resultante da Simbiose Industrial pode reduzir a necessidade de matérias-primas virgens e evitar a eliminação de resíduos, fechando assim o ciclo de materiais – uma característica fundamental da economia circular e um motor para o crescimento verde e para soluções ecoinovadoras.

Este tipo de simbiose permite também aumentar a competitividade das empresas; diminuir a exploração de recursos naturais; reduzir as emissões para a atmosfera e a utilização de energia; e criar novos fluxos de receita.

V.7.2. CÓDIGO DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS NO CONTEXTO DOS RESÍDUOS E SUBPRODUTOS AGRÍCOLAS

O primeiro Código de Boas Práticas Agrícolas elaborado foi publicado no ano de 1997. Este documento foi atualizado pelo **Despacho n.º 1230/2018, de 5 de fevereiro**, e deve ser aplicado obrigatoriamente nas atuais Zonas Vulneráveis de Portugal Continental.

O Código de Boas Práticas Agrícolas contém orientações sobre:

- Princípios gerais da fertilização racional;
- Adubos contendo azoto e seu comportamento no solo;
- Adubos contendo fósforo e seu comportamento no solo;
- Aplicação de adubos contendo azoto (quantidades, épocas e técnicas);
- Aplicação de adubos contendo fósforo (quantidades, épocas e técnicas);
- Aplicação de corretivos orgânicos;
- Aplicação de fertilizantes em situações especiais, nomeadamente em terrenos declivosos; saturados de água, inundados, gelados ou cobertos de neve e nas proximidades de cursos de água;
- Aspectos da gestão e utilização do solo relacionados com a dinâmica do azoto e do fósforo;
- Gestão da rega;
- Planos de fertilização e registo de fertilizantes utilizados na exploração agrícola;
- Armazenamento e manuseamento de adubos inorgânicos;
- Armazenamento e manuseamento de efluentes pecuários.

As medidas do Código de Boas Práticas Agrícolas e do Programa de Ação das zonas vulneráveis foram inicialmente estabelecidas para impedir e reduzir a poluição das águas por nitratos de origem agrícola, contudo algumas contribuem também para a proteção do solo e para a diminuição da poluição do ar, sendo a sua aplicação importante para a proteção dos recursos naturais e a prática de uma agricultura sustentável.

Ao analisar as orientações do Código de Boas Práticas Agrícolas, verificamos que este

documento aborda sobretudo a utilização, armazenamento e manuseamento de efluentes pecuários.

Desta forma, será importante referir princípios e práticas respeitantes a outros subprodutos agrícolas, bem como exemplos concretos da sua aplicação.

PRINCÍPIOS

1) Combate ao desperdício alimentar

Todos os produtos que não possam ser escoados através dos canais convencionais (ex: cadeias retalhistas e grossistas) por motivos de calibre e/ou aspeto visual (figura 37), devem ser valorizados noutros circuitos comerciais (ex: indústria alimentar), reduzindo o desperdício de alimentos.

Este tipo de iniciativa insere-se nas atuais preocupações da UE no que respeita à sustentabilidade do planeta, traduzidas no Pacto Ecológico Europeu "Green Deal", no âmbito do qual são propostas 50 medidas para que a Europa se torne neutra em carbono até 2050.

Um dos objetivos do Pacto Ecológico Europeu é melhorar o bem-estar e a saúde dos cidadãos e das gerações futuras, nomeadamente através do acesso a alimentos saudáveis e a preços acessíveis, pelo que uma das principais medidas deste Pacto é a Estratégia do Prado ao Prato, que tem como principais objetivos:

- Assegurar alimentos suficientes, a preços acessíveis e nutritivos dentro dos limites do planeta;
- Reduzir para metade a utilização de pesticidas e fertilizantes e a venda de agentes antimicrobianos;
- Aumentar a percentagem de terras agrícolas consagradas à agricultura biológica;
- Promover um consumo e regimes alimentares.

Assim, os projetos que integrem este objetivo, nomeadamente pelo seu contributo para a diminuição do desperdício alimentar, apresentam uma relevância acrescida na atualidade.



Figura 37 - Frutas e legumes rejeitados por razões estéticas |
Fonte: <https://nationalgeographic.sapo.pt/historia/grandes-reportagens/1292-desperdicio-alimentos-2>

No seguinte quadro referem-se algumas das vantagens e restrições à adoção deste princípio:

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da eficiência na utilização de fatores de produção e outros recursos; - Redução na quantidade de produtos rejeitados; - Aumento das receitas; - Redução dos custos de tratamento de resíduos.
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> - Eventual dificuldade na identificação e manutenção de canais alternativos de escoamento; - Necessidade de implementar práticas e procedimentos que garantam a segregação e valorização dos produtos em causa.
Observações	Este princípio pode ser aplicado a qualquer atividade agrícola, desde que os produtos que se pretendem valorizar não tenham sido rejeitados por motivos de segurança alimentar.

Quadro 18 - Aspectos relevantes relativamente à adoção do princípio do combate ao desperdício alimentar

Como exemplo desta prática referimos o caso da Cooperativa Fruta Feia, fundada em 2013 na região de Lisboa e Vale do Tejo e que “salva” todas as semanas quatro toneladas de fruta e legumes com formatos invulgares que, embora não por motivos de segurança ou de qualidade alimentar, são rejeitados pelas grandes superfícies. Este projeto visa combater uma ineficiência de mercado, criando um mercado alternativo para a fruta e hortícolas “feias” pretendendo alterar padrões de consumo, gerar valor para os agricultores e consumidores e combatendo tanto o desperdício alimentar como o gasto desnecessário dos recursos utilizados na sua produção.

2) Redução máxima dos resíduos não biodegradáveis

Para maximizar a sustentabilidade do sistema produtivo relativamente à gestão dos resíduos este princípio terá de ser respeitado. O ideal será que todos os resíduos gerados sejam biodegradáveis. No entanto, é importante compreender primeiro a diferença entre produtos biodegradáveis e não-biodegradáveis.

De uma forma simples, aquilo que é biodegradável decompõe-se naturalmente por ação de microorganismos. Ou seja, quando um produto é biodegradável, significa que deriva de matérias-primas biológicas, o que permite que se decomponha na natureza, sem a prejudicar, através da ação de microorganismos. Por outro lado, os produtos não-biodegradáveis são feitos de materiais sintéticos. Ou seja, falamos de plásticos, vidros, equipamentos elétricos e eletrónicos, metais, pilhas, etc. Estes materiais não se decompõem naturalmente e possuem um grande impacto ambiental.

Assim, importa seguir o princípio anteriormente enunciado, produzindo cada vez menos resíduos não biodegradáveis. No seguinte quadro referem-se algumas das principais vantagens e restrições à adoção deste princípio:

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Maximiza a sustentabilidade do sistema de produção na gestão de resíduos; - Minimiza a quantidade de resíduos encaminhados para tratamento; - Reduz os custos de recolha e tratamento/eliminação dos resíduos; - Minimiza o nível de poluição do solo e da água.
------------------	---

Restrições	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade na garantia de que 100% dos resíduos sejam biodegradáveis, uma vez que o mercado é ainda escasso em matérias-primas com essas características; - A aquisição de materiais biodegradáveis poderá implicar custos mais elevados; - A produção de um sistema que garanta trabalhar com elevada percentagem de materiais biodegradáveis tem, em geral, maior custos associados.
Observações	Este princípio deve ser aplicado quer em sistemas de agricultura biológica, quer convencional.

Quadro 19 - Aspectos relevantes relativamente à adoção do princípio da redução máxima dos resíduos não biodegradáveis

Além do «Roteiro para uma Europa Eficiente na utilização de recursos» da União Europeia, que tinha como um dos seus principais objetivos a transformação dos resíduos num recurso até 2020, a Comissão Europeia adotou em maio de 2021 o «Plano de ação da UE: Rumo à poluição zero no ar, na água e no solo», que é já um dos primeiros resultados do Pacto Ecológico Europeu e que aflora a problemática dos resíduos.

Um dos principais resíduos que causam danos ao meio ambiente e à saúde de seres humanos e animais é o plástico que, pelas suas propriedades, demora dezenas de anos a decompor-se na natureza deixando-a irreversivelmente contaminada (microplásticos) e onde o processo de reciclagem apenas é aplicável a alguns tipos deste material. No que respeita aos plásticos, são já do conhecimento público os perigos que os seus resíduos representam para o ambiente. É também alarmante a quantidade de resíduos de plástico que é lançada anualmente nos oceanos e mares, que se estima em cerca de 10 milhões de toneladas. Por outro lado, a produção mundial anual de plásticos passou de 1,5 milhões de toneladas em 1950 para 245 milhões de toneladas em 2008!

A UE lançou em 2013 um Livro Verde sobre a estratégia europeia para os resíduos de plástico no ambiente e, em janeiro de 2018, adotou uma estratégia europeia para os plásticos, que faz parte do plano de ação da UE para a economia circular “Um novo Plano de Ação para a Economia Circular para uma Europa mais limpa e competitiva” publicado através da Comunicação da Comissão COM(2020)98 e respetivo Anexo, de 11.3.2020.

Desde então, tem sido produzida legislação pelas instâncias europeias sobre este tema, nomeadamente a Diretiva (UE) 2019/904 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de junho de 2019, relativa à redução do impacto de certos produtos de plástico no ambiente, a qual vem estabelecer medidas com o objetivo de prevenir e reduzir o impacto de determinados produtos de plástico no ambiente, mais particularmente no meio aquático, e na saúde humana, bem como promover a transição para uma economia circular com modelos de negócio, produtos e materiais inovadores e sustentáveis.

Vale a pena referir, também, a Comunicação da Comissão (2021/C 216/01) de 7.6.2021 com as orientações da Comissão sobre os produtos de plástico de utilização única, em conformidade com a Diretiva (UE) 2019/904 que tem sido transposta para o ordenamento jurídico nacional, através de vários diplomas, como por exemplo:

- Lei n.º 69/2018, de 26 de dezembro que procede à primeira alteração ao Decreto-

Lei n.º 152-D/2017, de 11 de dezembro, relativo ao Regime Unificado dos Fluxos Específicos de Resíduos, instituindo um sistema de incentivo à devolução de embalagens de bebidas em plástico não reutilizáveis, a implementar até 31/12/2019, e um sistema de depósito de embalagens de bebidas em plástico, vidro, metais ferrosos e alumínio não reutilizáveis, obrigatório a partir de 01/01/2022;

- Portaria n.º 202/2019, de 3 de julho, que define os termos e os critérios aplicáveis ao projeto-piloto a adotar no âmbito do sistema de incentivo ao consumidor para devolução de embalagens de bebidas em plástico não reutilizáveis;
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 141/2018, de 26 de outubro, que aprova medidas tendentes à promoção da utilização mais sustentável de recursos e à adoção de soluções circulares na Administração Pública;
- Declaração de Retificação n.º 37/2018 - Diário da República n.º 214/2018, Série I de 2018-11-07, que retifica a Resolução do Conselho de Ministros n.º 141/2018, que promove uma utilização mais sustentável de recursos na Administração Pública através da redução do consumo de papel e de produtos de plástico.

Face a este enquadramento de crescente consciencialização dos impactos dos resíduos do plástico nos ecossistemas e na saúde pública, o mercado tem vindo a apresentar alternativas aos plásticos convencionais elaborados maioritariamente a partir de matérias-primas com origem fóssil (petróleo).

A necessidade de reduzir a utilização de plásticos não reutilizáveis ou não recicláveis tem proporcionado a entrada no mercado de plásticos biodegradáveis e de plásticos que resultam de matérias-primas de base biológica (como celulose, amido, cana-de-açúcar, milho ou soja) que ocorrem em grande abundância na natureza. O destino mais indicado para os plásticos biodegradáveis pode ser a compostagem, doméstica ou industrial, devendo ser promovidos locais apropriados para o seu armazenamento.

No entanto, estes materiais não são visualmente distinguíveis, pelo que é relevante encontrar formas de diferenciar plásticos biodegradáveis e plásticos de origem renovável, de plásticos convencionais. Para isto, a sua marcação é necessária para que os consumidores possam identificar, utilizar e, posteriormente, encaminhar de forma adequada.

Em diversos países europeus, para ajudar as pessoas a distinguir os plásticos de origem fóssil, dos plásticos biodegradáveis e compostáveis que geralmente têm origem em biomassa, introduziu-se uma combinação de logotipos que identifica a certificação a que estão sujeitos, juntamente com o destino final a que estes resíduos devem ser submetidos (figura 38). Esta certificação é realizada por entidades competentes, seguindo as Normas Europeias EN 13432 ou EN 14995.



Figura 38 - Logotipos utilizados na Europa visando a certificação EN 13432 | Fonte: <https://www.itene.com/blog/i/11061/239/avoiding-confusion-between-biodegradable-and-compostable>

Em Portugal começa a existir alguma preocupação com esta problemática, no entanto ainda não foi definido um modelo de certificação e identificação que permita oferecer aos consumidores/produtores a opção de escolha por materiais diferenciados. A utilização deste tipo de materiais contribui para a redução de resíduos não biodegradáveis.

3) Preferência por materiais recicláveis ou reciclados

A preferência por materiais recicláveis ou reciclados aumenta a sustentabilidade do sistema de produção porque não se perde toda a energia utilizada para os produzir e prolonga-se o tempo de vida da matéria-prima, que vai adquirindo utilizações diferentes reduzindo-se assim a necessidade de consumir novos recursos.

No seguinte quadro referem-se algumas das vantagens e restrições à adoção deste princípio:

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Aumenta a sustentabilidade do sistema de produção na gestão de resíduos; - Reduz a utilização de recursos no fabrico de novos materiais; - Melhora o controlo da poluição potencial, uma vez que os resíduos são encaminhados para reciclagem; - Reduz, na generalidade, os custos de aquisição porque se tratam de materiais com menos valor comercial.
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em encontrar materiais recicláveis ou reciclados para todas as aplicações; - É fundamental garantir que a qualidade dos materiais reciclados é totalmente equivalente à dos produzidos a partir de matéria-prima virgem (principalmente quando se exigem materiais de elevada qualidade); - Eventuais deficiências locais ou regionais com a recolha e encaminhamento dos resíduos a reciclar.
Observações	Deverá aplicar-se sobretudo aos materiais/produtos utilizados em maior quantidade num sistema de produção, como as embalagens, filmes e telas (ex: produção do morango e controlo de infestantes) ou plásticos utilizados em culturas (ex: estufas, estufins e túneis).

Quadro 20 - Aspetos relevantes relativamente à adoção do princípio da preferência por materiais recicláveis ou reciclados

Existem muitas empresas a atuar neste campo. A título de exemplo, citamos, a empresa Resíduos do Nordeste EIM, SA, que é uma entidade intermunicipal que procede ao tratamento e eliminação dos resíduos urbanos de 12 municípios do distrito de Bragança e de Vila Nova de Foz Côa do distrito da Guarda. Esta região produz, em média, 50.000t de resíduos por ano, onde cerca de 40% são de natureza orgânica, pelo que possuem um forte potencial de valorização. Neste sentido e enquanto não é implementada na região uma recolha seletiva dos biorresíduos (que será obrigatória até 31/12/2023), os resíduos indiferenciados são submetidos a um processo de separação mecânica onde são separados metais, vidro, cartão e plásticos – materiais conduzidos para a reciclagem – sendo a fração orgânica encaminhada para biometanização e para compostagem em função do tamanho das partículas.

No processo de biometanização é produzido biogás, utilizado na produção ou cogeração de energia elétrica e do processo de compostagem resulta um corretivo orgânico que pode ser utilizado na agricultura.

Após análises e de acordo com o Decreto – Lei nº 103/2015, que estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado de matérias fertilizantes, o composto «Ferti Trás-os-Montes» obteve a classificação de Matéria Fertilizante de Classe IIA, pelo que pode ser utilizado em culturas arbóreas e arbustivas, nomeadamente em pomares, olivais, vinhas, espaços florestais e relvados desportivos. De acordo com as suas características, este corretivo «Ferti Trás-os-Montes» destina-se a ser aplicado às culturas perenes dominantes na região, designadamente vinha, olival, amendoal e soutos de castanheiros (figura 39).



Figura 39 - Aplicação do composto Ferti Trás-os-Montes em olival na região
Fonte: <https://negociosdocampo.pt/2019/11/21/composto-ferti-tras-os-montes-aplicacao-em-culturas-da-regiao/>

A utilização de este tipo de compostos em detrimento dos adubos químicos – constituídos por materiais de síntese – contribui para a sustentabilidade dos ecossistemas, uma vez que do processo de compostagem resulta uma reciclagem de matéria orgânica e de nutrientes que são benéficos para os solos.

4) Reincorporação dos resíduos no sistema de produção

A prática de reincorporar os resíduos gerados pela produção agrícola no sistema de produção assenta no princípio de maximizar a vida útil do recurso e manter os ciclos de produção fechados, sem perdas para além das fronteiras da exploração agrícola.

No seguinte quadro referem-se algumas das vantagens e restrições à adoção deste princípio:

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Contribui para a poupança de fatores de produção e recursos naturais; - Maximiza a utilização dos fatores e recursos no tempo; - Aumenta a sustentabilidade económica e ambiental do sistema produtivo; - Reduz o impacte ambiental inerente à gestão dos resíduos gerados na exploração, incluindo o transporte, tratamento e destino final de resíduos.
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> - Poderá implicar a necessidade de pré-tratamento antes da incorporação no solo, nomeadamente de compostagem ou do destroçamento de alguns resíduos de biomassa de difícil degradação, por serem mais lenhosos ou com elevado teor de sílica (ex: palha do arroz) - Terão de ser seguidas as disposições legais em vigor (ex: evitar a poluição dos solos e dos recursos hídricos; preservar a saúde humana e dos animais).
Observações	Este princípio só poderá ser aplicado a resíduos biodegradáveis gerados pela produção agrícola.

Quadro 21 - Aspetos relevantes relativamente à adoção do princípio da reincorporação dos resíduos no sistema de produção

Este princípio é já aplicado, embora por vezes apenas de forma parcial, em muitas explorações agrícolas. A título de exemplo podemos referir a Herdade do Ramalhão, uma unidade de produção pecuária localizada no concelho de Montemor-o-Novo que possui uma vacaria leiteira e um pavilhão de suínos. A limpeza dos estábulos da vacaria é feita pela técnica de flushing (Figura 40), ou seja, é feito o lançamento de um fluxo de água sob pressão, a partir de reservatórios, arrastando os excrementos sólidos e líquidos.

Neste caso, a água utilizada para esta técnica de limpeza provém da última lagoa do sistema de tratamento dos chorumes dos suínos. A reincorporação destas águas no sistema produtivo permite maximizar a vida útil do recurso e, consequentemente, otimizar a sua utilização, sem que seja necessário recorrer a outras origens de água.



Figura 40 - Sistema "flushing" de limpeza dos corredores da Herdade do Ramalhão | Fonte: <https://siaia.apambiente.pt/AIADOC/DA9/PDA9.pdf>

5) Maximização da reutilização e da valorização dos resíduos

Todos os resíduos que não possam ser reutilizados ou reincorporados no próprio sistema produtivo, deverão ser encaminhados para valorização.

Como mencionado anteriormente no **Ponto V.4.**, é importante reforçar que os produtores devem adotar uma estratégia de gestão integrada dos resíduos, dando primazia a processos de tratamento e valorização e encarando a gestão de resíduos sempre numa ótica preventiva, na qual a eliminação deve ser vista como a última opção de gestão.

No seguinte quadro referem-se algumas das vantagens e restrições à adoção deste princípio:

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Reduz os custos de produção; - Reduz os custos na aquisição de novos fatores de produção; - Reduz os custos de gestão de resíduos; - Contribui para a proteção ambiental através da minimização do encaminhamento dos resíduos para eliminação (ex: aterros sanitários).
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de soluções viáveis à disposição dos agricultores; - Existência de barreiras legislativas e de burocracia que dificultam e oneram a aplicação deste princípio;

Restrições	- Eventuais dificuldades e elevados custos de acesso às soluções de valorização de resíduos, face à localização das explorações agrícolas e às quantidades geradas;
Observações	Apesar de já terem sido dados passos importantes em Portugal para a valorização integrada dos resíduos, existem ainda algumas categorias de resíduos agrícolas (caso dos plásticos não embalagem) que não estão enquadrados por sistemas integrados de gestão de resíduos.

Quadro 22 - Aspetos relevantes relativamente à adoção do princípio da maximização da reutilização ou valorização dos resíduos

6) Opção por embalagens de transporte reutilizáveis

No transporte dos produtos agrícolas tem de ser considerado o acondicionamento com soluções que confirmam o melhor conforto e proteção do produto, mas que sejam tanto quanto possível reutilizáveis, reduzindo de modo significativo o volume de resíduos gerados na atividade agrícola.

No seguinte quadro referem-se algumas das vantagens e restrições à adoção deste princípio:

Vantagens	- Reduz os custos de aquisição, eliminação e armazenamento de embalagens descartáveis; - Otimiza os custos de transporte, se as embalagens forem facilmente empilháveis e permitirem a otimização do espaço nas viaturas.
Restrições	- Custos inerentes ao retorno e higienização das caixas; - Necessidade de rotinas de gestão das embalagens reutilizáveis entre fornecedores retalhistas.
Observações	É um princípio especialmente importante para os produtores que fazem apenas o transporte dos produtos para as centrais de transformação e embalagem, antes da comercialização. Os produtores que fazem a transformação e embalagem dos próprios produtos, deverão dar preferência às embalagens reutilizáveis e, sempre que aplicável, às embalagens recicláveis.

Quadro 23 - Aspetos relevantes relativamente à adoção do princípio da opção por embalagens de transporte reutilizáveis

Existem iniciativas a decorrer no sentido de dinamizar esta prática, nas quais o nosso país participa. Uma destas iniciativas foi promovida pela Associação Smart Waste Portugal, que reúne mais de 100 empresas preocupadas com a economia circular e que criou um grupo de trabalho para os plásticos, cujo trabalho resultou na assinatura em 2020 do primeiro **Pacto Português para os Plásticos** (Figura 41). Esta iniciativa conta com o apoio do Ministério do Ambiente e da Ação Climática, em parceria com a rede dos Pactos para os Plásticos da Fundação Norte-Americana Ellen MacArthur, que engloba mais de 400 entidades em todo o mundo.

Este Pacto tem o compromisso da indústria, onde todos vão trabalhar de forma diferente, desde o ecodesign à incorporação de plástico reciclado na produção. O objetivo é começar a mudança pelo início da fileira e pela criação de novas embalagens que não fiquem contaminadas e possam ser devolvidas para reutilização no final do seu tempo de vida.



Figura 41 - Publicidade realizada pelo Pacto Português para os Plásticos
Fonte: <https://greensavers.sapo.pt/arranca-hoje-a-campanha-vamos-reinventar-o-plastico-do-pacto-portugues-para-os-plasticos/>

7) Reaproveitamento da água (resultante de efluentes da própria exploração, de utilização da água não tratada e de águas residuais tratadas)

Referimo-nos neste tópico à reutilização para rega da água utilizada em processos de lavagem – desde que isenta de detergentes ou moléculas sintéticas. A água reutilizada poderá conter resíduos orgânicos ou outros, os quais não afetarão a qualidade da produção, podendo ainda contribuir com alguns nutrientes. Importa também referir como boa prática a reutilização de águas residuais tratadas, por exemplo na rega.

No seguinte quadro referem-se algumas das vantagens e restrições à adoção deste princípio:

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Reduz a captação de água através do seu reaproveitamento; - Reduz/elimina os custos necessários para tratar/recuperar efluentes em estações de tratamento de águas residuais, se estes contiverem apenas materiais orgânicos e puderem ser reaproveitados para rega; - Previne a degradação da qualidade das massas de água; - Minimiza e contribui para colmatar a escassez de recursos hídricos.
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> - Há que cumprir o normativo nacional e europeu em matéria de utilização de águas residuais tratadas; - Necessidade de infraestruturas que permitam o encaminhamento da água utilizada em lavagens para estruturas de armazenamento e bombagem a jusante e para o sistema de rega na parcela; - Implica a instalação de um bom sistema de filtragem da água a montante dos difusores, gotejadores, microaspersores ou aspersores, de forma a reduzir o risco de entupimentos, dado que a água reaproveitada / não tratada contém mais impurezas. - É necessário equacionar os custos associados à reutilização de águas residuais tratadas. - Falta de regularidade na utilização desta água ao longo do ano, ou seja, existe uma parte do ano em que não há utilização para rega.
Observações	<ul style="list-style-type: none"> - No caso da hidroponia, a produção agrícola reutiliza a água através da recirculação da água drenada, criando-se uma solução nutritiva que fornece na medida exata e de forma constante todos os nutrientes que as plantas necessitam. - Nas explorações agropecuárias, a reutilização está muitas vezes associada à fertirrega.

Quadro 24 - Aspectos relevantes relativamente à adoção do princípio do reaproveitamento da água resultante de efluentes da própria exploração e utilização da água não tratada

Mais uma vez, a título de exemplo prático real no nosso país, referimos a Herdade do Vale da Lama d'Atela, que é uma propriedade localizada no concelho da Chamusca que se dedica à produção e comercialização de leite de bovinos. As águas de lavagem e os chorumes da sua vacaria são encaminhados para uma fossa de homogeneização e bombeados para um separador de sólidos e líquidos. A fração sólida é armazenada em pilhas de estrume e a fração líquida é direcionada para as lagoas de tratamento. Da terceira e última lagoa procede-se à reutilização da água para fertirrega.

8) Aumento da autossuficiência energética

Aumentar a autossuficiência energética significa que, para a produção de energia, serão aproveitados recursos não utilizados diretamente na produção, e que será dada preferência à utilização de fontes de energias renováveis.

No seguinte quadro referem-se algumas das vantagens e restrições à adoção deste princípio:

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Reduz os custos da fatura energética; - Reduz o volume de resíduos a serem encaminhados para tratamento e/ou valorização; - Diminui a dependência energética para dar resposta a picos de produção; - Incrementa a sustentabilidade ambiental (ex: deixa de ser necessário o tratamento de um conjunto de resíduos de materiais vegetais e poupa-se na queima de combustíveis fósseis).
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> - Exige um maior controlo sobre as entradas e saídas de energia; - É necessário estimar as quantidades de resíduos de subprodutos agrícolas produzidos e respetiva distribuição ao longo do ano, de modo a prever as necessidades externas de energia; - Necessidade de estruturas para armazenamento temporário dos subprodutos.
Observações	Os sistemas que produzem maior volume de subprodutos poderão ter maior facilidade em aumentar a autossuficiência energética. No entanto, o recurso a outras fontes alternativas, nomeadamente, renováveis como a solar, eólica ou hídrica, também contribuem para a autossuficiência.

Quadro 25 - Aspetos relevantes relativamente à adoção do princípio do aumento da autossuficiência energética

Importa referir neste item a introdução de incentivos ao recurso a energias renováveis por parte das explorações agrícolas, bem como um bom planeamento de um aproveitamento integrado na exploração dos subprodutos.

Na região da Andaluzia, dada a elevada produção olivícola e, consequentemente, a existência de grandes volumes de restos de poda das oliveiras, alguns agricultores recolhem nas suas propriedades este subproduto que é encaminhado para empresas que o armazenam e processam por incineração para produzir energia elétrica para consumo próprio. Não obstante seja gerada energia a partir da valorização integrada destes subprodutos é, todavia, necessário garantir a sua produção de uma forma eficiente e sustentável, com base em tecnologia avançada de conversão.

V.7.3. EXEMPLOS DE SIMBIOSES INDUSTRIAIS NO SETOR AGROALIMENTAR

Embora atualmente já seja possível identificar algumas práticas de simbiose industrial implementadas no nosso país, deverão ser dados mais alguns passos neste sentido, principalmente ao nível da identificação dos resíduos/subprodutos com potencial para serem utilizados como recursos; e na sensibilização e abertura das indústrias para estas práticas benéficas para todos os envolvidos. A interação entre indústrias irá possibilitar o reaproveitamento de materiais, até agora vistos como resíduos, em energia e matérias-primas.

As agroindústrias do vinho e do azeite constituem atividades económicas muito representativas em Portugal. Dada existência de agentes económicos que agem simultaneamente nestas fileiras, por vezes verifica-se uma partilha de instalações e recursos entre as duas agroindústrias no que respeita às áreas sociais, gestão de resíduos, escritórios, armazéns, laboratório e equipamentos. Por outro lado, a produção pecuária e agrícola são atividades económicas muito relevantes no nosso país.

Neste campo, são portanto várias as possibilidades de Simbiose Industrial dada a complementaridade de processos e as características orgânicas dos resíduos/subprodutos produzidos por adegas e lagares.

No entanto, é importante que as relações de Simbiose Industrial ultrapassem as barreiras do setor agrícola, uma vez que numa ótica de circularidade ambiental e económica é necessário e fundamental atuar a uma escala global e multidisciplinar que contribua de forma significativa para a sustentabilidade do planeta Terra.

No seguinte quadro são apresentados alguns exemplos:

Exemplo 1	Um agente económico das fileiras do vinho e do azeite encontra-se instalado num complexo industrial com outra empresa do grupo com a qual aplica alguns princípios da simbiose industrial. Trata-se de duas empresas de fileiras distintas que partilham infraestruturas e recursos humanos, diminuindo assim os custos e tornando-se ambas mais competitivas. Neste complexo industrial é partilhada a gestão de resíduos, com um parque de resíduos e uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR) comum. Também a gestão de recursos humanos é centralizada, com vantagens na otimização de processos e de conhecimento.
Exemplo 2	Alguns agentes que atuam na fileira do vinho e do azeite utilizam o caroço da azeitona para produzir energia térmica para utilizar no aquecimento de águas nas adegas e produzem composto orgânico com os subprodutos de diversas origens, nomeadamente as podas das videiras e oliveiras, engaços e bagaço de azeitona. O composto orgânico é posteriormente utilizado como corretivo orgânico no solo agrícola do olival e da vinha.
Exemplo 3	Um agente económico da fileira do azeite e da produção animal (aves) utiliza o caroço da azeitona como combustível em caldeiras de biomassa destinadas ao aquecimento dos pavilhões dos animais.
Exemplo 4	Existem cooperativas agrícolas que cedem aos seus produtores matéria orgânica originada no processo produtivo, como os engaços e folhas de videira ou mesmo composto orgânico produzido nas próprias instalações.

Exemplo 4	Estas práticas terão, entre outras vantagens, a melhoria da estrutura dos solos, redução da necessidade de aporte de fertilizantes químicos e um investimento inferior em fatores de produção.
Exemplo 5	Alguns produtores partilham instalações e recursos humanos entre as fileiras da produção animal e agrícola. Nestes casos, o efluente animal (estrupe e/ou chorume) é utilizado como fertilizante orgânico nos próprios solos agrícolas através de espalhamento e fertirrega.
Exemplo 6	No setor suinícola, existem agentes económicos licenciados que efetuam uma gestão dos efluentes líquidos e sólidos através da sua utilização como adubo natural em solos agrícolas da região. Os agricultores adubam os seus terrenos agrícolas a custo reduzido e os produtores de suínos dispõem de uma solução para o destino final dos efluentes pecuários.
Exemplo 7	Em Reguengos de Monsaraz, distrito de Évora, com o crescimento das instalações do matadouro para o abate de suínos, estima-se um volume diário de produção de água residual tratada e rejeitada no meio hídrico de 700 metros cúbicos (700 mil litros). De modo a reutilizar esta água, a autarquia vai avançar com um investimento que permitirá reutilizar estas águas residuais para rega e águas de serviço. Este processo de Simbiose Industrial permitirá reduzir os consumos de água potável em usos como a rega de espaços verdes, lavagem de ruas e de viaturas, assim como a utilização da água tratada para águas de serviço, nomeadamente em higiene urbana e infraestruturas de esgotos domésticos e pluviais.

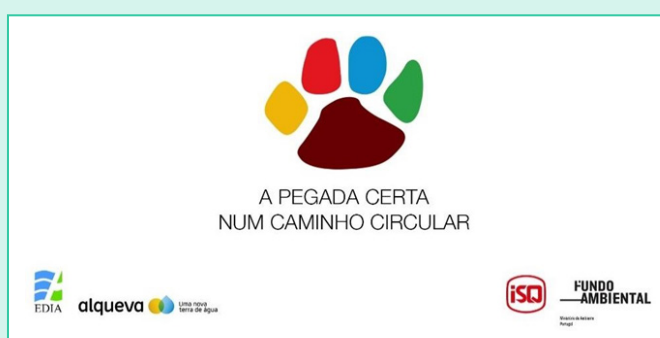
Quadro 26 - Casos práticos de relações de Simbiose Industrial no setor agrícola em Portugal e na Europa

Chama-se a atenção para o facto de estes exemplos de Simbiose Industrial se encontrarem enquadrados por legislação específica, nacional e europeia, que deverá ser respeitada.

V.7.4. INICIATIVAS INOVADORAS DE BOAS PRÁTICAS E SIMBIOSE INDUSTRIAL

Neste ponto serão enunciados alguns projetos/iniciativas inovadoras de boas práticas e Simbiose Industrial que estão em curso e que permitem contribuir para uma agricultura mais sustentável e circular.

PROJETO URSA



A promoção da fertilidade do solo e o uso eficiente da água de rega são princípios basilares da EDIA (Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva, S.A.) no contexto da gestão ambientalmente sustentável do regadio de Alqueva. A valorização dos subprodutos orgânicos da agricultura e o seu regresso ao solo apresenta-se como a mais forte e duradoura possibilidade de recuperar a qualidade do solo, proteger a água e promover o uso eficiente dos recursos. Neste âmbito a EDIA desenvolveu o conceito **URSA – Unidades de Recirculação de Subprodutos de Alqueva**.

A vasta área de regadio abrangida pelo perímetro do Sistema Global de Rega de Alqueva – cuja monitorização indica teores de matéria orgânica no solo inferiores a 1% – representa anualmente centenas de milhares de toneladas de subprodutos agrícolas ou agroindustriais. Este fator robustece a viabilidade do processo de valorização orgânica e produção de composto para fertilização agrícola e reabilitação da qualidade do solo, elemento essencial para a melhoria do desempenho ambiental do regadio.

A recirculação de subprodutos orgânicos promove igualmente a retenção de carbono no solo, favorecendo a redução do efeito estufa e as alterações climáticas dele decorrentes. É neste enquadramento que surge o Projeto URSA, uma constelação de unidades ao serviço do território de regadio, que produzam um fertilizante orgânico por compostagem, devolvido aos agricultores por permuta com os subprodutos agrícolas entregues, para fertilização das culturas, contribuindo para o incremento da fertilidade do solo e a sua reabilitação como barreira filtrante, que promova a qualidade da água a jusante e a sustentabilidade do regadio a longo prazo.

Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Reabilitação do solo como suporte agrícola de qualidade e como barreira filtrante; - Favorecimento do uso eficiente de água e nutrientes, reduzindo as necessidades; - Redução da aplicação de adubos minerais e aumento da rentabilidade agrícola; - Aumento da coesão do solo, com menor vulnerabilidade à erosão e à desertificação; - Utilização circular conservativa dos subprodutos orgânicos produzidos no EFMA (Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva); - Melhoria qualidade da água e menor suscetibilidade a espécies aquáticas invasoras; - Promoção da vida do solo, regeneradora da fertilidade e potenciadora da sanidade vegetal; - Sequestro de carbono no solo, com redução dos gases com efeito estufa.
-----------	---

PROJETO GOEFLUENTES



A produção animal sempre foi uma atividade decisiva para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas tradicionais, não só pela utilização e transformação de alimentos, como também, pelo fornecimento de corretivos para o solo (estrumes) que reciclam cerca de 70% dos nutrientes que, não sendo digeridos, se perdem por excreção. No entanto, a intensificação destes sistemas, originou uma perda global destes nutrientes a vários níveis, quer pela qualidade das matérias-primas utilizadas na alimentação animal; pela própria eficiência alimentar dos animais; ou pela gestão incorreta dos efluentes pecuários que possuem um forte e negativo impacto ambiental.

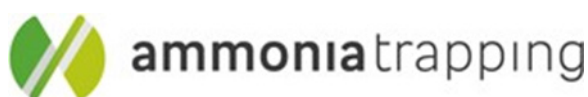
O elevado número de explorações pecuárias concentradas em determinadas regiões e as limitações de áreas disponíveis para valorização dos resíduos na exploração são uma realidade que carece de soluções. Neste sentido, considerando a importância económica, alimentar e ambiental do sector agropecuário e os desafios que este enfrenta, surgiu uma iniciativa que envolve instituições relevantes do setor e que pretende criar oportunidades de implementação de soluções concretas para aumentar a eficiência da utilização de água e nutrientes, reduzir efeitos ambientais e valorizar o que até há pouco tempo era considerado desperdício.

Foi neste enquadramento que surgiu o **Projeto GoEfluentes**, que visa uma abordagem de valorização do recurso – efluente pecuário – focada nos diferentes interesses que convergem na produção e gestão adequada e integrada dos fluxos gerados nos sistemas agropecuários (sociais, políticos, económicos, técnicos e ambientais). Em todas as fases associadas à gestão destes fluxos (produção, recolha, armazenamento, valorização e reutilização), o objetivo da valorização não será apenas evitar a sua eliminação, mas também reduzir a exploração de recursos naturais, e fechar o círculo, em consonância com os princípios da economia circular.

Objetivos

- Desenvolvimento de uma metodologia para mapeamento da gestão dos fluxos gerados nos sistemas agropecuários, focada em informação descritiva, no desenvolvimento de relações entre os sistemas de produção e de gestão de efluentes e na legislação e constrangimentos à sua aplicação.
- Desenvolvimento de uma visão geral sistemática da gestão dos fluxos gerados nos sistemas agropecuários, visando estabelecer um padrão de previsão do cenário de produção e caracterização, a longo prazo, dos ecossistemas e das atividades pecuárias, em regiões específicas.
- Instalação de Unidades de Experimentação/ Demonstração que respondam a questões específicas de gestão/valorização de efluentes e ajudem os diferentes atores no cumprimento das imposições legais/normativos.
- Contributo para o Inventário Nacional de Emissões com dados nacionais específicos: monitorização, comunicação e verificação das emissões (CH₄, NH₃, N₂O).
- Informação espacial, relativa aos sistemas de gestão de efluentes (armazenamento, tratamento, aplicação) necessárias para: sensibilização dos diferentes atores; estimativa precisa das emissões; benchmarking; identificação da região e de opções de mitigação específicas; abordagem uniforme em estudos de cenários.

PROJETO URSA



Diferentes estudos mostram que uma grande percentagem do gás amoníaco (NH_3) que é libertado para a atmosfera provém do setor agrícola e, mais especificamente, da produção de suínos e aves onde, em 2011, os resíduos animais (sólidos e líquidos) representaram cerca de 94% das emissões totais na Europa. Neste sentido, de modo a encontrar soluções para esta problemática, surgiu o **Projeto Ammonia Trapping**, que pretendia recuperar o amoníaco dos efluentes de suiniculturas e aviários. Este processo, totalmente inovador, consistiu no desenvolvimento de uma membrana com capacidade de aprisionar moléculas de NH_3 libertadas na atmosfera. Após este processo, o amoníaco resultante é transformado em sal de amoníaco, um fertilizante de grande valor agrícola e económico.

Atualmente, esta tecnologia já foi testada numa instalação de suínos, aves e numa estação de biogás na região de Castilla y León, tendo sido obtidos resultados positivos e muito promissores: 98% do amoníaco presente nos dejetos de animais foram recuperados. Este Projeto permitiu desenvolver ferramentas que poderão ser utilizadas para resolver a problemática do amoníaco nas explorações, representando consequentes benefícios económicos e ambientais.

O Projeto Ammonia Trapping venceu o prémio *FLC Award for Excellence in Technology Transfer 2020*, concedido pelo FLC (Federal Laboratory Consortium) dos Estados Unidos. Esta entidade tem a tutela do Congresso Estadunidense para a educação, promoção e facilitação de transferência de tecnologia a nível nacional.

V.7.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As elevadas produções de resíduos/subprodutos agrícolas podem apresentar um forte impacto ambiental. Para além disso, o armazenamento e tratamento destes materiais representam também enormes custos que muitas vezes acabam por ser, total ou parcialmente, suportados pelo agricultor. Neste sentido e respeitando a hierarquia da gestão integrada dos resíduos, a Economia Circular oferece bastantes oportunidades para resolver esta situação, de um modo sustentável.

Para o período de 2020 a 2030, as estratégias regionais de especialização inteligente apontam para duas grandes áreas: a Circularidade da Economia e a Digitalização da Economia. O setor da agricultura é um dos setores que mais pode beneficiar deste contexto, uma vez que já se encontra definido um conjunto de Boas Práticas Agrícolas que permitem a melhoria da eficiência da utilização dos fatores de produção. Estas boas práticas apontam para uma transformação dos resíduos e subprodutos em matérias-primas secundárias que podem facilmente ser reintegradas dentro do mesmo ciclo ou sistema de produção, permitindo fazer mais com menos. A aplicação dos restos de poda nos terrenos agrícolas onde as culturas estão instaladas é apenas um exemplo de uma prática que pode contribuir para uma menor necessidade de utilização de adubos de síntese.

A Simbiose Industrial ao incluir diferentes atividades com diferentes sistemas de produção, permite alargar esta integração de uma maneira mais efetiva pois adia o fim do ciclo de vida das matérias primas virgens, uma vez que aquilo que está esgotado para uma atividade ou sistema de produção pode ser (re)utilizado numa outra atividade. A incorporação dos chorumes dos animais em terrenos agrícolas é um exemplo simples destas interações, permitindo aumentar a quantidade de matéria orgânica dos solos, diminuindo também a necessidade de adubos.

A adoção destas práticas pretende que se chegue muito próximo da situação ideal de resíduos zero – “zero waste” – constituindo uma importante base para uma agricultura que se quer cada vez mais sustentável. Os problemas existem e as soluções também, cabe-nos decidir que futuro queremos proporcionar às próximas gerações.

LEGISLAÇÃO RELEVANTE

Quadro de legislação (Ponto V.7.)		
TEMÁTICA	LEGISLAÇÃO	LINK PARA CONSULTA
Código de Boas Práticas Agrícolas	Despacho n.º 1230/2018, de 5 de fevereiro	https://dre.pt/pesquisa/-/search/114627305/details/normal
Política Europeia Climática	Pacto Ecológico Europeu	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN-PT/TXT/?from=EN&uri=CELEX%3A52019DC0640
	Do Prado ao Prato	https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/from-farm-to-fork/
Estratégia Europeia para os Resíduos de Plástico no Ambiente	Livro Verde	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A52013DC0123
	Diretiva (UE) 2019/904 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de junho de 2019	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32019L0904
Estratégia Nacional para os Resíduos de Plástico no Ambiente	Lei n.º 69/2018, de 26 de dezembro	https://dre.pt/dre/detalhe/lei/69-2018-117484671
	Portaria n.º 202/2019, de 3 de julho	https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/202-2019-122891077
	Resolução do Conselho de Ministros n.º 141/2018, de 26 de outubro	https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/141-2018-116794199
	Declaração de Retificação n.º 37/2018 - Diário da República n.º 214/2018, Série I de 2018-11-07	https://dre.pt/dre/detalhe/declaracao-retificacao/37-2018-116903098

Quadro de legislação (Ponto V.7.)

TEMÁTICA	LEGISLAÇÃO	LINK PARA CONSULTA
Matérias fertilizantes	Decreto-Lei nº 103/2015, de 15 de junho	https://dre.pt/home/-/dre/67485179/details/maximized
Iniciativas para a utilização de plásticos reutilizáveis	Pacto Português para os Plásticos	https://www.pactoplasticos.pt/
Iniciativas inovadoras de Boas Práticas e Simbiose Industrial	Projeto URSA	http://www.edia.pt/ursa/
	Projeto GoEfluentes	https://projects.iniav.pt/goefluentes/
	Projeto Ammonia Trapping	http://ammoniatrapping.com/?lang=en

ANEXO I - “INFORMAÇÃO SOBRE O CÁLCULO DA CAPACIDADE DOS NÚCLEOS DE PRODUÇÃO E DA CLASSE DA EXPLORAÇÃO PECUÁRIA”

O procedimento a adotar no âmbito do processo de autorização do exercício da atividade pecuária (REAP) é diferenciado de acordo com a classe em que a exploração pecuária se enquadra. A classe é determinada em função da Capacidade da exploração, (expressa em cabeças normais — CN), do sistema de exploração (Intensiva ou extensiva), e eventualmente do tipo de produção especial).

(Cabeça normal — CN - unidade de equivalência usada para comparar animais de diferentes espécies ou categorias, em função das suas necessidades alimentares e dos níveis de excreção de azoto).

De forma a facilitar a atribuição de classe às explorações pecuárias no âmbito do REAP, foi elaborada a tabela de cálculo que permite determinar a capacidade dos Núcleos de Produção e da exploração pecuária em face dos animais que serão mantidos na exploração.

A tabela “**Cálculo da capacidade dos Núcleos de Produção / Exploração Pecuária**” permite a obtenção da capacidade da exploração, em CN, introduzindo na coluna “Nº de animais” na coluna sombreada, tendo em consideração:

- No caso de espécies animais que **permanecem na exploração**, (ex. Reprodutores e suas crias) ser indicados o número médio /máximo de animais que a exploração comporta num dado momento e este valor será convertido em CN, pelo coeficiente específico da tabela. Por exemplo numa exploração de Suínos, devem ser registados os reprodutores que são previstos, bem como a capacidade máxima de leitões e porcos em engorda que são alojados num dado momento.
- No caso das espécies animais que são exploradas em vários ciclos por ano, (ex. frangos de engorda) deve ser registado o número de animais que a exploração comporta na entrada de cada ciclo e este valor será convertido em CN pelo coeficiente específico da tabela.

Esta tabela possui dois tipos de registos:

- **Valores base** — que respeitam aos valores estabelecidos na Tabela 2 – equivalências em CN, do Anexo I, do DL nº 81/2013, de 17 de junho;
- **Valores complementares** (assinalados a amarelo) — que respeitam à identificação de espécies animais não contempladas no Anexo referido Decreto-lei e que se constituem como normas técnicas conforme o previsto no nº 3 do Artigo 4º do DL 81/2013.

A **capacidade** será assim o efetivo máximo, em CN, para o qual a instalação / exploração está autorizada nos termos da Licença ou do Título respetivo. A capacidade, bem como a classe da exploração pecuária, poderá ser aumentada ou alterada através dos procedimentos previstos na Secção IV do DL 81/2013 - Regime de alterações.

Para perspetivar a **Classe** da exploração pecuária, que determinará o procedimento que será aplicado no processo REAP, deve depois ser indicado se o sistema de exploração é **Intensivo**

ou Extensivo, tendo em consideração o núcleo de produção (NP) mais representativo da exploração, caso possua diferentes tipos de animais / NP, na exploração.

A determinação da Classe de exploração, pode também ser estabelecida por critérios específicos da atividade pecuária desenvolvida, previstos nas portarias complementares do REAP, bem como, por determinação da DGADR, não estando estas situações previstas na folha de cálculo disponibilizada.

Classificação das Atividades Pecuárias

São da Classe 1	
Explorações Pecuárias	<ul style="list-style-type: none"> • Todas as explorações pecuárias que possuam pelo menos um Núcleo de Produção (NP)* com capacidade superior a 260 cabeças normais (CN); • Todos os Centros de Colheita de Sémen e os Centros de Testagem de Reprodutores, das diferentes espécies animais; • Explorações de Suínos dedicadas à Selecção e/ou Multiplicação, ou de Quarentena; • Explorações de Aves dedicadas à Selecção e Multiplicação, à Reprodução de espécies de aves cinegéticas com capacidade superior a 75 CN; • Centros de incubação de Aves com capacidade superior a 1000 ovos; a exploração ou núcleo de produção com área útil coberta para produção superior a 2.500 m²; • Núcleos especiais de preservação do património genético de equídeos; <p>Explorações de Coelhos dedicadas à Selecção e/ou Multiplicação de reprodutores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • As explorações pecuárias intensivas de suínos, aves (frangos, galinhas, patos e perus), e bovinos, sujeitos ao regime jurídico de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), em face de uma capacidade superior a: <ul style="list-style-type: none"> • 40.000 frangos, galinhas, patos ou perus; ou 20.000 nas áreas sensíveis; • 3.000 porcos c/ + 45 kg; ou 750 nas áreas sensíveis; • 400 porcas reprodutoras; ou 200 nas áreas sensíveis; • 500 bovinos; ou 250 nas áreas sensíveis. • As explorações pecuárias intensivas de suínos e aves de capoeira sujeitos a Licença Ambiental (LA), em face de uma capacidade superior a: <ul style="list-style-type: none"> • 40.000 aves; • 2.000 porcos de produção (de mais de 30 kg); • 750 porcas reprodutoras.
Entrepasto ou centro de agrupamento pecuário	Com capacidade igual ou superior 75 CN
Unidade intermédia de efluentes pecuários; Entrepasto de fertilizantes orgânicos; Instalação de compostagem	Com capacidade instalada superior a 500 m ³ ou toneladas de capacidade
Unidade de produção de Biogás	Com capacidade instalada superior a 100 m ³ ou toneladas

São de Classe 2

Explorações Pecuárias	<ul style="list-style-type: none"> Todas as explorações que possuam pelo menos um Núcleo de Produção (NP)*: <ul style="list-style-type: none"> de exploração intensiva — com capacidade entre: 15 CN e 260 CN (inclusive), de exploração extensiva ** — capacidade superior a 15 CN e sem limite; Todos os Centros Hípicos, os Hipódromo e os Postos de cobrição de Equídeos.
Entrepasto ou centro de agrupamento pecuário	Capacidade inferior a 75 CN
Unidade intermédia de efluentes pecuários; Entrepasto de fertilizantes orgânicos; Instalação de compostagem	Capacidade instalada inferior a 500 m3 ou toneladas
Unidade de produção de Biogás	Capacidade instalada inferior a 100 m3 ou toneladas.

São de Classe 3

Explorações Pecuárias	<ul style="list-style-type: none"> Todas as explorações com uma capacidade igual ou inferior a 15 CN. Nesta classe, as explorações não são classificadas em face do sistema de exploração.
-----------------------	--

*Núcleo de produção (NP): estrutura produtiva integrada numa exploração pecuária, orientada para a produção ou detenção de animais de uma espécie pecuária ou de um tipo de produção, sujeita a manejo produtivo e sanitário próprio e segregado das restantes atividades da exploração.

** Exploração extensiva: a que utiliza o pastoreio no seu processo produtivo e cujo encabeçamento não ultrapassa 1,4 CN/ha, podendo este valor ser estendido até 2,8 CN/ha, desde que sejam assegurados 2/3 das necessidades alimentares do efetivo em pastoreio, bem como a que desenvolve a atividade pecuária com baixa intensidade produtiva ou com baixa densidade animal, no caso das espécies não herbívoras.

ANEXO II - “PLANOS DE GESTÃO DE EFLUENTES PECUÁRIOS (PGEP)”

A Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro estabelece as normas relativas à elaboração do Plano de Gestão de Efluentes Pecuários (PGEP) que articulam complementarmente com disposições regulamentares constantes dos seguintes documentos:

- Código de Boas Práticas Agrícolas (CBPA);
- Manual de fertilização das Culturas;
- Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva - LQARS (2006) . MADRP, Lisboa, 282 pp.
- Disponível em papel, pode ser adquirido em:
- INIAV I.P. – LQARS
- Tapada da Ajuda – 1300-596 Lisboa
- Telf. + 351 213 617 740 - Fax. + 351 213 636 460
- Ou, através do site do INIAV.
- Normas constantes no site da Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural: DGADR

Os Plano de Gestão de Efluentes Pecuários (PGEP) integram os processos de licenciamento da atividade e abrangem as seguintes situações:

- Explorações pecuárias em regime intensivo, das classes 1 e 2, que produzem mais de 200 m³ ou 200 ton/ano, calculados de acordo com o efetivo pecuário da exploração;
- Explorações agrícolas que utilizam no seu sistema produtivo, designadamente na fertilização das suas culturas um volume de efluente superior a 200 m³ ou 200 tonel/ano;
- Exploração agrícola que valoriza nos seus terrenos qualquer quantidade de produtos derivados da transformação de subprodutos de origem animal (SPOAT) ou dos fertilizantes que os contenham;
- Unidade técnica de efluentes pecuários, unidade de compostagem ou de produção de biogás de efluentes pecuários, unidade de tratamento térmico de efluentes pecuários licenciadas.

Tendo em vista apoiar a elaboração deste documento, podem ser utilizados os seguintes instrumentos:

- Formulário PGEP (v. 5.06 novembro 2017)
- Norma Técnica para Elaboração do PGEP (v. 5.06 novembro 2017)
- Caderno de campo do PGEP
- Caderno de campo - Instruções de Preenchimento

ANEXO III - "LICENCIAMENTO DOS USOS ADMISSÍVEIS PARA OS EFLUENTES PECUÁRIOS (EP)"

TTIPO DE USO	DESTINO				CLASSIFICAÇÃO	LEGISLAÇÃO	ENTIDADES ENVOLVIDAS		
Direta	Valorização Agrícola (solo)				EP (estrume e chorume) SPA 2 Não resíduo	- Port. nº 79/2022 de 3 de fevereiro (GEP) - DL nº 81/2013, de 14 de junho (NREAP)	Entidade licenciadora NREAP - DRAP		
Indireta	UTE (Unidade Técnica de Efluentes Pecuários)			Unidade autónoma só com EP	EP (estrume e chorume) SPA 2 Não resíduo	- Port. 79/2022 de 3 de fevereiro (GEP) - DL nº 81/2013, de 14 de junho (NREAP) - DL nº 33/2017, de 23 de março	Entidade licenciadora NREAP – DRAP DGAV emite Número Controlo Veterinário (NCV)		
				Unidade autónoma com EP + biomassa vegetal e/ou resíduos (cinzas de unidades de incineração de cadáveres)	EP (estrume e chorume) SPA 2 Resíduo (cinzas)	- Port. nº 79/2022 de 3 de fevereiro (GEP) - DL nº 81/2013, de 14 de junho (NREAP) - DL nº 33/2017, de 23 de março - DL nº 73/2011, de 17 de junho (RGGR)	Entidade licenciadora NREAP – DRAP CCDR emite Alvará, nos termos do RGGR, nos casos em que a UTEP recebe resíduos (cinzas, biomassa vegetal) DGAV emite Número Controlo Veterinário (NCV)		
				Valorização orgânica	Unidades de compostagem /Biogás de EP	Unidades que processam efluentes pecuários, podendo incorporar: a) Biomassa vegetal, outros subprodutos animais de categoria 2 e 3e produtos derivados das categorias 2 e 3 (nas unidades de compostagem) b) Biomassa vegetal, outros subprodutos animais de categoria 2 ou 3 (nas unidades de biogás)	Unidades Anexas a explorações Pecuárias s/ CAE atribuído	EP (Estrumes e chorumes) SPA 2 Resíduo	- DL nº 81/2013, de 14 de junho (NREAP) - DL nº 73/2011, de 17 de junho (RGGR) - Reg. (CE) nº 1069/2009, de 21 out – artº3 – h-a)) - DL nº 33/2017, de 23 de março - Não se aplica o disposto no DL 103/2015, de 15 junho (matérias fertilizantes)
	Unidades Autónomas a Explorações pecuárias CAE 20152								
	Unidades que processam EP associados a outros resíduos, e que não desenvolvam atividade da indústria transformadora	Resíduos elencados no Anexo IV, do DL nº 103/2015, de 15 junho (matérias fertilizantes) CAE 38322	- DL nº 73/2011, de 17 de junho (RGGR) – artº 23º - Reg. (CE) nº 1069/2009, de 21 out – artº3 – h-a)) - DL 103/2015, de 15 junho (matérias fertilizantes) - DL nº 33/2017, de 23 de março			Entidade licenciadora RGGR – CCDR A DGAV emite Número Controlo Veterinário (NCV) DGAE (inscrição prévia no registo)			
	Unidades que processem EP associados a outros resíduos, e que desenvolvam atividade da indústria transformadora	Resíduos elencados no Anexo IV, do DL nº 103/2015, de 15 junho (matérias fertilizantes) CAE 20152	- DL 169/2012, de1 agosto, alterado pelo DL 73/2015, de 11 maio - DL nº 103/2015, de 15 junho (matérias fertilizantes) art. 2º e 9º - DL nº 33/2017, de23 março			Entidade Licenciadora SIR – Entidade coordenadora do diploma SIR (anexo III) A DGAV emite Número Controlo Veterinário (NCV) DGAE (inscrição prévia no registo)			
	Valorização Energética	Estrume de aves de capoeira	Instalações de combustão			Instalações anexas a Explorações Pecuárias (Potência Térmica Nominal < 5MW)	EP (Estrumes de aves) SPA 2 Não resíduo		
			Instalações de Incineração e Co- incineração	Instalações anexas a Explorações Pecuárias (Potência Térmica Nominal >= 5MW)	EP (Estrumes de aves) SPA 2 Resíduo	- DL nº 81/2013, de 14 de junho (NREAP) - DL nº 73/2011, de 17 de junho (RGGR) e DL 127/2013, de 30 agosto (cap.IV-REI) - Reg. (CE) nº 1069/2009, de 21 out - DL nº 33/2017, de 23 de marco	Entidade licenciadora REI - APA DGAV emite NCV		

TTIPO DE USO	DESTINO				CLASSIFICAÇÃO	LEGISLAÇÃO	ENTIDADES ENVOLVIDAS
Indireta	Valorização Energética Tratamento térmico, Instalações de combustão, Incineração e co-incineração	Estrume de aves de capoeira	Instalações de Incineração e Co- incineração	Instalações autónomas e explorações pecuárias (Qualquer potência térmica nominal)	EP (Estrumes de aves) SPA 2 Resíduo	- DL nº 73/2011, de 17 de junho (RGGR) e DL 127/2013, de 30 agosto (cap.IV-REI) - Reg. (CE) nº 1069/2009, de 21 out - DL nº 33/2017, de 23 de março	Entidade licenciadora REI - APA DGAV emite NCV
		Estrume de outras espécies pecuárias (exceto aves de capoeira)	Instalações de combustão	Instalações anexas a Explorações Pecuárias (Potência Térmica Nominal < 50MW)	EP (Estrumes de outras espécies pecuárias, exceto aves de capoeira)	- DL nº 81/2013, de 14 de junho (NREAP) - Reg. (CE) nº 1069/2009, de 21 out - DL nº 33/2017, de 23 de março - Reg. (UE) 2017/1262, de 12 de julho (combustão, estrume animais criação, exceto aves de capoeira- Cap.V-ponto C) - Reg. (UE) 592/2014, de 3 junho (Cap.V-ponto B3, B4 e B5) - DL nº 39/2018, de 11 de junho (REAR) (Potência Térmica nominal >=1MW e < 50 MW)	Entidade licenciadora NREAP – DRAP A DGAV emite NCV. A APA ou a CCDR emite o título de emissões para o ar (TEAR)
				Instalações autónomas e explorações pecuárias (Potência Térmica Nominal < 50MW)	SPA 2 Não resíduo	- Reg. (CE) nº 1069/2009, de 21 out - DL nº 33/2017, de 23 de março - Reg. (UE) 2017/1262, de 12 de julho (combustão, estrume animais criação, exceto aves de capoeira- Cap.V-ponto C) - Reg. (UE) 592/2014, de 3 junho (Cap.V-ponto B3, B4 e B5) - DL nº 39/2018, de 11 de junho (REAR) (Potência Térmica nominal >=1MW e < 50 MW)	A DGAV emite NCV. A APA ou a CCDR emite o título de emissões para o ar (TEAR)
			Instalações de Incineração ou Co- incineração	Instalações anexas a Explorações Pecuárias (Potência Térmica Nominal >= 50MW)	EP (Estrumes de outras espécies pecuárias, exceto aves de capoeira)	- DL nº 81/2013, de 14 de junho (NREAP) - DL nº 73/2011, de 17 de junho (RGGR) e DL 127/2013, de 30 agosto (cap.IV-REI) - Reg. (CE) nº 1069/2009, de 21 out - DL nº 33/2017, de 23 de março	Entidade licenciadora REI - APA DGAV emite NCV
				Instalações autónomas e explorações pecuárias (Potência Térmica Nominal >= 50MW)	SPA 2 Resíduo	- DL nº 73/2011, de 17 de junho (RGGR) e DL 127/2013, de 30 agost (cap.IV-REI) - Reg. (CE) nº 1069/2009, de 21 out - DL nº 33/2017, de 23 de março	
		Rejeição após tratamento adequado	ETAR (Estação de Tratamento de Águas Residuais) localizadas dentro ou fora das explorações Pecuárias			Recursos Hídricos	Efluente Pecuário Não resíduo
Eliminação	Aterro				Efluente Pecuário tratado Resíduo SPA 2	- DL nº 183/2009, de 10 de agosto (Regime Jurídico da Deposição de Resíduos em Aterro) - Reg. (CE) nº 1069/2009, de 21 de outubro (art.º 13)	Entidade licenciadora Aterros - CCDR

MÓDULO VI

AGRICULTURA DE PRECISÃO PARA A SUSTENTABILIDADE

INTRODUÇÃO	425
VI.1. O QUE É A AGRICULTURA DE PRECISÃO	426
VI.1.1 OBJETIVOS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO	426
VI 1.2 OPORTUNIDADES E AMEAÇAS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO	427
VI 2. FERRAMENTAS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO	429
VI.3. OUTRAS SOLUÇÕES PARA AP	432

MÓDULO VI

AGRICULTURA DE PRECISÃO PARA A SUSTENTABILIDADE

INTRODUÇÃO

A Agricultura como atividade económica determinante para a sobrevivência da espécie humana tem ao longo da sua história evoluído, adaptando-se a novos desafios e a novas realidades. Desde o período 20000a.c em que o homem era nómada e recolector passando depois à domesticação de animais e ao domínio de técnicas de cultivo de plantas, da mão de obra humana à tração animal seguida da tração mecânica proporcionada pelo desenvolvimento de motores térmicos; até aos nossos dias a agricultura foi capaz de responder às necessidades alimentares de base familiar, à necessidade de produção de alimentos em escala “industrial” no pós guerra num cenário de uma Europa devastada, e enfrenta agora a necessidade de satisfazer as necessidades alimentares da população mundial que de acordo com a FAO deverá aumentar para 9 mil milhões de pessoas em 2050.

Em paralelo o atual cenário de alterações climáticas condicionando os normais ciclos de desenvolvimento das culturas e potenciando o risco de pragas e doenças mais frequentes e dispersas mundialmente, as pandemias e a redução de mão de obra obrigam a soluções técnicas que permitam produzir mais com menos para reduzir os impactos da atividade agrícola, gerir de forma sustentável os recursos naturais mantendo o equilíbrio social e a rentabilidade económica necessária ao agricultor. A combinação destes pressupostos, e a evolução de várias áreas assentes na aplicação de sensores à monitorização da atividade agrícola e à sua localização geográfica contribuíram para o desenvolvimento do conceito de Agricultura de Precisão (AP).

Em Portugal e na Europa acresce à importância deste conceito as soluções tecnológicas e abordagem metodológica que podem contribuir para a atual perspetiva da nova PAC 2030 e da sua estratégia do prado ao prato, nomeadamente que respeita às metas de redução do uso para metade da utilização de pesticidas e fertilizantes. Atualmente o uso de instrumentos e a abordagem do conceito em AP em Portugal é uma realidade demonstrada pelos dados publicados no Recenseamento Agrícola 2019 e divulgado no portal do Instituto Nacional de Estatística (<http://www.ine.pt/>) em que os dados georreferenciados obtidos a partir de sensores de humidade são os mais comuns, presentes em 73,3% das explorações que dispõem de dados georreferenciados, seguidos das cartas NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), existentes em 33,3% destas unidades.

VI.1. O QUE É A AGRICULTURA DE PRECISÃO

De acordo com a ISPA - International Society of Precision Agriculture a agricultura de precisão é definida como: "Agricultura de Precisão (AP) é uma estratégia de gestão que reúne, processa e analisa dados temporais, individuais e espaciais e os combina com outras informações para apoiar as decisões de gestão de acordo com a variabilidade estimada para melhorar a eficiência no uso de recursos, produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade da produção agropecuária." A interpretação do conceito supõe um modelo de gestão das culturas considerando a sua variação no tempo e no espaço dentro da parcela, e possibilidade desta abordagem contribuir para adequação caso a caso do uso de fatores de produção relativamente às necessidades identificadas.

A implementação deste modelo de gestão pode seguir as etapas apresentada na Figura 1.

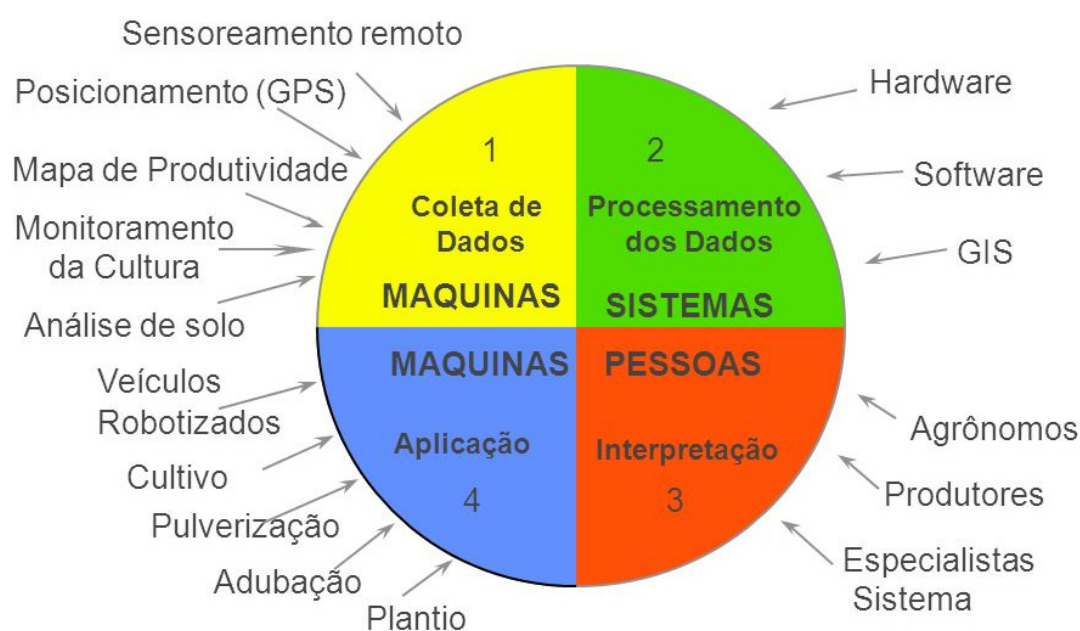


Figura 1 - Fases do ciclo de adoção da Agricultura de Precisão (CNH,s,d)

A adoção pode iniciar pela recolha de dados resultantes de uma carta de produtividade (1) que posteriormente processados e convertidos em informação (2) podem permitir a interpretação da variabilidade espacial de uma cultura (3) e determinar formas de atuação diferenciada no uso e aplicação de fatores de produção (4). Da fase 1 fazem parte vários tipos de sensores hoje possíveis de serem utilizados na monitorização e recolha de informação das culturas, alguns deles fazendo parte do hardware das máquinas de colheita, da fase 2 constam principalmente os softwares de informação geográfica para que dados possam ser convertidos em informação e discutidos pela equipa de gestão ou consultoria da exploração agrícola (3) permitam a implementação de soluções (4) assente em máquinas ou sistemas de automação.

Realça neste conceito a interdisciplinaridade e o necessário espírito de equipa tão necessário à implementação do processo para garanto dos objetivos a alcançar.

VI.1.1 OBJETIVOS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

O principal objetivo da agricultura de precisão (AP) é a georreferenciação de informação para instalação e condução das culturas que permite maximizar a eficiência dos recursos,

aumentar a rentabilidade e minimizar os impactos ambientais.

Através da identificação de zonas uniformes da parcela torna-se possível o uso de fatores de produção a taxa variável, com a vantagem de redução dos custos correspondentes ao uso desses fatores a taxa fixa e mais-valia na respetiva redução do impacto ambiental causado pelo seu uso em excesso. Da mesma forma o aumento de rentabilidade pode resultar da tentativa de uniformização das diferentes áreas encontradas, exemplo da gestão para uma cultura de cereais em que o objetivo é garantir a maior produtividade da parcela, ou resultar de se tirar partido das diferenças existentes, exemplo da gestão de uma vinha quando a vindima segmentada pode dar origem a produtos finais de diferente valor acrescentado.

VI 1.2 OPORTUNIDADES E AMEAÇAS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Comparativamente a modelos de gestão da agricultura convencional em que não é considerado o conceito de variabilidade espacial, em que a área de uma parcela é tratada toda por igual, as recomendações no uso dos fatores de produção são feitas assentes nas médias observadas e a sua aplicação é feita a dose fixa; a agricultura de precisão permite considerar a variabilidade espacial e temporal das culturas, as recomendações são prescritas em função dessa variabilidade e os fatores de produção podem ser usados a taxas variáveis de aplicação.

Daqui resultam oportunidades relacionadas com a correção de zonas menos produtivas, de maiores custos de utilização e com maior impacto ambiental, ou em alternativa a possibilidade de obtenção de produtos de características distintas para o mesmo ou para mercados distintos.

Mais do que o aumento de produtividade, torna-se possível maximizar a rentabilidade, isto é, o grau de sucesso de investimento económico, calculado a partir do percentual de remuneração do capital investido na adoção do modelo de gestão em AP.

O uso de instrumentação associada ao conceito de AP, pela sua base de conhecimento assente na georreferenciação, na monitorização sensorial das culturas e na criação e digitalização de registos facilita a gestão de programas de combate a pragas e doenças, a estimativa de produções, auxilia à aferição de datas de colheita, à gestão de recursos naturais como o solo e a água e contribui para a rastreabilidade dos produtos aproximando o consumidor do produtor.

Assim, a AP providencia um conjunto de recursos que permite monitorizar e controlar parâmetros físico-químicos do solo e das plantas, otimizar a aplicação de fertilizantes, prevenir e identificar pragas e/ou doenças e controlar/programar atempadamente as colheitas através da identificação antecipada do estado de maturação nas diferentes zonas do terreno agrícola, permitindo otimizar o processo de colheita. A colocação de sensores permite-nos ter leituras (condutividade elétrica, nitratos, temperatura, evapotranspiração, radiação, folhas e mistura de solo, entre outros), para criarmos as condições para um ótimo desenvolvimento das plantas.

Aliada à digitalização a informação obtida em AP permite ainda a sua gestão à distância. A informação providenciada pelos sensores pode ser transmitida para um servidor central e pode ser consultada através de um smartphone, tablet ou portátil. Alertas de email ou SMS podem ser programados para notificar o empresário agrícola quando é identificado algum problema, notificar alguma ação ou emitir uma ordem. Ao incorporar um Sistema de Apoio à Gestão (SAG) num contexto de Gestão da Exploração Agrícola, as melhores condições para um

determinado tipo de solo ou espécie de plantas específicas são automaticamente sugeridas, tendo como base a informação dos sensores. O SAG sugere o melhor momento para a rega (ou indica se é ou não necessária naquele exato momento) bem como as necessidades nutritivas, entre outros aspetos, facilitando a tomada de decisão e a gestão do negócio.

Na prática, a agricultura de precisão pode proporcionar ao agricultor:

- a) Criação de unidades de gestão diferenciadas (parcela/cultura), através da realização de mapas de:
 - Condutividade do solo a partir de sensores expeditos;
 - Rega por unidade de gestão (cultura ou parcela ou zona homogénea);
 - Fertilização para aplicação diferenciada;
 - Aplicação de Produtos fitofarmacêuticos;
 - Sementeira com taxas variáveis de acordo com diferentes características do solo e da espécie vegetal;
 - Produtividade;
 - Infestação de pragas, direcionando a pulverização.
- b) Automatização de máquinas agrícolas;
- c) Otimização de processos / tarefas / práticas culturais;
- d) Menor necessidade de mão de obra;
- e) Maior disponibilidade do calendário agrícola.

Mas a opção pela AP pode encontrar algumas ameaças na sua implementação. O custo inicial de alguns instrumentos ainda é hoje elevado quando comparado a modelos convencionais, por exemplo no caso de máquinas com e sem possibilidade aplicação de produtos a taxa varável, a idade avançada do agricultor e a baixa escolaridade e muitas vezes a ausência de literacia digital podem dificultar o processo de adoção e interpretação da informação, o modelo de exploração nomeadamente no que diz respeito ao grau de especialização e dimensão económica. Também a qualidade da rede de internet em espaço rural não muitas vezes facilitadora da exequibilidade de processos em AP.

Para obviar estas circunstâncias torna-se importante a atitude proativa de criar soluções de aluguer de equipamentos, de prestação de serviço e consultoria em AP que com o agricultor e independentemente do tipo de exploração agrícola permita uma avaliação das culturas, a implementação de processos de correção e criação de registos que viabilizem a digitalização de informação da exploração agrícola e assim a mantenham em linha com as demais da sua fileira de produção.

Importa aqui lembrar o papel importante que as organizações de produtores em geral, cooperativas e associações devem ter na formação e na qualificação dos seus técnicos e associados nas áreas temáticas relacionadas com a AP, desde logo nos conceitos de base

agronômica e de literacia digital. Desde logo obviam-se obstáculos como a dimensão da parcela que só por si não o deve ser, e torna-se facilitador e transversal o conhecimento independentemente da fileira de produção.

No que diz respeito à conectividade em espaço rural, espera-se em breve a chegada do 5G e a sua expansão a nível nacional que poderá decididamente contribuir para o melhor funcionamento dos instrumentos de AP já em uso e abrir oportunidades a novas formas de monitorização e transmissão de dados – IoT, conceito da Internet das coisas.

VI 2. FERRAMENTAS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Para a sua implementação a agricultura de precisão recorre a diferentes ferramentas, entre as quais vários tipos de sensores e plataformas para monitorização e medição de diferentes grandezas, e varos tipos de atuadores que conduzem a resposta processada a partir da informação medida pelos sensores. Enumeram-se alguns exemplos:

1) GNSS (aparelhos de posicionamento global por satélite)

Uma máquina agrícola, um pivot de rega ou um outro instrumento dotado de um recetor GNSS (Figura 2), vulgarmente conhecido por GPS permite em tempo real conhecer a sua localização geográfica. Dependendo do tipo de instrumento e tarefa que se pretenda georreferenciar podem utilizar-se dispositivos de GNSS com diferentes graus de precisão e exatidão. São estes sensores os responsáveis por auxiliar a condução eletrónica em tratores e máquinas agrícolas, desencadear o funcionamento de atuadores para a aplicação de produtos a taxa variável e quando conjugados com outro tipo de sensores permitem obter informação georreferenciada da quantidade do produto que é colhida, da condutividade elétrica do solo ou dos locais para amostra de solo, entre outros. No caso de colares para animais com sensores GNSS, os mesmo tornam possível conhecer em tempo real onde esses animais se encontram, quais os trajetos que realizam ou simplesmente a marcação de geo cercas.



Figura 2 - a) Colar de GNSS para georreferenciação de animais - b) Sensor montado em moto quatro para auxílio à condução | Fonte: a) Digitanimal, s.d - b) Trimble, 2021a

2) Drones - Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)

Os drones de asa fixa ou rotativa são plataformas para deteção remota já que a bordo podem transportar camaras capazes de analisar as parcelas e, por conseguinte, as culturas auxiliando na deteção e presença de pragas e doenças, falhas de sementeira, entre outros. Os seus sensores captando as imagens a baixa altitude oferecem assim, indicadores agronómicos com precisão centimétrica proporcionando uma altíssima resolução espacial. Um exemplo frequente da sua utilização é o uso de imagens obtidas por camaras de infravermelhos que

permitem a construção de cartas de NDVI - Índice de Vegetação com Diferença Normalizada e com estas ser avaliado o vigor vegetativo de uma cultura (Figura 3). Poderão ainda representar um auxílio na aplicação precisa de fertilizantes e fitofármacos.



Figura 3 - Utilização de drones para analisar as culturas

3) Motores elétricos, pneumáticos ou electro-hidráulicos

Constituem frequentemente atuadores de sistemas de automação capazes de implementar soluções de controlo de velocidade, profundidade, altura, débito para por exemplo responder a situações de aplicação de produtos a taxa variável (Figura 4).

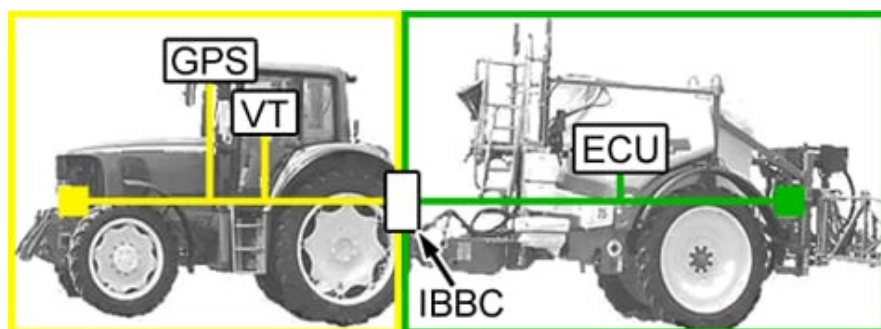


Figura 4 - Conjunto de dispositivos para georreferenciação (GPS) e aplicação de um produto a taxa variável através da leitura num terminal virtual (VT) e o controlo eletrónico de uma unidade e processamento (ECU) por protocolo ISOBUS (IBBC) para atuação num motor elétrico de controlo de caudal de um pulverizador (John Deere)

4) Sensores expeditos para avaliação da condutividade elétrica do solo

Existem variadíssimos sensores direcionados para o solo ou para as plantas (de humidade, de pH, de condutividade elétrica, etc.). no caso dos sensores de condutividade elétrica existem sensores expeditos de contacto e de indução magnética (Figura 5). Ambos funcionam pelo princípio de infiltração de um feixe de corrente elétrica no solo que é refletido e recebido com maior ou menor intensidade consoante o grau de salinidade do solo. Com a utilização de sensores os agricultores podem monitorizar o desenvolvimento das suas culturas, adaptando-se a diferentes fatores ambientais já que existem várias relações possíveis de avaliar entre a condutividade elétrica medida por estes sensores e os parâmetros físicos, químicos ou biológicos do solo. Normalmente estes sensores trabalham em conjunto com data loggers e sensores GNSS permitindo a construção de cartas de condutividade elétrica (CEa) aparente do solo. A elevada relação entre a CEa do solo e as análises de textura permitem por exemplo a colocação com maior precisão de sensores de medição da humidade do solo, já que zonas de maior condutividade estão em regra associadas a zonas de textura mais fina, e de condutividade baixa a zonas de textura grosseira.

5) Outros tipos de sensores

Outros tipos de sensores utilizados em AP podem ser (Figura 6):

- Plataformas autônomas (robots) multissensoriais que percorrendo diariamente as culturas informam o agricultor sobre o seu estado e emitem avisos no caso de situações de alerta, por exemplo do aparecimento de doenças (a);
- Sensores de massa que aplicados às máquinas de colheita permitem tirar dados de produção a cada momento da colheita, e de humidade do grão no caso do milho (b);
- Sensores colorimétricos que permitem fazer colheita só do fruto com determinado padrão de cor, por exemplo no caso das máquinas de colheita do tomate de indústria;
- Sensores que permitem a deteção de vegetação ou não, e aplicação de fitofármacos no caso de existir vegetação ou não aplicação se não existir vegetação (c);
- Sensores para determinação do vigor vegetativo por NDVI (d).

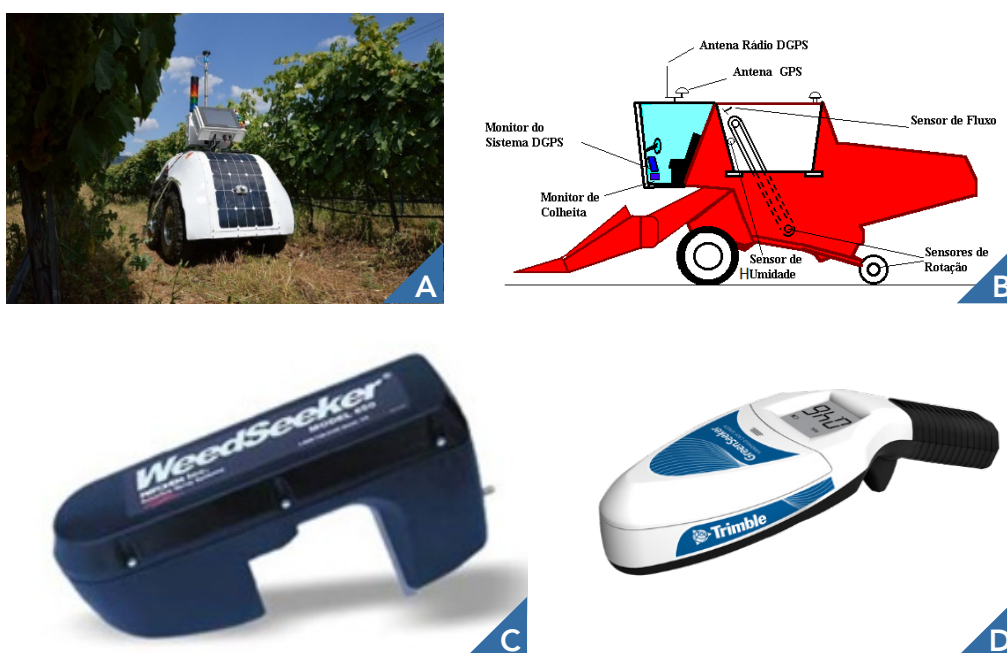


Figura 6 - a) Robot do projeto Vinescout (Vinescout, s.d); b) Distribuição de sensores e instrumentação eletrónica numa ceifeira debulhadora para a criação de cartas de produtividade (Ad. De Coelho e da Silva, 2009); c) Sensor para deteção de ervas infestantes (Trimble, 2021b); d) Sensor de mão para determinação do vigor vegetativo da cultura por leitura do índice de NDVI (Trimble, 2021a)

6) Estações meteorológicas

As estações meteorológicas fornecem dados sobre a humidade, a temperatura, a ocorrência de precipitação, a velocidade e a direção do vento, a evapotranspiração e o número de horas de sol. Estes dados irão contribuir para uma eficaz gestão da rega e dos tratamentos fitossanitários favorecendo a adoção de práticas preventivas e, portanto, contribuindo para a minimização dos impactos ambientais.

7) Softwares para gestão de informação geográfica (SIG)

Os softwares são ferramentas para a agricultura de precisão indispensáveis para a análise e interpretação dos dados recolhidos. Entre vários tipos de aplicativos, os SIG - Sistema de Informação Geográfica servem para recolhe e/ou processamento de dados espaciais obtidos em diferentes origens como cartas ou instrumentos de deteção remota. Através deles é possível observar a relação espacial dos dados através de técnicas de interpolação e criar relatórios.

Alguns destes softwares são gratuitos como o QGIS, compatíveis com ficheiros georreferenciados utilizados por diversos fabricantes de instrumentos para a AP, sendo utilizados por exemplo na construção de cartografia para aplicação de produtos a taxa variável.

8) Plataformas digitais para gestão de parcelas

Outra ferramenta em AP é a existência de plataformas digitais de acesso aberto ou contratualizado (Figura 7). Em qualquer das versões existem funcionalidades para delimitação de parcelas permitindo a leitura de índices vegetativos a partir de imagens de satélite. Algumas destas, permitem a parametrização de alertas, criação de cartas de prescrição, impressão de mapas e conciliação de informação relativa aos estados meteorológicos ou a informação de sensores de humidade do solo. A grande vantagem do uso destas plataformas prende-se com o processo de digitalização que permite o envio de informação à distância, sendo possível ao agricultor ter informação em tempo real sobre o estado das suas culturas, nomeadamente em termos de doenças, maturação, necessidades de água, de fertilização e de produtos fitofarmacêuticos, no caso da deteção remota, sem a necessidade da logística necessária a realização de voo com um drone. O uso de uma plataforma não dispensa a necessária visita ao campo para confirmação *in situ* da informação que é enviada à distância.

Alguns exemplos de plataformas são disponibilizados online nos seguintes endereços:

<https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/>

<https://crop-monitoring.eos.com/login>

<https://onesoil.ai/en/>

<http://agroinsider.com/home>

<http://www.hidrosoph.com/PT/irristrat.html>

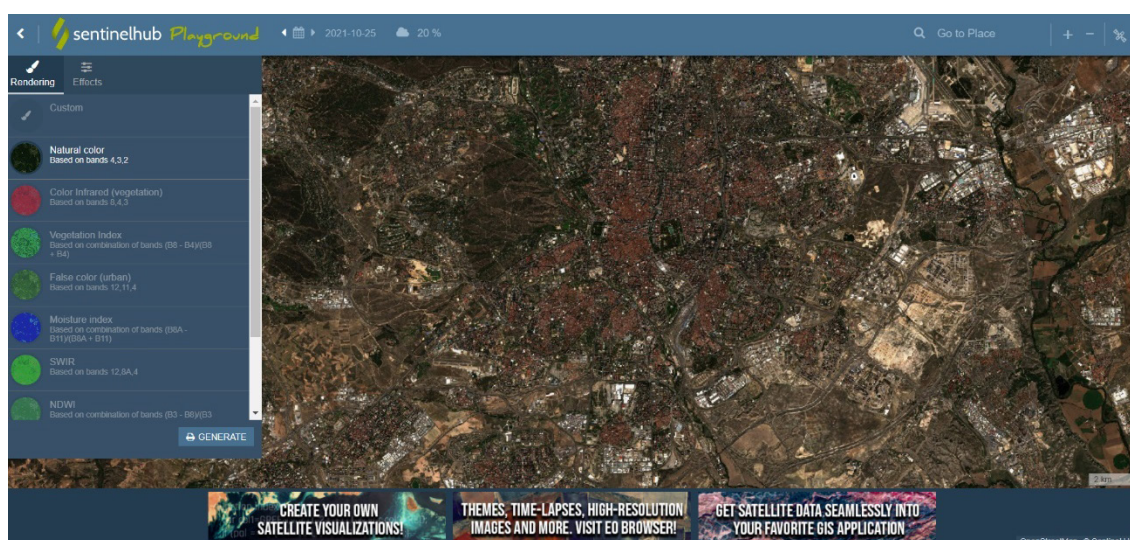


Figura 7 - Exemplo do layout de uma plataforma de acesso aberto (Sentinel-hub playground, s.d)

VI.3. OUTRAS SOLUÇÕES PARA AP

A evolução tecnológica estará tão limitada quanto a criatividade, pelo que o agricultor terá sempre um *upgrade* disponível para aplicar na sua exploração e dessa forma ir ao encontro do

princípio da AP de gestão da cultura de forma personalizada. Mais, é importante ter em conta que a AP só por si não é geradora de lucro. Ainda antes da sua adoção importa ter presente o rigor das operações a realizar, o bom estado de funcionamento e calibração de máquinas e equipamentos e o recurso a possíveis soluções clássicas que pelo rigor da informação que permitem podem ter um importante rácio custo benefício.

A título de exemplo cite-se em sistemas de rega e fertirrigação o uso de tensiómetros clássico (Figura 8) que permitem a gestão de rega em função de dados concretos e não de sensações empíricas ou por tentativa e erro.

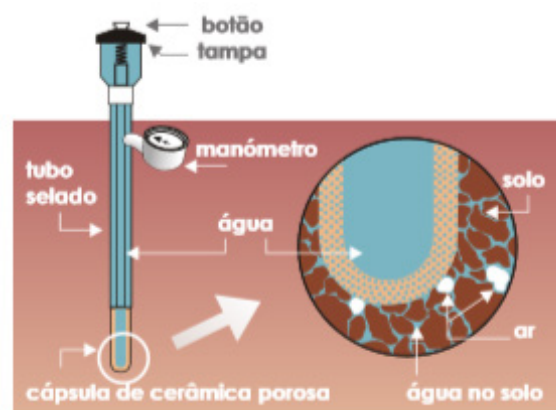


Figura 8 - Tensiómetro no solo e o pormenor da cápsula (DRAPN, s.d)

Acrescentando a estes equipamentos de análise um programador de rega com a possibilidade de dispor de vários arranques, tempos de rega curtos, setores bem dimensionados, tão pequenos quanto possível e ajustados aos grupos de bombagem e ter-se-á uma solução de rega que responderá ao espírito definido em AP de produzir mais com menos.

Um outro exemplo prende-se com o uso de sistemas DPA em máquinas agrícolas (Figura 9). Estes sistemas, equipados com electroválvulas, permitem a aplicação de doses fixas ajustando a dose em função da velocidade de trabalho. Em regra, os controladores destes sistemas permitem ao operador da máquina a sua programação para uma dose acima e abaixo da pretendida de ser aplicada. Assim o operador ao chegar ao local onde observa a necessidade de uma dose superior ou inferior à calibrada, tem possibilidade de eletricamente acionar o mecanismo que abre ou fecha o atuador realizando uma "taxa variável" com a sua intervenção. Pode ser uma solução de recurso, principalmente em áreas de menor dimensão em que o custo deste tipo de equipamento se torna inferior ao de um VRT clássico.



Figura 9 - Exemplo de um controlador DPA para um pulverizador (Tomix, s.d)

É importante considerar que de forma geral o agricultor reconhece a importância da rigorosa gestão dos recursos e fatores de produção, da necessidade dos incrementos tecnológicos para o efeito e da importância económico-financeira e ecológica da boa aplicação destes modelos. Em simultâneo, e por regra, reconhece alguma incapacidade na utilização autónoma destas ferramentas, pelo que pode e deve olhar para o mercado da prestação de serviços da especialidade como uma alternativa viável para o ajudar na aplicação dos métodos e procedimentos de Agricultura de Precisão, devidamente ajustados à sua realidade produtiva e de mercado.

BIBLIOGRAFIA/ ACRÓNIMOS E SIGLAS

BIBLIOGRAFIA MÓDULO I	436
CAPÍTULO I.1.	436
CAPÍTULO I.2.	439
CAPÍTULO I.3.	440
CAPÍTULO I.4.	442
BIBLIOGRAFIA MÓDULO II	443
BIBLIOGRAFIA MÓDULO III	446
BIBLIOGRAFIA MÓDULO IV	449
BIBLIOGRAFIA MÓDULO V	451
CAPÍTULO V.1.	451
CAPÍTULO V.2.	452
CAPÍTULO V.3.	453
CAPÍTULO V.4.	454
CAPÍTULO V.5.	454
CAPÍTULO V.6.	455
CAPÍTULO V.7.	456
BIBLIOGRAFIA MÓDULO VI	457
ACRÓNIMOS E SIGLAS	458

BIBLIOGRAFIA MÓDULO I

CAPÍTULO I.1.

Alves, J. Almeida e Cardoso, J.C. 1967 Empreendimento de fertilização mineral e correcção do solo-fertilização mineral. II Plano de Fomento (1954-1964). Dir. Ger.Servs. Agri., Lisboa.

Arya, L. M.; D. A. Farrell e G. R. Blake. 1975. A field study of soil water depletion patterns in presence of growing soybean roots. I. Determination of hydraulic properties of the soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 45: 1023-1030.

Bouma, J.; C. Belmans; L. W. Dekker e W. J. M. Jeurissen. 1983. Assessing the suitability of soils with macropores for subsurface liquid waste disposal. Journal of Environmental Quality, 12 (3): 305-311.

Brady, N.C. e Weil, R.R. 2008. The nature and properties of soils. Pearson Education Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 965 p.

Cardoso, J. Carvalho. 1965. Os solos de Portugal. I. A sul do rio Tejo. D.G.S.A., Lisboa.

Castro, I. V. Fareleira, P. 2017. Papel dos microrganismos do solo na recuperação de solos degradados. Vida Rural, nº 1827, 40-42.

FAO. 1970. Classificação textural dos solos pela FAO. In: Cardoso, J. C.; F. C. Vasconcelos e M. R. T. Bessa, 1970. Carta dos solos de Portugal. Classificação e características morfológicas dos solos. Boletim dos Solos, 7: 1-162, Lisboa.

Gomes, M. P., e A. A. Silva. 1962. Um novo diagrama triangular para a classificação básica da textura do solo. Garcia de Orta, 10: 171-179.

Gonçalves, M. C. 1994. Características hidrodinâmicas dos solos: sua determinação e funções de pedo-transferência. Dissertação de doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, UTL, Lisboa.

Hillel, D. 1984. L'eau et le sol. Principes et processus physiques. Cabay (ed.), Louvain-la- Neuve, 288pp.

Huber, S., Prokop, G., Arrouays, D., Banko, G., Bispo, A., Jones, R., Kibblewhite, M., Lexer, W., Möller, A., Rickson, J., Shishkov, T., Stephens, M., Van den Akker, J., Varallyay, G., Verheijen, F. 2007. Indicators and Criteria report. ENVASSO Project (Contract 022713) coordinated by Cranfield University, UK, for Scientific Support to Policy, European Commission 6th Framework Research Programme.

Lagatu, H. e Maume, L. 1926. Diagnostique de l'alimentation d'un végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie. In: Compte Rendues de l'Académie des Sciences nº 182, 635-655.

Lourenço, A. 2012. Caracterização de solos entre Coimbra e Montemor-o-Velho, Portugal Central. Um estudo de magnetismo ambiental. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, especialidade em Geodinâmica Externa. Coimbra.

LQARS, 2006. Manual de Fertilização das Culturas. INIAP – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Apartado 3228 - 1301-903 Lisboa

Mengel, K. e Kirkby, E.A. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5ª ed. Boston/London: Kluwer Academic Publishers.

Perdigão, A. 2019. Apointamentos teóricos de Ciências do Solo/ Solos. Curso: Eng.ª Agrónoma CTeSP Agricultura Biológica. Instituto Politécnico de Viseu. Escola Superior Agrária de Viseu. Viseu.

Stolte, J. 1997. Determination of the saturated hydraulic conductivity using the constant head method, in: Stolte, J. (Ed.), Manual for soil physical measurements. Technical document 37, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands.

Varenes, A. 2003. Produtividade dos Solos e Ambiente. Escolar Editora. Lisboa.

Wind, G. P. 1968. Capillary conductivity data estimated by a simple method, in: Rijtema, P. E., Wassink, H. (Eds.), Water in the unsaturated zone. Proceedings of a Symposium, June 1966, Wageningen, The Netherlands. IASH/AIHS – UNESCO, vol. I, pp. 181–191.

Legislação referida neste documento

Decreto-Lei 103/2015 de 15 de junho. Diário da República n.º 114/2015, Série I de 2015-06-15, páginas 3756 – 3788. Estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado de matérias fertilizantes, assegurando a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 2003/2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de outubro de 2003, relativo aos adubos.

Decreto-Lei n.º 37/2013 de 13 de março. Diário da República, 1.ª série — N.º 51 — 13 de março de 2013. Procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 256/2009, de 24 de setembro, que estabelece o regime das normas técnicas aplicáveis à proteção integrada, à produção integrada e ao modo de produção biológico, conformando-o com a disciplina da Lei n.º 9/2009, de 4 de março, e do Decreto-Lei n.º 92/2010, de 26 de julho, que transpuseram as Diretivas nos 2005/36/CE, de 7 de setembro, e 2006/123/CE, de 12 de dezembro, relativas ao reconhecimento das qualificações profissionais e aos serviços no mercado interno.

Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro. Diário da República, 1.ª série — N.º 192 — 2 de outubro de 2009. Estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas, de forma a evitar efeitos nocivos para o homem, para a água, para os solos, para a vegetação e para os animais, promovendo a sua correta utilização, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de Junho.

Despacho n.º 1230/2018, de 5 de fevereiro. Ambiente e Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural. Gabinetes dos Secretários de Estado do Ambiente e das Florestas e do Desenvolvimento Rural. Diário da República, 2.ª série — N.º 25 — 5 de fevereiro de 2018. Aprova o Código de Boas Práticas Agrícolas.

Portaria n.º 25/2015 de 9 de fevereiro. Diário da República, 1.ª série — N.º 27 — 9 de fevereiro de 2015. Estabelece o regime de aplicação da ação n.º 7.1, «Agricultura biológica», e da ação n.º 7.2, «Produção integrada», ambas da medida n.º 7, «Agricultura e recursos naturais», integrada na área n.º 3, «Ambiente, eficiência no uso dos recursos e clima», do Programa de Desenvolvimento Rural do Continente, abreviadamente designado por PDR 2020.

Portaria n.º 153/2015 de 27 de maio. Diário da República, 1.ª série — N.º 102 — 27 de maio de 2015. Estabelece os termos e os critérios aplicáveis à avaliação dos incumprimentos de compromissos ou outras obrigações, para efeitos da aplicação das reduções e exclusões previstas no n.º 5 do artigo 24.º da Portaria n.º 25/2015, de 9 de fevereiro, que estabelece o regime de aplicação da ação n.º 7.1, «Agricultura biológica» e da ação n.º 7.2, «Produção integrada» do Programa de Desenvolvimento Rural do Continente.

Portaria n.º 259/2012 de 28 de agosto. Diário da República, 1.ª série — N.º 166 — 28 de agosto de 2012. Estabelece o programa de ação para as zonas vulneráveis de Portugal continental.

Regulamento (UE) 2019/1009 do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de junho de 2019, que estabelece regras relativas à disponibilização no mercado de produtos fertilizantes UE e que altera os Regulamentos (CE) n.º 1069/2009 e (CE) n.º 1107/2009 e revoga o Regulamento (CE) n.º 2003/2003 (JO L 170, 25.6.2019, p. 1–114).

Regulamento (UE) n.º 463/2013 da Comissão de 17 de maio de 2013 que altera o Regulamento (CE) n.º 2003/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo aos adubos, para efeitos de adaptação ao progresso técnico dos seus anexos I, II e IV (JO L 134/1, 18.05.2013, p. 1–14).

Regulamento (CE) n.º 2003/2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de outubro de 2003, relativo aos adubos (Jornal Oficial n.º L 304 de 21/11/2003 p. 0001 – 0194).

Resolução do Conselho de Ministros n.º 78/2014, de 24 de dezembro. Diário da República, 1.ª série — N.º 248 — 24 de dezembro de 2014. Aprova o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PANCD), decorrente da primeira revisão e atualização do PANCD aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 69/99, de 9 de julho.

Portaria n.º 631/2009 de 9 de junho. Diário da República n.º 111/2009, Série I de 2009-06-09, p. 3580 – 3594. Estabelece as normas regulamentares a que obedece a gestão dos efluentes das atividades pecuárias e as normas regulamentares relativas ao armazenamento, transporte e valorização de outros fertilizantes orgânicos.

Pesquisa Internet:

Amaral, S. 2015. Manual de Conservação do Solo e da Água. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/srdoamaral/manual-de-conservao-do-solo-e-da-gua>

ESAV - Escola Superior Agrária de Viseu. 2019. Manuais e textos de apoio a aulas de Solos. Instituto Politécnico de Viseu (IPV). Disponível em: http://moodle1819.esav.ipv.pt/pluginfile.php/23563/mod_folder/content/0/1%C2%BA%20ano%20-%20Solos/03_Manuais%20e%20textos%20de%20apoio%20%28Aulas%29/Classifica%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Solos.pdf?forcedownload=1

FAO, 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Soils. Disponível em: <http://www.fao.org/land-water/land/httpwwwfaoorgsoils-portalen/en/>

FAO, 2017. Soil Organic Carbon: the hidden potential. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/I6937EN/i6937en.pdf>

FAO, 2006. Guidelines for soil description. FAO, Rome, <http://www.fao.org/publications/card/en/c/903943c7-f56a-521a-8d32-459e7e0cdae9/>

FAO, 1998. Guide to efficient plant nutrition management. Rome. FAO, https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/65465/397_fao_ipns_intro.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gonçalves, M. C., Martins, J. C., Ramos, T. B. 2015. A salinização do solo em Portugal. Causas, extensão e soluções. Revista de Ciências Agrárias, 38 (4): 574-586. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15140>

ICNF, 2015. O combate à desertificação e a qualidade das terras em Portugal. Cultivar n° 2: 93-102, https://www.gpp.pt/images/GPP/O_que_disponibilizamos/Publicacoes/Periodicos/Cultivar_2.pdf

IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, <https://www.fao.org/3/i3794en/i3794en.pdf>

Jordão, P., Rebelo, F., Martins, P., Albardeiro, A.S., Camboias, L., Teixeira, T. e Cordeiro, A. 2021. Qualidade da água utilizada em olivais em sebe no Alentejo e seu risco para a eficácia da rega, para a cultura e para o solo. Vida Rural, n°1871, Outubro, 70-75 https://www.inia.pt/images/publicacoes/2021/Qualidade_da_agua.pdf

Jordão, P. 2020. O estado de nutrição das pomóideas, a ocorrência de pragas, doenças, fisiopatias e a composição mineral dos frutos. Vida Rural, n°1860, Setembro, 20-27 http://www.inia.pt/fotos/editor2/o_estado_de_nutricao_das_pomoideas.pdf?fbclid=IwAR1rMgiFZuQrUSsV8IemYriFwDEitsGM3wJ_tcg9nmuRbVG_6WFEpR5PVpM

Jordão, P., Rebelo, F. e Calouro, F. 2020. Água de rega: fonte oculta de nutrientes. Vida Rural, n°1861, Outubro, 42-44 https://www.vidarural.pt/wp-content/uploads/sites/5/2021/05/VR_1861.pdf

Patela, R. 2017. Ensino experimental no bosque de Casal do Rei – regeneração da biodiversidade após o fogo. Disponível em: https://www.academia.edu/27715043/Ensino_experimental_no_bosque_de_Casal_do_Rei_regenera%C3%A7%C3%A3o_da_biodiversidade_ap%C3%B3s_o_fogo_Estudo_do_Solo

Paz, A.M., Castanheira, N., Carranca, C. e Gonçalves, M.C. 2021. Solo agrícola e as alterações Climáticas. Vida Rural n° 1873, 57-61, https://www.inia.pt/images/publicacoes/2022/Solo_agricola_e_as_alteracoes_climaticas.pdf

Ramos, T. B., Gonçalves, M. C., Martins, J. C., Pereira, L. S. 2016. Características de retenção de água no solo para utilização na rega das culturas. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Oeiras. <http://www.inia.pt/menu-de-topo/divulgacao/edicoes-proprias/livros-e-cadernos>

Rebelo, F., Mano, R., e Sempiterno, C. 2021. Aspetos a ter em conta ao escolher corretivos alcalinizantes. Vida Rural, n° 1872, Novembro, 60-67, <https://www.vidarural.pt/solos/aspetos-a-ter-em-conta-ao-escolher-corretivos-alcalinizantes/>

Sampaio, E. 2006. Mineralogia do solo. Departamento de Geociências Universidade de Évora. Évora. Disponível em: <http://home.dgeo.uevora.pt/~ems/files/Anexo%20B-03.pdf>

Sempiterno, C., Mano, R., Jordão, P. e Calouro, F. 2021. Como calcular o valor fertilizante de uma lama. Vida Rural, n° 1872, novembro, 76-82, https://www.inia.pt/images/publicacoes/2021/Calcular_valor_fertilizante.pdf

Vilela, A. 2017. Influência do tipo de coberto vegetal nas propriedades físicas e químicas dos horizontes orgânicos e minerais do solo. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recursos Florestais. Bragança. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/14773/1/%c3%82ngela%20Maria%20Alves%20Vilela.pdf>

CAPÍTULO I.2.

Braga, R., Pinto, P.A. (2009). Alterações Climáticas e Agricultura. Associação dos Jovens Agricultores de Portugal. Lisboa, 1ªed.

Dias, Â., Cabral, R., Tarrafa, L. (2020). O Clima, O Solo e a Água na Agricultura e no Mundo Rural. Voz da Terra. **99**: 9-24.

EEA, 2019. "Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe", Relatório n.º 4/2019. Agência Europeia do Ambiente.

Fiorin, T. T., Ross, M. D. (2015). Climatologia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico; Rede e-Tec Brasil. 82p.

McKnight, Tom L; DARREL, Hess (2000). «Climate Zones and Types: The Köppen System». Physical Geography. A Landscape Appreciation (em ingles). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. p. 200–1. ISBN 0-13-020263-0

Moreira, N., (2002). Agronomia das forragens e pastagens. UTAD, 2002. 190 pp.

Pesquisa Internet:

AEA (2015). A agricultura e as alterações climáticas - Agência Europeia do Ambiente. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/pt/sinais-da-aea/sinais-2015/artigos/a-agricultura-e-as-alteracoes-climaticas> (consultado em julho 2021)

Anónimo (2021a). Anemómetro de conchas para medir a velocidade do vento. Disponível em: https://www.pce-instruments.com/portugues/instrumento-de-edic%C3%A3o/medidor/anem%C3%B4metro-anem%C3%B4metro-de-conchas-pce-a420-det_5929608.htm?_list=kat&_listpos=14 (consultado em julho 2021)

Anónimo (2021b). Piranómetro. Wikipédia – A Enciclopédia Livre. Disponível em: Piranómetro - Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (consultado em setembro 2021)

Anónimo (2020). Heliógrafo. Wikipédia – A Enciclopédia Livre. Disponível em: Heliógrafo – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (consultado em setembro 2021)

Anónimo a (s.d). Medidor de umidade análogo psicromómetro. Disponível em: Psicromómetro analógico, umidade e medidor de temperatura (termometros.com) (consultado em setembro 2021)

Anónimo b (s.d). Barómetro analógico de alta precisão com aneroide, barómetro redondo de 72mm de diâmetro e borracha pe. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/32838369628.html> (consultado em setembro 2021)

Anónimo c (s.d). Barómetro de mercúrio com termómetro. Disponível em: <https://www.catalogodasartes.com.br/obra/DePGzCBz/> (consultado em setembro 2021)

Anónimo d (s.d). Cata-vento. Wikiwand. Disponível em: Cata-vento - Wikiwand (consultado em setembro 2021)

Anónimo e (s.d). Pluviómetros. Vikacontrols. Disponível em: <https://vikacontrols.com.br/produto/pluviometros/> (consultado em setembro 2021)

Anónimo f (s.d). Estação Meteorológica Watch dog. Disponível em: <https://www.pce-medidores.com.pt/fichas-dados/estacao-meteorologica-watchdog.htm> (consultado em setembro 2021)

Ensino experimental no bosque de Casal do Rei – regeneração da biodiversidade após o fogo, Climatologia e meteorologia. Disponível em: <http://www.cise.pt/pt/images/Projetos/EA/pdf%20casal%20do%20rei/5%20-%20Climatologia%20e%20Meteorologia.pdf> (consultado em abril 2021).

Geografia "xou" (2016). Climatologia. Disponível em: <http://geografiaxou.blogspot.com/2016/09/climatologia.html> (consultado em abril 2021).

IPMA. Área educativa – Clima de Portugal Continental. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/> (consultado em outubro 2021).

IPMA, 2020a. Boletim Climatológico Anual, Portugal, 2019. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: <http://portaldoclima.pt/pt/> (consultado em março 2021).

IPMA, 2020b. Resumo Climatológico Ano 2020, Globo Europa Portugal Continental. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: https://www.ipma.pt/resources/www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20210122/IUNfXCxCRhziSoCsQPwf/cli_20201201_20201231_pcl_aa_co_pt.pdf (consultado em março 2021).

IPMA, 2020c. Clima em Portugal. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/> (consultado em março 2021).

IPMA, 2020d. Evapotranspiração de referência acumulada (mm), de 1 de outubro de 2018 a 30 de setembro de 2019. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: <http://www.ipma.pt/> (consultado em março 2021).

IPMA, 2020e. Número de horas de frio acumulado de 1-10-2018 a 30-04-2019. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/agrometeorologia/fruticultura/> (consultado em março 2021).

IPMA, 2019a. Boletim Meteorológico para a Agricultura. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: https://www.ipma.pt/resources/www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20191029/ZDOAUclrrYINQEXYJjVy/agr_20190401_20190430_bag_3d_co_pt.pdf (consultado em março 2021).

IPMA, 2019b. Boletim Meteorológico para a Agricultura. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: https://www.ipma.pt/resources/www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20191202/meeiiLpWOJLiVFOMvWAm/agr_20190901_20190930_bag_3d_co_pt.pdf (consultado em março 2021).

Kern, A. P., et al (s.d). Psicrômetro eletrônico. Disponível em: http://meteorologia.florianopolis.ifsc.edu.br/formularioPI/arquivos_de_usuario/201112C.pdf (consultado em setembro 2021)

Madeira, B. (2014) Requisitos de frio de pequenos frutos. Agronegócios. Disponível em: <http://www.agronegocios.eu/noticias/requisitos-de-frio-de-pequenos-frutos/> (consultado em março 2021)

MAGG (2019) "97% da Comunidade Científica acredita nas alterações climáticas. O que defendem os outros 3%? Disponível em: <https://magg.sapo.pt/sustentabilidade/artigos/97-da-comunidade-cientifica-acredita-nas-alteracoes-climaticas-o-que-defendem-os-outros-3> (Consultado em julho de 2020)

Peel, M. C. and Finlayson, B. L. and McMahon, T. A. (2007). «Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification». Hydrol. Earth Syst. Sci.. 11: 1633–1644. ISSN 1027-5606

Portal do Clima (2020a). Evapotranspiração de referência acumulada (mm), de 1 de outubro de 2018 a 30 de setembro de 2019. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: <http://portaldoclima.pt/pt/> (consultado em março 2021).

Portal do Clima (2020b). Temperatura média do ar entre 1971-2000. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: <http://portaldoclima.pt/pt/> (consultado em março 2021).

CAPÍTULO I.3.

Aguiar, C. (2018). Manual de Botânica – Volume I Estrutura e Reprodução. Instituto Politécnico de Bragança e CIMO-Centro de Investigação de Montanha, Portugal. 1ª ed.

Angelocci, L.R. (2002). Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera. Introdução ao Tratamento Biofísico. Piracicaba: L.R. Angelocci. 272p.

Arquivo do agrônomo: Como a Planta de Milho se Desenvolve. Ritchie, S.W; Hanway, J.J; Benson, G.O. [s.l.]: POTAFOS. 2003, n.º 15. Tradução: Suzana Oellers Ferreira, Engenheira Agrônoma, Goiânia, GO.

Guiomar, P.M.C.N - Avaliação do comportamento de cultivares de milho na presença da helmintosporiose causada por *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard & Suggs: Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 2011. Dissertação de mestrado.

Lousã, M., Monteiro, A., Santo, D. E., Sousa, E., Costa, J. C. (s/data). Manual de Teóricas e Práticas. Disciplina de Biologia, Módulo de Botânica. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.

- Matos, B. S. (2019). Contribuição para o estudo da dormência em pereira 'Rocha'. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Lisboa. 94pp.
- Oliveira, J.N.B. (2011). Anatomia das Plantas Superiores. Universidades dos Açores, Departamento de Biologia, Ponta Delgada.
- Ometto, J. C. (1981). Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Agronómico Ceres. 440p.
- PORTUGAL. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT) – Folheto [s.d]. Avisos Agrícolas – Estação Avisos do Ribatejo. Estados Fenológicos da Videira (Segundo A. Baggiolini).
- PORTUGAL. Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas. DRAPC – Direção Regional da Agricultura e Pescas do Centro – Folheto [s.d]. Direção de Serviços de Agricultura e Pescas. Divisão de Agricultura e Pescas – Estação Agrária de Viseu. Estados fenológicos do castanheiro. Elaborado por Catarina de Sousa.
- Raven, P. H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E (2005), Biology of Plants, 7th ed, W.H. Freeman, New York. ISBN: 9781464113512.
- Rodet, J-C., Pereira, L. (2015). Manual Prático de Horticultura Biológica. Saúde Atual de Luis Filipe S. Freitas. Setúbal. 1ª Ed. ISBN: 978-989-96987-3-4. 295-382 pp.
- Santos, L. F. (2015). Fenologia do *Vaccinium corymbosum* var. Duke em várias regiões de Portugal Continental. Faculdade de Ciências - Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território.
- Soltner, D., (1989). Les bases de la production végétale. Collection Sciences et techniques, Angers, 17ª Ed. 468 pp.
- Teare, I. D.; Peet, M. M. (1983.). Crop-water relations. New York: Wiley-Interscience. p. 445-479.
- Uva, J. S., Onofre, R. et al (2015). IFN6 – Inventário Florestal Nacional – Relatório Final. ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. 284 p.
- Vieira, Elvis Lima; Souza, Girlene Santos de; Santos, Anacleto Ranulfo dos; Santos Silva, Jain dos. Manual de Fisiologia Vegetal. São Luis: EDUFMA, 2010. 230P.
- Pesquisa Internet:**
- Anónimo a (s.d) Morfologia das plantas - Diversidade das plantas. Disponível em: <https://sites.google.com/site/estudo5oano/ciencias-da-natureza-1> (consultado em maio de 2021)
- Anónimo b (s.d) Tipos de raízes – Escola educação. Disponível em <https://escolaeducacao.com.br/tipos-de-raizes/> (consultado em maio de 2021)
- Anónimo c (s.d) Raiz – Botânica para estudantes. Disponível em <https://botanicaparaestudantes.wordpress.com/2014/12/27/raiz-parte-i/> (consultado em maio de 2021)
- Anónimo (2015) Morfologia e Taxonomia Vegetal. Disponível em: <http://morfologiataxonomiavegetal.blogspot.com/2015/08/flor-morfologia-do-gineceu.html> (consultado em maio de 2021).
- Barbosa, M. O. D. B. (2017). Estudo da influência da utilização de bioestimulantes naturais em *Vaccinium corymbosum*. Disponível em: http://repositorio.ipv.pt/bitstream/20.500.11960/1962/1/Barbosa_Maria_1782.pdf (consultado em maio de 2021).
- Carrilho, L. (s.d) Diversidade das plantas. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/5787634/> (consultado em maio de 2021)
- Diana, J. (s.d) Partes da planta - Toda a matéria. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/partes-da-planta/> (consultado em maio de 2021)
- Diegpl (2018) Ciclo de Vida das Angiospermas: Exemplos e Características. Disponível em: https://culturalivre.com/ciclo_de_vida_das_angiospermas_exemplos_caracteristicas/ (consultado em maio de 2021)

Eu quero biologia (s.d) Disponível em: <https://www.euquerobiologia.com.br/2013/12/fotossintese-fase-clara-e-escura-videohtml> (consultado em maio de 2021)

Martins, S., Lopes, A., Palmeiro, C., Carreira, J. (2016). Poda de Mirtos. Ministério da Agricultura e do Mar. Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro. Disponível em: [acao_poda_2016.pdf](https://drapc.gov.pt/acao_poda_2016.pdf) (drapc.gov.pt) (consultado em abril 2021)

Mira, W. (2016) Caule. Disponível em: <https://querobolsa.com.br/enem/biologia/caule> (consultado em maio de 2021)

Oliveira, E. C. (2003). Introdução à Biologia Vegetal. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2ª edição revista e ampliada. Disponível em: https://books.google.pt/books?hl=pt%20PT&lr=lang_pt&id=1JCMjPoYuEQC&oi=fnd&pg=PA7&dq=introdu%C3%A7%C3%A3o+raiz+das+plantas&ots=IBdXTj9VzY&sig=fT4yyOa%20IViZ5Nt06ypBD5fU4ao&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true (consultado em maio de 2021)

Rodrigues, R. (s.d). Morfologia e anatomia da flor. Disponível em: <https://quizlet.com/br/303266214/morfologia-e-anatomia-da-flor-diagram/> (consultado em maio 2021)

CAPÍTULO I.4.

Batista, S., Santos, M.D.C. (2011). Uso da Água na Agricultura – 2011. Uso eficiente da água na agricultura. Instituto Nacional de Estatística, I. P. Lisboa. Edição 2011. ISBN 978-989-25-0145-1.

Calouro, F. (2005) - Actividades Agrícolas e Ambiente. 1ª ed. Porto: © SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação. ISBN - 972-8589-47-6.

Ferreira, J (coord.), et al (2012). As bases da Agricultura Biológica – Tomo I – Produção Vegetal Segunda edição revista e atualizada. EDIBIO, Edições, Lda. [s.l.]. ISBN:978-972-99697-3-7.

Instituto Nacional de Estatística - Recenseamento Agrícola - Análise dos principais resultados – 2019. Instituto Nacional de Estatística, I. P. Edição de 2021. ISBN 978-989-25-0562-6.

Instituto Nacional de Estatística. Uso da Água na Agricultura – 2011. Instituto Nacional de Estatística, I.P. Lisboa. Edição 2011. ISBN 978-989-25-0145-1

LQARS, Manual de Fertilização das Culturas, Lisboa, Instituto Nacional de Investigação Agrária, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, 2000.

MADRP, Código de Boas Práticas Agrícolas para a Proteção da Água Contra a Poluição com Nitratos de Origem Agrícola, Lisboa, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 1997.

Núncio, J.G.F.D.B., Arranja, C. (2011). Uso da Água na Agricultura – 2011. Gestão de Água nos Perímetros de Rega: Quantificação do Uso da Água e Eficiências dos Sistemas de Rega. Instituto Nacional de Estatística, I. P. Lisboa. Edição 2011. 45-53p. ISBN 978-989-25-0145-1.

Nyeléni, M. (2015). Declaração do Fórum Internacional de Agroecologia.

Ramos, E. J. G. (2017). Guia de Boas Práticas Florestais e Agrícolas. Monte – Desenvolvimento Alentejo Central, ACE. 1ªed.

Rodet, J. C e Pereira, L. (2015). Manual Prático de Horticultura Biológica. Edição Saúde Actual de L. F. F. ISBN: 978-989-96987-3-4. 532p.

Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 – Estratégia de Longo Prazo para a Neutralidade Carbónica da Economia Portuguesa em 2050. Anexo à Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019. Diário da República, 1.ª série – N.º 123 – 1 de julho de 2019 (pág. 3208 a 3299).

Tarrafa, L., Dias, Â., Filipe, C. (2020). Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 - Os Desafios para a Alimentação. Voz da Terra. 93: 9-24.

Vizinho, A. F. S. (2015). A viabilidade económica da gestão sustentável do montado de sobreiro caso de estudo – aldeia das amoreiras. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Economia do Turismo e Desenvolvimento Regional. Universidade do Algarve Faculdade de Economia. 248pp.

Pesquisa Internet:

Anónimo (2018) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Plantio direto tem potencial para sequestrar carbono na produção de hortaliças. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34126519/plantio-direto-tem-potencial-para-sequestrar-carbono-na-producao-de-hortalicas> (consultado em julho 2021)

[APA] Agência (Instituto Superior de Agronomia) Portuguesa do Ambiente (2019). Relatório do Estado do Ambiente 2019. Disponível em: <https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/geoportaldocs/rea/REA2019/REA2019.pdf> (consultado em junho 2021)

[APA] Agência (Instituto Superior de Agronomia) Portuguesa do Ambiente (2017). Relatório do Estado do Ambiente 2017. Disponível em: <https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/geoportaldocs/REA/REA2017/RelatorioEstadoAmbiente2017.pdf> (consultado em junho 2021)

Avillez, F. (2020) Agroportal. A água é um fator de importância estratégica para o futuro da Agricultura em Portugal. Disponível em: <https://www.agroportal.pt/a-agua-e-um-fator-de-importancia-estrategica-para-o-futuro-da-agricultura-em-portugal/> (consultado em junho 2021)

Climate Change and Land: An IPCC Special Report in Climate Change, Desertification, Land degradation, Sustainable land management, Food security, and Greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems – Summary for Policemakers. IPCC 07.08.2019. Conselho da União Europeia. Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/climate-change/timeline/> (consultado em julho 2021)

Instituto Superior de Agronomia [s.d]. Apontamentos de Rega. Disponível em: <https://fenix.isa.ulisboa.pt/qubEdu/conteudos-publicos/ficheiros?oid=3972844791166> (consultado em julho 2021)

Instituto Nacional de Estatística - Recenseamento Agrícola 2019. Resultados Preliminares – 18 de dezembro 2020 Lisboa: INE, 2020. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=467628567&DESTAQUESmodo=2 (consultado em junho 2021)

Leão, P; Morais, A. (2011). Uso da Água na Agricultura - 2011. Mear - Metodologia para a Estimativa de Água de Rega em Portugal. Instituto Nacional de Estatística, I. P. 1-26p. Disponível em: https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3446/1/REP-Uso_Agua_2011.pdf (consultado em julho 2021)

Ribeiro, A.C. [s.d]. Manual de Boas Práticas em Espaços verdes. Rega. Disponível em: https://www.cm-braganca.pt/cmbaganca2020/uploads/document/file/2771/8_Rega.pdf (consultado em julho de 2021)

Testezlaf, R. (2017) Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-178-Cultura-da-alface-irrigada-por-gotejamento-subsuperficial-Comprovada_fig140_318197795 (consultado em julho de 2021)

Legislação referida neste documento

Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto. Ministério do Ambiente. Diário da República n.º 176/1998, Série I-A de 1998-08-01, páginas 3676 – 3722. Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Revoga o Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de março.

BIBLIOGRAFIA MÓDULO II

Amaro, P. (2000) - Os riscos dos pesticidas são significativos em Portugal e estão a ser reduzidos pela prática da proteção integrada. 3.º Cong. nac. Econom. agr., Lisboa, maio 2000: 681-703.

Amaro, P. (1999a) - Os efeitos secundários dos pesticidas e a homologação. 5.º Enc. nac. Prot. Integ. Bragança, out. 99: 484-504. In AMARO – Para a otimização da proteção integrada e da produção integrada até 2006: 51-60. Revista Ciênc. agrár., 22 (4): 91-111.

Amaro, P. (1999b) - Os riscos dos pesticidas em agricultura serão motivo de preocupação em Portugal? Vida Rural, 1653, set. 99: 20-24. In AMARO - Para a otimização da proteção integrada e da produção integrada até 2006: 51-60

Amaro, P. (1990). O ato responsável em proteção das plantas e a proteção integrada. Agros, jan-julho, 90: 4-8.

Amaro, P. (1982). Os principais inimigos das culturas agrícolas em Portugal. *Anais ISA*, 48: 135-168.

Cabo, Paula; Matos, Alda; Fernandes, António; Ribeiro, Maria Isabel. (2016). Portugal Biológico: Retrato da Agricultura em Modo de Produção Biológico em Portugal. 01 Manexo Agroecológico de Sistemas. Grupo de Investigación en Economía Ecológica, Agroecología e História. Universidade de Vigo. FCEE. [Páx. 88-101].

Costa, Cristina Amaro da et al., (2018). Agricultura familiar e proteção das culturas: abordagens tradicionais e proximidade com práticas de agricultura biológica. *Revista de Ciências Agrárias*, 41 (Especial): 164-173.

Frescata, Carlos. Proteção integrada não é luta química dirigida. In: "Proteção Contra Pragas Sem Luta Química", publicado por Publicações Europa-América.

Mollison, Bill. (1981). Introdução à Permacultura - Panfleto I da Serie Curso de Design em Permacultura. Yankee Permaculture.

Oliveira, A.B., Barata, A., Prates, A., Mendes, F., Bento, F., Cavaco, M. (2014). Proteção Integrada das Culturas Volume I – Conceitos e princípios. Direção Geral de Alimentação e Veterinária. Ministério da Agricultura e do Mar. Lisboa.

Rodrigues, M. Â (Coord.), Gouveia, M. E., Coelho, V., Moura, L. (2017). Manual Técnico Amendoeira: Estado da Produção. Capítulo 11 – Doenças. Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos. Pág. 388-463

Serrão, J. V. (2007). "A agricultura portuguesa no século XVIII: progresso ou atraso?", in Márcia Motta (org), *Terras lusas: a questão agrária em Portugal*, Rio de Janeiro, Editora da UFF, pp. 31-70.

Legislação referida neste documento

Decreto-lei n.º 37/2013, de 13 de março. Diário da República - 1ª Série – N.º 51, 13 de março de 2013. Ministério da Agricultura, do mar, do ambiente e do ordenamento do território. Procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 256/2009, de 24 de setembro, que estabelece o regime das normas técnicas aplicáveis à proteção integrada, à produção integrada e ao modo de produção biológico, conformando-o com a disciplina da Lei n.º 9/2009, de 4 de março, e do Decreto-Lei n.º 92/2010, de 26 de julho, que transpuseram as Diretivas n.ºs 2005/36/CE, de 7 de setembro, e 2006/123/CE, de 12 de dezembro, relativas ao reconhecimento das qualificações profissionais e aos serviços no mercado interno. pp 1608 – 1619

Decreto-lei n.º 86/2010, de 15 de julho. Diário da República - 1ª Série – N.º 136, 15 de julho de 2010. Ministério da agricultura, do desenvolvimento rural e das pescas. Lisboa que transpõe a Diretiva 2009/128/CE, 21 de outubro de 2009, do Parlamento Europeu e do Conselho. Estabelece um quadro de ação a nível comunitário para uma utilização sustentável dos pesticidas. pp 2634 - 2641

Decreto-Lei n.º 256/2009 de 24 de setembro. Diário da República, 1.ª série — N.º 186, 24 de setembro de 2009. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Estabelece os princípios e orientações para a prática da proteção integrada e produção integrada, bem como o regime das normas técnicas aplicáveis à proteção integrada, produção integrada e modo de produção biológico, e cria, igualmente, um regime de reconhecimento de técnicos em proteção integrada, produção integrada e modo de produção biológico, no âmbito da produção agrícola primária, e revoga o Decreto-Lei n.º 180/95, de 26 de julho. pp 6852 – 6857

Diretiva 2009/128/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de outubro de 2009, que estabelece um quadro de ação a nível comunitário para uma utilização sustentável dos pesticidas (JO L 309, 24.11.2009, p.71).

Lei n.º 26/2013, de 11 de abril. Diário da República, 1.ª série — N.º 71, 11 de abril de 2013 Assembleia da República. Regula as atividades de distribuição, venda e aplicação de produtos fitofarmacêuticos para uso profissional e de adjuvantes de produtos fitofarmacêuticos e define os procedimentos de monitorização à utilização dos produtos fitofarmacêuticos, transpondo a Diretiva n.º 2009/128/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro, que estabelece um quadro de ação a nível comunitário para uma utilização sustentável dos pesticidas, e revogando a Lei n.º 10/93, de 6 de abril, e o Decreto-Lei n.º 173/2005, de 21 de outubro. pp 2100 – 2125

Regulamento de Execução (UE) 2019/2164 da Comissão de 17 de dezembro de 2019, que altera o Regulamento (CE) n.º 889/2008 que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no respeitante à produção biológica, à rotulagem e ao controlo (JO L 328 de 18.12.2019, p.61).

Regulamento (UE) 2018/848, do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho (JO L 150 de 14.6.2018, p.1).

Regulamento (CE) n.º 1107/2009, do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de outubro de 2009, relativo à colocação dos produtos fitofarmacêuticos no mercado e que revoga as Diretivas 79/117/CEE e 91/414/CEE do Conselho (JO L 309/1 de 24.11.2009, p.1).

Regulamento (CE) n.º 889/2008, de 5 de setembro, do Conselho Europeu. Jornal Oficial da União Europeia. Estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no que respeita à produção biológica, à rotulagem e ao controlo (JO L 250 de 18.9.2008, p.1).

Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho, de 28 de junho de 2007, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CEE) n.º 2092/91 (JO L 189 de 20.7.2007, p.1).

Regulamento (CEE) n.º 2078/92, do Conselho de 30 de junho de 1992, relativo a métodos de produção agrícola compatíveis com as exigências da proteção do ambiente e à preservação do espaço natural (JO L 215, 30. 7. 1992, p.85).

Sites consultados:

Amaro, P. (2003a). A Proteção Integrada. ISA/PRESS. Disponível em: http://www.isa.utl.pt/files/pub/ISAPRESS/PDF_Livros_ProfPedroAmaro/Proteccao_Integrada.pdf (consultado a 8 de fevereiro 2021)

Amaro, P. (2003b). A redução dos riscos dos pesticidas pela proteção integrada. ISA/PRESS. Disponível em: http://www.isa.utl.pt/files/pub/ISAPRESS/PDF_Livros_ProfPedroAmaro/Reducao_Riscos_Pesticidas.pdf (consultado a 6 de fevereiro 2021)

[Anipla] Associação Nacional da Indústria para a Proteção das Plantas. O Impacto da Redução de Aplicação de Produtos Fitofarmacêuticos na Produção Vegetal. Disponível em: <https://anipla.com/estudoanipla2020/> (consultado a 22 de fevereiro 2021)

Avillez, F. (2016). A Agricultura Portuguesa: As últimas décadas e perspetivas para o futuro. Fundação Francisco Manuel dos Santos. Disponível em: https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=lang_pt&id=rtokDAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=a+evolu%C3%A7%C3%A3o+da+agricultura+em+Portugal&ots=ltvbTMprKg&sig=rRR7jYJr30h89T1OOe0tMI2nkEo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true

Batista, F. O. (1994). A agricultura e a questão da terra — do Estado Novo a Comunidade Europeia**. Análise Social, vol. XXIX (128), 1994 (4.º), 907-921. Disponível em: <http://analisesocial.ics.ul.pt/documentos/1223377943B0oKY7II2Yf98UQ6.pdf> (consultado a 24 de março 2021)

[DGADR] Direção Geral da Agricultura (2019). A Produção Biológica em Portugal. Disponível em: <https://www.dgadr.gov.pt/estrategia-nacional-para-a-agricultura-biologica> (consultado a 4 de maio 2021)

European Commission (2020). Questions and Answers: EU Biodiversity Strategy for 2030 - Bringing nature back into our lives. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_886 (consultado a 14 de abril 2021)

[FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Disponível em: <http://www.fao.org/state-of-biodiversity-for-food-agriculture/en/> (consultado a 8 de abril 2021)

Simões, J. S. (2005). Utilização de produtos fitofarmacêuticos na agricultura. © SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação Consultadoria Empresarial e Fomento da Inovação, S.A. 1.ª edição. Porto. [Pág: 8]. Disponível em: https://www.drapc.gov.pt/base/geral/files/utilizacao_fitofarmaceuticos_agricultura.pdf (consultado a 5 de maio 2021)

Veiga, José Eli da. (2007). O Desenvolvimento Agrícola: uma visão histórica. 2. ed. São Paulo: Edusp. Disponível em: https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=lang_pt&id=gxP9a8JNPIEC&oi=fnd&pg=PA11&dq=enquadramento+hist%C3%B3rico+da+agricultura&ots=sSoG1mX3D1&sig=kjnAMMxgZLpDEmZcG8f9oilqk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

BIBLIOGRAFIA MÓDULO III

Aguiar et al., A., Godinho, M. C., Costa, C. A. (2005). Produção Integrada. SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação. Programa Operacional Agricultura e Desenvolvimento Rural. Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural e das Pescas. 1ª Edição. Porto.

Amaro, P. (2003). A Proteção Integrada. ISA/PRESS. ISBN: 972-8669-10-0

Cavaco, M. (2012). Normas Técnicas para a Produção Integrada de Prunóideas (Volume II) Ameixeira - Cerejeira – Damasqueiro - Ginjeira – Pessegueiro (Ao abrigo do art.º 11º do Decreto-Lei nº 256/2009, de 24 de setembro). Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Lisboa.

Cavaco, M., Jordão, P., Sousa, R. (2006a). Produção Integrada das Culturas de Prunóideas, Ameixeira-Cerejeira-Damasqueiro-Pessegueiro. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direção-Geral de Proteção das Culturas. Oeiras.

Cavaco, M., Pinto, M. H. (2006b). Métodos de Previsão e Evolução dos Inimigos das Culturas - Pomóideas -. Serviço Nacional de Avisos Agrícolas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direção-Geral de Proteção das Culturas. Oeiras.

Cavaco, M., Calouro, F. (2006c). Requisitos Mínimos para o Exercício da Produção Integrada - Culturas para as quais ainda não existem normas oficiais estabelecidas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direção-Geral de Proteção das Culturas. Oeiras.

Coutinho, C. (2007). Artrópodes Auxiliares na Agricultura. Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte (DRAPN). Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas. ISBN: 978-972-8506-72-8.

[DGADR] Direção-Geral de Agricultura e do Desenvolvimento Rural (2010). Produção Integrada das Culturas de Milho e Sorgo (ao abrigo do art.º 11º do Decreto-Lei nº 256/2009, de 24 de setembro). Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I.P. ISBN 978-972-8649-97-5. Lisboa.

[DGAV] Direção Geral de Alimentação e Veterinária (2016). Estratégia de Proteção Fitossanitária/Proteção Integrada (PI). Divisão de Gestão e Autorização de Produtos Fitofarmacêuticos. Lisboa.

[DGAV] Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (2011). Normas de Produção Integrada – Componente Animal. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa.

Félix, A. P., Cavaco, M. (2008). Manual de Proteção Fitossanitária para a proteção integrada e Agricultura Biológica de Prunóideas. Ameixeira-Cerejeira-Damasqueiro-Ginjeira-Pessegueiro. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Lisboa.

Gomes, H. B., Fernandes, I., Cavaco, M. (2010). Produção Integrada das Culturas de Milho e Sorgo. Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa.

Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva – Manual de fertilização das culturas. 2ª Edição. Lisboa: INIAP / LQARS. 2006. 282 p. ISBN 989-95131-0-5

Oliveira, A.B., Barata, A., Prates, A., Mendes, F., Bento, F., Cavaco, M. (2014). Proteção Integrada das Culturas Volume I – Conceitos e princípios. Direção Geral de Alimentação e Veterinária. Ministério da Agricultura e do Mar. Lisboa

Tarrafa, L., Filipe, C., Pacheco, J.M. (2017). Modelos Tradicionais e Agricultura Sustentável. *Voz da Terra*. 80. 9-24.

Pesquisa internet:

Amaro, P. (2003). A redução dos riscos dos pesticidas pela proteção integrada. ISA/PRESS. Disponível em: http://www.isa.utl.pt/files/pub/ISAPRESS/PDF_Livros_ProfPedroAmaro/Reducao_Riscos_Pesticidas.pdf (consultado a 21 de março 2021)

Biodiversity 4all. Família Carabidae. Disponível em: <https://www.biodiversity4all.org/taxa/49567-Carabidae> (consultado a 15 de março 2021)

BIOSANI – Agricultura Biológica e Proteção Integrada Lda. Kit armadilha Tephri com iscos para Mosca-do-Mediterrâneo. Disponível em: <http://proteccaointegrada.biosani.com/defaultProductViewOne.asp?categoryID=309&productID=500&productcategoryID=316> (consultado a 2 de abril 2021)

[DGDADR] Direção-Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural. Produção Integrada. Disponível em: <https://www.dgadr.gov.pt/sustentavel/ap-tec-reconh-tecnicos/producao-integrada>. (consultado a 11 de março 2021)

[DRAPN] Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas/ DRAP-Norte/ Divisão de Proteção e Controlo Fitossanitário/ Estação de Avisos de Entre Douro e Minho/. Textos de divulgação técnica da Estação de Avisos de Entre Douro e Minho n.º 6/ 2010 (II Série) junho. Disponível em: http://geo.drapn.min-agricultura.pt/agri/archivos/folletos/1285324880_MA.pdf (consultado a 15 de maio 2021)

Gomes H. B., Rocha C. (2006). Métodos de previsão e evolução dos inimigos das culturas – Arroz. Serviço Nacional de Avisos Agrícolas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas Direção-Geral de Proteção das Culturas. Oeiras. Disponível em: https://www.drapc.gov.pt/base/documentos/manual_snna_arroz.pdf (consultado a 15 de março 2021)

Lindemberg A., Mesquita M., Miranda F. R., Martins M. V. V. (2011). Impacto do Manejo Integrado de Pragas na Redução do Uso de Agrotóxicos em Cultivo Protegido do Tomateiro. Comunicado Técnico n.º 176. Embrapa. Fortaleza, CE. ISSN 1679-6535 Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15439752.pdf> (consultado a 16 de junho 2021)

Mendes F., Cavaco M. (2009). Manual de Proteção Fitossanitária para Proteção Integrada e Agricultura Biológica do Olival. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Lisboa. Disponível em: <https://www.dgav.pt/wp-content/uploads/2021/01/MANUAL-DE-PROT-FITOS-P-PROT-INTEGR-E-AGRIC-BIOLOG-DO-OLIVAL.pdf> (consultado a 12 de maio 2021).

Patrício, F.R.A; Sinigaglia, C. É tempo de solarizar. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/solarizacao/index.htm. (consultado a 11 de março 2021)

Revista Jardins. Pragas e Doenças - Combata a Cochonilha de S. José. Disponível em: <https://revistajardins.pt/combata-cochonilha-s-jose/> (consultado a 15 de março 2021)

Legislação referida neste documento

Decreto-Lei n.º 82/2017 de 18 de julho. Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural. Diário da República, 1.ª série — N.º 137 — 18 de julho de 2017. Estabelece o regime jurídico das fruteiras e cria o Registo Nacional de Variedades de Fruteiras, transpondo as Diretivas de Execução n.ºs 2014/96/UE, 2014/97/UE e 2014/98/UE, da Comissão.

Decreto-Lei n.º 81/2013 de 14 de junho. Diário da República n.º 113/2013, Série I de 2013-06-14. Aprova o novo regime de exercício da atividade pecuária e altera os Decretos-Leis n.º 202/2004, de 18 de agosto, e n.º 142/2006, de 27 de julho.

Decreto-Lei n.º 314/2009, de 28 de outubro. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Diário da República, 1.ª série — N.º 209 — 28 de outubro de 2009. Transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2009/9/CE, da Comissão, de 10 de fevereiro, que altera a Diretiva n.º 2001/82/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de novembro, que estabelece um código comunitário relativo aos medicamentos veterinários, e procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 148/2008, de 29 de julho.

Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de outubro. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Diário da República, 1.ª série — N.º 192 — 2 de outubro de 2009.

Decreto-lei n.º 256/2009, de 24 de setembro. Diário da República - 1ª Série - N.º 186 - 24 de setembro de 2009. Lisboa. Estabelece os princípios e orientações para a prática da proteção integrada e produção integrada, bem como o regime das normas técnicas aplicáveis à proteção integrada, produção integrada e modo de produção biológico, e cria, igualmente, um regime de reconhecimento de técnicos em proteção integrada, produção integrada e modo de produção biológico, no âmbito da produção agrícola primária, e revoga o Decreto-Lei n.º 180/95, de 26 de julho. Alterado e republicado pelo Decreto-lei n.º 37/2013, de 13 de março.

Decreto-lei nº148/2008, de 29 de julho. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Diário da República - I Série- N.º 145 — 29 de julho de 2008. Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2004/28/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de março, e parcialmente a Diretiva n.º 2001/82/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de novembro, que estabelece um código comunitário relativo aos medicamentos veterinários, e a

Diretiva n.º 2006/130/CE, da Comissão, de 11 de dezembro, que determina os critérios de isenção da receita veterinária para determinados medicamentos veterinários aplicáveis a animais produtores de alimentos, e revoga os Decretos-Leis n.ºs 146/97, de 11 de junho, 184/97, de 26 de julho, 232/99, de 24 de junho, 245/2000, de 29 de setembro, 185/2004, de 29 de julho, e 175/2005, de 25 de outubro.

Decreto – Lei n.º 151/2005 de 30 de agosto. Diário da República - I Série- A - N.º 166 - 30 de agosto de 2005. Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 90/167/CEE, do Conselho, de 26 de março, que estabelece o regime jurídico do fabrico, colocação no mercado e utilização de alimentos medicamentosos para animais, revogando a Portaria n.º 327/90, de 28 de abril.

Decreto-Lei n.º 94/98, de 15 de abril. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Diário da República — I Série- A - N.º 88 — 15-4-1998.

Decreto-Lei n.º 236/98, de 01 de agosto. Ministério do Ambiente. Diário da República — I Série- A - N.º 176 - 1-8-1998. Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Revoga o Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de março.

Despacho n.º 1230/2018, de 5 de fevereiro. Ambiente e Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural. Gabinetes dos Secretários de Estado do Ambiente e das Florestas e do Desenvolvimento Rural. Diário da República, 2.ª série — N.º 25 — 5 de fevereiro de 2018. Aprova o Código de Boas Práticas Agrícolas.

Despacho 3277/2009, de 26 de janeiro. Diário da República - 2.ª Série, N.º 17, de 26.01.2009. Estabelece os requisitos complementares sobre o registo dos medicamentos veterinários, de prescrição obrigatória, destinados a animais de exploração cujo fim é o consumo humano.

Despacho n.º 10935/2005, de 22 de abril. Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica. Diário da República — II Série - N.º 94 — 16 de maio de 2005. Aprova o símbolo que se destina a assinalar os produtos agrícolas e os produtos alimentícios obtidos de acordo com as regras de produção integrada.

Diretiva 2009/128/CE, de 21 de outubro, do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de outubro de 2009 que estabelece um quadro de ação a nível comunitário para uma utilização sustentável dos pesticidas. Jornal Oficial da União Europeia. L 309/71. Lisboa.

Diretiva n.º 90/167/CEE, do Conselho, de 26 de março de 1990. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. N.º L 92/42. Estabelece as condições de preparação, colocação no mercado e utilização dos alimentos medicamentosos para animais na Comunidade.

Lei n.º 26/2013 de 11 de abri. Assembleia da República. Diário da República, 1.ª série — N.º 71 — 11 de abril de 2013. Regula as atividades de distribuição, venda e aplicação de produtos fitofarmacêuticos para uso profissional e de adjuvantes de produtos fitofarmacêuticos e define os procedimentos de monitorização à utilização dos produtos fitofarmacêuticos, transpondo a Diretiva n.º 2009/128/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro, que estabelece um quadro de ação a nível comunitário para uma utilização sustentável dos pesticidas, e revogando a Lei n.º 10/93, de 6 de abril, e o Decreto -Lei n.º 173/2005, de 21 de outubro.

Portaria n.º 637/2009 de 9 de junho. Diário da República, 1.ª série — N.º 111 — 9 de junho de 2009. Estabelece as normas regulamentares aplicáveis à atividade de detenção e produção pecuária ou atividades complementares de animais de espécies avícolas.

Portaria n.º 79/2022 de 3 de fevereiro. Diário da República n.º 24/2022, Série I de 2022-02-03. Define o regime aplicável à gestão de efluentes pecuários, revogando as Portarias n.os Portaria n.º 631/2009, de 9 de junho, e Portaria n.º 114-A/2011, de 23 de março. páginas 30 - 58

Portaria 229-B/2008, de 6 de março. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Diário da República, 1.ª série — N.º 47 — 6 de março de 2008. Aprova o Regulamento de Aplicação da Medida n.º 2.2, «Valorização de Modos de Produção», do Subprograma n.º 2 do Programa de Desenvolvimento Rural do Continente (PRODER), Que Integra a Ação n.º 2.2.1, Designada «Alteração de Modos de Produção Agrícola», e a Ação n.º 2.2.2, Designada «Proteção da Biodiversidade Doméstica».

Portaria n.º 131/2005, de 2 de fevereiro. Ministério da Agricultura, Pescas e Florestas. Diário da República — I Série-B – N.º 23 — 2 de fevereiro de 2005. Aprova o Regulamento de Controlo e Certificação dos Produtos Agrícolas e dos Géneros Alimentícios Derivados de Produtos Agrícolas Obtidos através da Prática da Proteção Integrada e da Produção Integrada.

Regulamento (CE) n.º 1069/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro de 2009. Jornal Oficial da

União Europeia – L 300/1 - 14.11.2009. Define regras sanitárias relativas a subprodutos animais e produtos prestados não ao consumo humano e que revoga o Regulamento (CE) n.º 1774/2002 (regulamento relativo aos subprodutos animais).

Regulamento (CE) n.º 183/2005 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de janeiro de 2005. Jornal Oficial da União Europeia - L 35/1. Estabelece requisitos de higiene dos alimentos para animais.

Regulamento (CE) n.º 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 28 de janeiro de 2002. 2002R0178 — PT — 25.03.2008 — 003.001 — 1. Determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios.

BIBLIOGRAFIA MÓDULO IV

Cabo, P., Matos, A., Fernandes, A., Ribeiro, M. I. (2016). Portugal Biológico: Retrato da Agricultura em Modo de Produção Biológico em Portugal. 01 Manexo Agroecológico de Sistemas. Grupo de Investigación en Economía Ecológica, Agroecología e História. Universidade de Vigo. FCEE. [Pág. 88-101].

Costa C.A. (Coord.), Correia H.E., Correia P., Costa D., Gaião D., Guiné R., Coelho C., Costa, J.M., Monteiro A., Oliveira J., Pinto A., Rodrigues P., Castro M., Guerra L.T., Seeds C., Coll C., Macdonald J., Radics L., Soyly S., Arslan M., Tóthová M., Tóth P., Basile S. (2016). Organic Farming e-book. Estrategia y Organización S. A. (EOSA)/Instituto Politécnico de Viseu (IPV), Vigo.

Coutinho, N.R.X. (2016). Monda de infestantes em Agricultura Biológica - Avaliação de diferentes técnicas em alface (*Lactuca sativa*) e cebola (*Allium cepa*). Tese de Mestrado em Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 87 pp.

Dias, Â.; Cabral, R., Tarrafa, L. (2021). Medidas Agro-ambientais, no Período de Transição da PAC: Regras e Novos Compromissos. Voz da Terra. **102**: 9-24.

Dias, Â.; Cabral, R., Filipe, J. (2017). Agricultura Biológica – Estratégia Nacional, Medidas de Apoio e Situação na EU. Voz da Terra. **83**: 9-24.

Ferreira, J.; Cunha-Queda, A. C.; Hickel, D.; Marques, G.; Mourão, I. M.; Brito, L. M. (2021a). Agricultura Biológica - Boas práticas agrícolas para o solo e para o clima. ISBN: 9789899017511, 228 pp.

Ferreira, J., Lopes, A., Rodrigues, P., Batista, M., Fialho, A., Silva, N., Ramos, M. (2021b). Contributo da Agricultura Biológica para a diversidade das explorações agrícolas inseridas em áreas de Rede Natura 2000. AGROBIO- Associação Portuguesa de Agricultura Biológica. Lisboa.

Ferreira, J. (coord.) et al., (2009). Conceitos de agricultura biológica in “As bases da agricultura Biológica”. Tomo I - Produção Vegetal. EDIBIO (Eds), ISBN: 978-972-99697-1-3. pp 14-54; 431-451

Ferreira, J.C.; Strecht, A.; Soeiro, A.; Cotrim, G. (1999). Manual de agricultura biológica. Fertilização e proteção das plantas para uma agricultura sustentável, AGROBIO (Associação Portuguesa e Agricultura Biológica) (Eds), Rainho e Neves Lda, Portugal, Lisboa, ISBN 972-97853-0-9, 431 pp.

Fonseca, A. L., Vizinho, A., Paiva, L., Roxo, M. J. (2017). Fichas de Boas Práticas para a Conservação do Solo e da Água em Meios Semiáridos – Sector das Florestas e Agricultura. FCSH – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

Franco, J.C. (2010). Infraestruturas ecológicas e limitação natural dos inimigos das culturas fruteiras. 2º Simpósio Nacional de Fruticultura Castelo branco. Departamento de Proteção de Plantas e de Fitoecologia. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.

Godinho, C., Gonçalves, G. (2010). Manual de Boas Práticas – Compostagem. LPN – Liga para a Proteção da Natureza. Câmara Municipal de Castro Verde.

Lampkin, N.H. (1990). Organic farming. Farming Press, Ipswich, 701 pp.

Mourão, I. M. (Ed.) (2007). Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico. Projeto PO AGRO DE&D-747, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima/IPVC, Refóios, Ponte de Lima, ISBN: 978-972-97872-2-5, 198 pp.

Mourão, I., Araújo, J. P., Brito, M. L. (2006). Manual de Agricultura Biológica - Terras de Bouro. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima - ESAPL / IPVC. Projeto-piloto para a Conversão da Agricultura Tradicional em Modo de Produção Biológico. Câmara Municipal de Terras de Bouro

Romero CG, Iturri AB (2005) "Bioecología y Gestión Sanitaria". Control biológico y terapias naturales en la cria bovina ecológica, Editorial Agrícola Española S.A, 13-93

Serrador, F. (2009). A conversão à agricultura biológica in "As bases da agricultura Biológica", Tomo I, EDIBIO, 42-48.

Torres, L (Coord.), Rodrigues, Â., Cabanas, J. E. (2007). As Infestantes. Manual de Proteção Integrada do Olival. João Azevedo. 357-376.

Legislação referida neste documento

Regulamento de Execução (UE) 2019/2164 da Comissão de 17 de dezembro de 2019, que altera o Regulamento (CE) n.º 889/2008 que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no respeitante à produção biológica, à rotulagem e ao controlo (JO L 328 de 18.12.2019, p.61).

Regulamento (UE) 2018/848, do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho (JO L 150 de 14.6.2018, p.1).

Regulamento (CE) n.º 1099/2009 do Conselho, de 24 de setembro de 2009 relativo à proteção dos animais no momento da occisão (JO L 303 de 18.11.2009, p.1).

Regulamento (CE) n.º 889/2008, de 5 de Setembro, do Conselho Europeu. Jornal Oficial da União Europeia. Estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no que respeita à produção biológica, à rotulagem e ao controlo.

Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho, de 28 de junho de 2007 relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CEE) n.º 2092/91 (JO L 189 de 20.7.2007, p.1).

Regulamento (CE) n.º 1/2005 do Conselho de 22 de dezembro de 2004, relativo à proteção dos animais durante o transporte e operações afins e que altera as Diretivas 64/432/CEE e 93/119/CE e o Regulamento (CE) n.º 1255/97 (JO L 3 de 5.1.2005, p.1).

Sites consultados:

Comissão Europeia. Nova legislação a partir de 2022. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/organic-farming/future-organics_pt#newlegislation (consultado a 2 de outubro 2021)

[DGADR] Direção Geral da Agricultura (2019a). A Produção Biológica em Portugal. Disponível em: <https://www.dgadr.gov.pt/sustentavel/modo-de-producao-biologico> (consultado a 4 de abril 2021)

[DGADR] Direção Geral da Agricultura (2019b). Plano de Controlo em Regimes de Qualidade Domínio: Produção biológica e rotulagem dos produtos biológicos 2020-2022. Edição n.º 01. Disponível em: <https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/val/mpb/planocontroloMPB20202022.pdf> (consultado a 10 de abril 2021)

[DGADR] Direção Geral da Agricultura (2017a). Guia para o Produtor Biológico - Produção Vegetal e Animal. Disponível em: <https://www.dgadr.gov.pt/sustentavel/modo-de-producao-biologico> (consultado a 10 de abril 2021)

[DGADR] Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural (2017b). Nota - Modo de produção biológico: prados e pastagens, produção animal, pastoreio de animais e produção paralela. Disponível em: https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/val/mpb/Nota_DGADR_pecuaria_bio.pdf (consultado a 14 de outubro 2021)

[DGADR] Direção Geral da Agricultura. Guia de Produção Animal em Agricultura Biológica. Disponível em: https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/val/mpb/Guia_Producao_Animal_Agricultura_Biologica_.pdf (consultado a 16 de outubro 2021)

[DGADR] Direção Geral da Agricultura. Código de Boas Práticas Agrícolas. Disponível em: <https://www.dgadr.gov.pt/rec-hid/diretiva-nitratos/codigo-boas-praticas-agricolas> (consultada a 26 de outubro 2021)

EUROSTAT – European Statistical System. Agricultura Visão Geral. Disponível em: <http://ec.europa.eu/eurostat> (consultado a 14 de agosto 2021)

FiBL - Research Institute of Organic Agriculture. Disponível em: <http://www.fibl.org/en/homepage.html> (consultado a 14 de agosto 2021)

IFOAM EU Organics Europe. Disponível em: <http://www.ifoam-eu.org/> (consultado a 14 de agosto 2021)

[INE] Instituto Nacional de Estatística. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=ine_main&xpid=INE&xlang=pt (consultado a 07 de julho 2021)

SIFITO - Sistema de Gestão das Autorizações de Produtos Fitofarmacêuticos. Disponível em: <https://sifito.dgav.pt/divulgacao/produtos> (consultado a 16 de outubro 2021)

Sites de interesse:

Costa C.A. (Coord.), et al, 2016. E-book Agricultura biológica. Disponível em: <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/4071>

[FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015. Training Manual for Organic Agriculture. Disponível em: https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Compilation_techniques_organic_agriculture_rev.pdf
https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Compilation_techniques_organic_agriculture_rev.pdf

Ferreira, J. et al, 2021. Contributo da Agricultura Biológica para a diversidade das explorações agrícolas inseridas em áreas de Rede Natura 2000. AGROBIO- Associação Portuguesa de Agricultura Biológica. Disponível em: <https://agrobio.pt/wp-content/uploads/2021/01/Manual-Contributo-da-Agricultura-Biologica-para-a-diversidade-das-exploracoes-agricolas-inseridas-em-areas-de-Rede-Natura-2000.pdf>

Mourão, I. M. (Ed.) (2007). Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/olericultura/livros/MANUAL%20DE%20HORTICULTURA%20NO%20MODO%20DE%20PRODUCAO%20BIOLOGICO.pdf>

BIBLIOGRAFIA MÓDULO V

CAPÍTULO V.1.

Bourguignon, D. (2016). Closing the loop: New circular economy package. *European Parliamentary Research Service*, 9.

Brito, A. & Almeida, C. (2019). A visão da CAP sobre Economia Circular no sector Agroalimentar. *Comunicação apresentada no Colóquio “A Economia Circular no Sector Agroalimentar”*. Auditório Ordem dos Engenheiros, Lisboa, Portugal.

Comissão Europeia. (2015). Circular Economy Package: Questions & Answers. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_15_6204

Ellen MacArthur Foundation. (2015). Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition.

EY-AM&A & 3Drivers. (2018). Estudo sobre a relevância e impacto do setor dos resíduos em Portugal na perspetiva de uma Economia Circular (Relatório final). *Associação Smart Waste Portugal*, 1-200

Fitas da Cruz, V. (2018). Aproximação ao Modelo de Economia Circular. Palestra proferida no Workshop Internacional “Economia Circular”. outubro de 2018. UFLA, MG, Brasil.

Magalhães, B., Cruz, V. F., & Ascenço, C. (2017a). Relatório de caracterização da economia circular. *Alentejo Circular: Promoção da Economia Circular nas explorações agrícolas e agroindústrias do Alentejo*, 1-110.

Magalhães, B., Cruz, V. F., & Ascenço, C. (2017b). Relatório de boas práticas de utilização eficiente de recursos e valorização de resíduos e subprodutos. *Alentejo Circular: Promoção da Economia Circular nas explorações agrícolas e agroindústrias do Alentejo*, 1-80.

Martins, M. F. S. (2020). *Poluição por plástico. A crise ambiental e as políticas europeias e nacionais* (Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências Sociais e Humana).

Ministério do Ambiente. (2016). Liderar a Transição: Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal: 2017-2020.

Schulze, G. (2016). Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe. *Ellen MacArthur Foundation and the McKinsey Center for Business and Environment*, 1-22.

Teixeira, J. P., Pereira, M., & Teixeira, J. A. (2019). Economia Circular na Região de Lisboa e Vale do Tejo: Práticas e Orientações para as Autarquias. Comissão de Coordenação e desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo.

CAPÍTULO V.2.

Adeyemi, O., Grove, I., Peets, S., & Norton, T. (2017). Advanced monitoring and management systems for improving sustainability in precision irrigation. *Sustainability*, 9(3), 353.

[APA] Agência Portuguesa do Ambiente. (2012). Programa nacional para o uso eficiente da água: implementação 2012-2020. *Ministério da Agricultura, do Mar, do ambiente e do Ordenamento Território, Governo de Portugal*.

[APA] Agência Portuguesa do Ambiente. (2021a). Política climática da União Europeia. Disponível em: <https://apambiente.pt/clima/politica-climatica-da-uniao-europeia>

[APA] Agência Portuguesa do Ambiente. (2021b). Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050. Disponível em: <https://apambiente.pt/clima/roteiro-para-neutralidade-carbonica-2050>

[AEA] Agência Europeia do Ambiente. (2012). A água na agricultura. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/downloads/eea22642213e44a6abeb1a675507589a/1575969755/a-agua-na-agricultura.pdf>

[AEA] Agência Europeia do Ambiente. (2019). A eficiência na utilização dos recursos e os resíduos. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/pt/themes/waste/intro>

Barros, M., & Robalo, M. (2012). Eficiência – Análise e Metodologias. Disponível em: https://www.instituto-camoes.pt/images/cooperacao/doc_trabalho7_2012.pdf

Campos, J. (2015). Eficiência Energética na Agricultura. In AGROTEC nº 10. [CAP] Confederação dos Agricultores de Portugal. (2021). A energia e a inovação no setor agroalimentar. *Comunicação apresentada no Colóquio "Eficiência energética no setor agroalimentar – investigação, impacto e soluções"*. Auditório Ordem dos Engenheiros, Lisboa, Portugal.

[CCE] Comissão das Comunidades Europeias. (2008). *Follow up Communication on Water Scarcity and Droughts in the European Union COM (2007) 414 final*, [SEC(2008) 3069], Brussels.

Comissão Europeia. (2011). Eficiência na utilização dos recursos: um imperativo comercial. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/documents/factsheet_pt.pdf

Confienenergy. (2019). Como poupar energia na agricultura. Disponível em: <https://www.confienenergy.pt/pt/noticias/186/como-poupar-energia-na-agricultura->

C-The Consumer Intelligence Lab., Correia, C., & Dias, F. (2020). *O Uso da Água Em Portugal: Olhar, Compreender e Atuar com os protagonistas chave*. Fundação Calouste Gulbenkian e Return On Ideas.

Gomes, J. R. (2017). Eficiência Energética na Agricultura. In *Jornal Terras do Demo*. Disponível em: <https://www.phosphorland.pt/eficiencia-energetica-na-agricultura/>

Hsiao, T.C.; Steduto, P. & Fereres, E. (2007). A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrigation Science*, vol. 25, p. 209–231.

- [ILO] International Labour Office. (2011). *Study of occupational and skill needs in renewable energy: final report / International labour office, ILO skills and employability Department (EMP/SKILLS), European Commission*. Genebra.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2011). *Special report on renewable energy sources and climate change mitigation*, prepared by the Working Group III of the Intergovernmental panel on climate change. Genebra.
- Magalhães, B., Cruz, V. F., & Ascenço, C. (2017). Relatório sobre oportunidades para a economia circular. *Alentejo Circular: Promoção da Economia Circular nas explorações agrícolas e agroindústrias do Alentejo*, 1-61.
- Mendonça, A. M. R. (2016). *Promoção do uso eficiente de água e de energia em unidades de produção vitivinícola: estudo dos casos da Herdade dos Grous e Herdade da Mingorra*. (Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. Lisboa).
- Observatório da Energia., DGEG., & ADENE. (2020). Energia em números – Edição 2020. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/media/43zf5nvd/energia-em-n%C3%BAmoros-edi%C3%A7%C3%A3o-2020.pdf>
- Reis, P. (2020). Fontes de energia – Tudo sobre energias renováveis. In *Portal Energia*. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/fontes-de-energia/>
- Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050). (2019). *Estratégia de Longo Prazo para a Neutralidade Carbónica da Economia Portuguesa em 2050*. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RNC2050_PT-22-09-2019.pdf
- Santonja, G. G., Karlis, P., Stubdrup, K. R., Brinkmann, T., & Roudier, S. (2019). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries. *Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*.
- Silva, L. L., Baptista, F., Cruz, V. F., & da Silva, J. R. M. (2020). Aumentar as competências dos agricultores para a prática de uma agricultura sustentável. *Revista de Ciências Agrárias*, 43(2), 240-252.
- Vasconcelos, J. (2019). *A energia em Portugal*. Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Zarco-Tejada, P. J., Hubbard, N., & Loudjani, P. (2014). Precision agriculture: An opportunity for EU farmers – potential support with the CAP 2014-2020. *Joint Research Centre (JRC) of the European Commission*.
- ## CAPÍTULO V.3.
- [APA] Agência Portuguesa do Ambiente. (2015). Resíduos excluídos do âmbito de aplicação do RGGR. Biomassa na aceção do REI. Conceitos de Biorresíduos e Resíduos Biodegradáveis. *Ministério da Agricultura, do Mar, do ambiente e do Ordenamento Território, Governo de Portugal*.
- [APA] Agência Portuguesa do Ambiente. (2017). Guia de Classificação de Resíduos. *Ministério da Agricultura, do Mar, do ambiente e do Ordenamento Território, Governo de Portugal*.
- [APA] Agência Portuguesa do Ambiente. (2017b). Mecanismos de Desclassificação de Resíduos. *Ministério da Agricultura, do Mar, do ambiente e do Ordenamento Território, Governo de Portugal*.
- [APA] Agência Portuguesa do Ambiente. (2021). Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos (SIRER). Disponível em: <https://apambiente.pt/residuos/sistema-integrado-de-registo-electronico-de-residuos-sirer>
- Cruz, V. F. (2018). *Deliverable 3.3: Agricultural reuse of organic residuals. Lesson 5: Description of residues from livestock activities*. SAGRI Sustainable Agriculture.
- [DRAPLVT] Direção Regional de Agricultura e Pesca de Lisboa e Vale do Tejo. (2006). Resíduos produzidos na exploração agrícola, pecuária e similar. Disponível em: <http://www.draplvt.mamaot.pt/Ordenamento/Ambiente/Residuos-produzidos-exploracao/Pages/Residuos-produzidos-exploracao.aspx>
- Lopes, M. F. de S., & Siste, D. A. B. (2017). Viabilidade de compostagem na propriedade rural. *Políticas e Saúde Coletiva*, 2(4), 85-98.

Pedreño, J. N., Herrero, J. M., Lucas, I. G., & Beneyto, J. M. (1995). *Resíduos orgánicos y agricultura*. Universidad de Alicante.

Pinto, P. A., & Brito, A. G. (2005). Plano Estratégico de Resíduos Agrícolas - PERAGRI. Versão preliminar 2. In *Planos estratégicos de gestão de resíduos*. Póvoa de Varzim, Portugal.

Ribeiro, H. R. & Sobral, P. R. (2003). Gestão de Resíduos Não Orgânicos da Actividade Agrícola (RNOA). In *II Seminário em agricultura sustentável e ambiente*, p. 20-24.

Viegas, S. (2017). Estudo e análise de legislação nacional e comunitária em matéria de economia circular. *Alentejo Circular: Promoção da Economia Circular nas explorações agrícolas e agroindústrias do Alentejo*, 1-104.

CAPÍTULO V.4.

Abreu, L. C. (2015). O princípio do poluidor pagador: um imperativo de segurança marítima. *Lusíada, Direito e Ambiente*, (2-3), 195-205.

[DGAE] Direção Geral das Atividades Económicas. (s.d). Sistemas específicos de gestão de resíduos. Disponível em: https://www.dgae.gov.pt/servicos/sustentabilidade_empresarial/economia-circular/residuos/sistemas-especificos-de-gestao-de-residuos.aspx

Fitas da Cruz, V. (2020). Maneio e Gestão de Efluentes – Projetos de Instalações Pecuárias.

Fragkou, M. C., Vicent, T., & Gabarrell, X. (2010). A general methodology for calculating the MSW management self-sufficiency indicator: application to the wider Barcelona area. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(6), 390-399.

Goncalves, M. S. (2005). Gestão de resíduos orgânicos, ed. SPI–Sociedade Portuguesa de Inovação, Principia. *Publicações Universitárias e Científicas*.

Kolikkathara, N., Feng, H., & Stern, E. (2009). A purview of waste management evolution: Special emphasis on USA. *Waste management*, 29(2), 974-985.

Lopes, D. R. (2010). *Gestão ambiental: implementação de um plano de gestão de resíduos* (Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa. Faculdade de Medicina Veterinária).

Luken, R. A. (2009). Equivocating on the polluter-pays principle: The consequences for Pakistan. *Journal of environmental management*, 90(11), 3479-3484.

Marques, I. P; Ferreira, A; Fitas da Cruz, V. (2004). Estação de Tratamento de Efluentes de Suinicultura da Santagro. Relatório referente ao Estudo Prévio encomendado pela empresa Santagro. INETI. 46 p.

Oliveira, A. D. A. (2010). *Sistemas de gestão integrada de resíduos urbanos: um estudo de caso realizado no Concelho de Sátão* (Tese de Doutoramento, Universidade Aberta).

Ribeiro, H. R. & Sobral, P. R. (2003). Gestão de Resíduos Não Orgânicos da Actividade Agrícola (RNOA). In *II Seminário em agricultura sustentável e ambiente*, p. 20-24.

Tinoco, J. E. P., & Kraemer, M. E. P. (2004). Contabilidade e gestão ambiental. In *Contabilidade e gestão ambiental* (pp. 303-303).

Williams, P. T. (2005). *Waste treatment and disposal*. John Wiley & Sons.

CAPÍTULO V.5.

Brito, L. M. (2006). Compostagem para a agricultura biológica. *Manual de Agricultura Biológica-Terras de Bouro*. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima/IPVC, 1-21.

Brito, L. M. (2017). Compostagem, Fertilização do Solo e Substratos. *Publindústria, Edições Técnicas*.

Carneiro, J. P. (2012). Valorização agrícola de resíduos orgânicos e emissões de gases com efeito de estufa. *I Ciclo de Conferências: Conselho Técnico-Científico: temas atuais em investigação*, 45-51.

Christian, A. H., Evanylo, G. K., & Pease, J. W. (2009). *On-Farm Composting: A Guide to Principles, Planning & Operations*.

Comissão Europeia, Joint Research Centre, European IPPC Bureau, Documento de Referência das Melhores Técnicas Disponíveis para as indústrias alimentar, bebidas e leite, Primeiro draft, janeiro de 2017.

Cordeiro, N. K., Cardoso, K. P. S., da Mata, T. C., de Araújo Barbosa, J., & Gonçalves Jr, A. C. (2020). Gestão de resíduos agrícolas como forma de redução dos impactes ambientais. *Revista de Ciências Ambientais*, 14(2), 23-34.

[DRAPLVT] Direção Regional de Agricultura e Pesca de Lisboa e Vale do Tejo. (2006). Resíduos produzidos na exploração agrícola, pecuária e similar. Disponível em: <http://www.draplvt.mamaot.pt/Ordenamento/Ambiente/Residuos-produsidos-exploracao/Pages/Residuos-produsidos-exploracao.aspx>

[EDIA] Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva. (2019). *Manual de boas práticas agroambientais*, vol. I. 1ª edição, EDIA e Trevo.

Freitas Lopes, J. I. (2008). *Valorização agrícola e avaliação da qualidade de matérias orgânicas fertilizantes*. (Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto. Faculdade de Ciências).

Goncalves, M. S. (2005). Gestão de resíduos orgânicos, ed. SPI–Sociedade Portuguesa de Inovação, Principia. *Publicações Universitárias e Científicas*.

Guo, R., Li, G., Jiang, T., Schuchardt, F., Chen, T., Zhao, Y., & Shen, Y. (2012). Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresource technology*, 112, 171-178.

Moço, E. A. D. S. (2012). *Projeto de uma unidade produtora de biogás*. (Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Tomar).

Ribeiro, W. & Spadotto, C. (2006). Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. 1ª edição, FEPAF. Botucatu.

Richard, T. L., Hamelers, H. V. M., Veeken, A., & Silva, T. (2002). Moisture relationships in composting processes. *Compost Science & Utilization*, 10(4), 286-302.

Rodrigues, M. S., Silva, F. D., Barreira, L. P., & Kovacs, A. (2006). Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. Botucatu: FEPAF, 63-94.

Santos, A. M. C. (2012). Avaliação do processo de compostagem de misturas com resíduos vegetais ricos em fitoquímicos (Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Viana do Castelo).

Sempiterno, C. (2016). Compostagem. *Vida Rural*, p. 30-32.

Silva, F. R. T. D. (2017). *Caracterização e valorização energética de resíduos da poda da vinha* (Dissertação de Mestrado, Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto).

Teixeira d’Azevedo, R. (2007). Gestão e valorização de resíduos. Disponível em: https://rta-consultoria.pt/wp-content/uploads/RTA_2007_Gestao-e-Valorizacao-de-Residuos.pdf

CAPÍTULO V.6.

Almeida, J. P. D. A. (2008). Produção intensiva de suínos: projecto de exploração (Bachelor’s thesis, Universidade Técnica de Lisboa. Faculdade de Medicina Veterinária).

Amendoeira, I. (2011). Sistema de Gestão Integrado Sustentável de Efluentes Agropecuários. (Dissertação de mestrado. Instituto Superior Técnico. Lisboa).

Andersen, A. (2001). Disposal and recycling routes for sewage sludge. *Scientific and technical sub-component report. European Commission DG Environment - B/2*.

Barbosa, J. (2008). Valorização de Lamas Provenientes do Tratamento de Águas Residuais. (Dissertação de mestrado.

Universidade Nova de Lisboa).

Basso, L. H., Braga, M. B., Calgaro, M., Simões, W. L., & Pinto, J. M. (2010). Cultivo da Videira: Irrigação e Fertirrigação. EMBRAPA – Sistema de Produção.

Bernal, M. P., Bescós, B., Burgos, L., Bustamante, M., Clemente, R., Fabbri, C., ... & Moscatelli, G. (2015). Evaluation of manure management systems in Europe. Relatório do Projeto LIFE09 ENV/ES/000453. 180 pp.

D'Azevedo, R. T. (2016). Gestão e valorização de lamas de ETAR.

[DGADR] Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. (s.d). Novo regime do exercício da atividade pecuária (NREAP). Disponível em: <https://www.dgadr.gov.pt/reap>

Freitas, F. (2004). Instalação de um sistema de tratamento de efluentes suínícolas na ilha da Madeira.

Gonçalves, M. S. (2005). Gestão de Resíduos Orgânicos.

Gonçalves, P., & Castro, I. V. (2004). Efeito da aplicação de lamas residuais urbanas na Diversidade da população rizobiana do solo. *Silva Lusitana*, 12(1), 95-104.

Gouveia, S. (2011). Caracterização do sector de suinicultura e Medidas de Acção em curso: Região Hidrográfica do Tejo e Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste. (Dissertação de mestrado. Universidade Nova de Lisboa).

Hjorth, M., Christensen, K. V., Christensen, M. L., & Sommer, S. G. (2011). Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice. In *Sustainable Agriculture Volume 2* (pp. 953-986). Springer, Dordrecht.

Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas [MADRP]. (1997). Código de Boas Práticas Agrícolas.

Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas [MADRP]. (2005). Biomassa e Energias renováveis na Agricultura, Pescas e Florestas. 92 pp.

Monteiro, S., Moreira, O., Duarte, E., Cupeto, C. A., & Figueiredo, M. J (2013). Terras & Efluentes (T&E) – uma mais valia para todos. *Suinicultura*, 25–26.

Pinto, L. (2014). Valorização Agrícola de Lamas de ETAR e Efluentes Pecuários. (Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra).

Risse, L. M., Cabrera, M. L., Franzluebbbers, A. J., Gaskin, J. W., Gilley, J. E., Killorn, R., ... & Zhang, H. (2006). Land application of manure for beneficial reuse.

Teixeira, J. (2011). Viabilidade Sócio-Económica da Implementação de Digestores Anaeróbios para o Tratamento de Resíduos Provenientes das Explorações Bovinas na Grande Área Metropolitana do Porto. (Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto).

United States Department of Agriculture (2011). Agricultural Waste Management: Field Handbook. Disponível em: <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=31481.wba>

Valente, B. S., Xavier, E. G., Morselli, T. B. G. A., Jahnke, D. S., Brum Jr, B., Cabrera, B. R., ... & Lopes, D. C. N. (2009). Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de zootecnia*, 58(224), 59-85.

VALORMED. (s.d). Veterinária. Disponível em: <http://www.valormed.pt/paginas/14/veterinaria>

Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. *Applied microbiology and biotechnology*, 85(4), 849-860.

CAPÍTULO V.7.

Ammonia Trapping. (s.d). Ammonia Trapping. Disponível em: <http://ammoniatrapping.com/?lang=en>

Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual review of energy and the environment*, 25(1), 313-337.

EDIA. (s.d). URSA – Unidades de Recirculação de Subprodutos de Alqueva. Disponível em: <https://www.edia.pt/ursa/index.html>

Fitas da Cruz, V. (2019). Animal waste management under the Circular Economy concept. Palestra proferida no Workshop Internacional “New Challenges for Animal Production and Animal Welfare”. Outubro de 2019. ICISE, Quy Nhon, Vietname.

INIAV. (s.d). GoEfluentes. Disponível em:

<https://projects.inia.pt/goefluentes/>

Magalhães, B., Cruz, V. F., & Ascenço, C. (2017a). Relatório de caracterização da economia circular. *Alentejo Circular: Promoção da Economia Circular nas explorações agrícolas e agroindústrias do Alentejo*, 1-110.

Mirata, M., & Emtairah, T. (2005). Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme. *Journal of cleaner production*, 13(10-11), 993-1002.

Rodrigues, M. A., Praça, P. & Arrobas, M. (2017). Composto Ferti Trás-os-Montes. Aplicação em culturas da região. Disponível em: <http://vozdocampo.pt/2020/06/30/composto-ferti-tras-os-montes-aplicacao-culturas-da-regiao/>

Royte, E. (2016). Este homem é o apóstolo contra o desperdício alimentar. Disponível em: <https://nationalgeographic.sapo.pt/historia/grandes-reportagens/1292-desperdicio-alimentos-2>

Silva, A. (2019). Projeto de Lei n.º 1049/XIII/4.^a – Visa a introdução de um logotipo que diferencie plásticos biodegradáveis dos plásticos “convencionais”. Disponível em: <https://app.parlamento.pt/webutils/docs/doc.pdf?path=6148523063446f764c324679595842774f6a63>

334e7a637664326c756157357059326c6864476c3259584d7657456c4a5353 39305a58683062

334d76634770734d5441304f53315953556c4a4c6d527659773d3d&fich=pjl1049-XIII.doc&Inline=true

Silva, B. (2020). Portugal só recicla 35% das embalagens de plástico. 50 empresas assinam Pacto para chegar a 70%. Disponível em: <https://eco.sapo.pt/2020/02/04/portugal-so-recicla-35-das-embalagens-de-plastico-50-empresas-assinam-pacto-para-chegar-a-70/>

Tecnimontemor. (2011). Novo resumo não técnico do estudo de impacte ambiental da bovinicultura do Vale da Lama D’Atela.

BIBLIOGRAFIA MÓDULO VI

Coelho, J. P. C., Silva, J. R. M (2009). Agricultura de Precisão. Associação dos Jovens Agricultores de Portugal. 1ª edição. Lisboa.

Gebbers, R. and Adamchuk, V.I., (2010), Precision Agriculture and Food Security, Science Vol. 327 no. 5967, pp. 828-831, DOI: 10.1126/science.1183899.

Silva, N. M. (2020). Agricultura de Precisão é o Caminho de Futuro. O Jornal Económico nº 2046. Pág. 8.

Pesquisa Internet:

CNH (s.d) Disponível em: <https://www.cnhindustrial.com/en-us/Pages/homepage.aspx> (consultado em maio 2021)

Digitanimal (s.d) Disponível em: <https://digitanimal.pt/> (consultado em maio 2021)

DRAPN (s.d) Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte. Disponível em: <http://www.drapn.min-agricultura.pt> (consultado em maio 2021)

[ISPAG] International Society of Precision Agriculture. Precision Ag Definition. Disponível em: <https://www.ispag.org/about/definition> (consultado em maio 2021)

John Deere (s.d). Disponível em: http://www.deere.com/common/docs/html/services_and_support/onscreen_help/16-1/pt/diagnostics_center/diagnostics_center_can_bus_info_general_isobus_info.htm (consultado em maio 2021)

Marketing Agrícola (2015). 5 vantagens da agricultura de precisão. Disponível em: <https://marketingagricola.pt/5-vantagens-da-agricultura-de-precisao/> (consultado em maio 2021)

Sentinel-hub playground Disponível em: <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/> (consultado em maio 2021)

Stara (s.d) Agricultura de precisão: Veris Ce – A inovação em sensoriamento do solo. Disponível em: <https://stara.com.br/produto/veris-ce/> (consultado em maio 2021)

Terrapro Disponível em: <https://terra-pro.net/> (consultado em maio 2021)

Tomix (s.d) Agricultura de precisão. Disponível em: <https://tomix.com.pt/> (consultado em maio 2021)

Trimble (2021a) Agriculture. Disponível em: <https://agriculture.trimble.com/> (consultado em maio 2021)

Trimble (2021b) Disponível em: <https://ag.trimble.com/weedseeker2-br> (consultado em maio 2021)

Vinescout (s.d) Disponível em: <http://vinescout.eu/web/> (consultado em maio 2021)

Voz do Campo (2020). A Agricultura de Precisão e a Reforma da PAC. Disponível em: <https://vozdocampo.pt/2020/10/13/a-agricultura-de-precisao-e-a-reforma-da-pac/> (consultado em maio 2021)

ACRÓNIMOS E SIGLAS

°C – Grau Celsius

A - Arenosa

AB - Agricultura Biológica

AC - Alterações Climáticas

AEA -Agência Europeia do Ambiente

AF - Areno-franca

AP - Agricultura de Precisão

ASAE - Autoridade de Segurança Alimentar e Económica

AT - Técnico Assistente

ATP - Adenosina trifosfato

BPCP - Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas

C:N - Relação Carbono/Azoto

Ca – Cálcio

CBPA - Código de Boas Práticas Agrícolas

CE - Comunidade Europeia

CE - Condutividade elétrica

CEa - Cartas de Condutividade Elétrica

CEE - Comunidade Económica Europeia

CH4 – Metano

cm – Centímetros

CN - Cabeça Normal

CNPPA - Centro Nacional de Proteção da Produção Agrícola

CNUCD - Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação

CO2 – Dióxido de Carbono

CO2eq- Dióxido de Carbono equivalente

CPV - Vírus da Poliedrose Citoplasmática

CQNUAC - Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas

CTC - Capacidade de troca catiónica

DGADR - Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural

DGAV - Direção-geral de Alimentação e Veterinária

DGPC - Direção-geral de Proteção das Culturas

DGPPA - Direção-geral de Proteção da Produção Agrícola

DPA - Débito Proporcional ao Avanço

DRAP - Direção Regional da Agricultura e Pescas

ECe - Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo

ECU - Engine Control Unit - Unidade de controle do motor

ENAB - Estratégia Nacional para a Agricultura Biológica

EP - Eficiência potencial

ERR - Entidade Reconhedora de Regantes

ESP - Percentagem de sódio de troca

ETAR's - Estacoes de Tratamento de Águas Residuais

ETC - Evapotranspiração da Cultura

F - Fahrenheit

F - Franca

FA - Franco-arenosa

FAO - "Food and Agriculture Organization" - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

FB - Fibra Bruta

FG - Franco-argilosa

FGA - Franco-argilo-arenosa

FGL - Franco-argilo-limosa

FIBL - Research Institute of Organic Agriculture

FL - Franco-limosa

G - Argilosa

GA - Argilo-arenosa

GEE - Gases de Efeito de Estufa

GL - Argilo-limosa

GNSS - Global Navigation Satellite System

GPS - "Global positioning system" – Sistema de posicionamento global

GSB - Grau de saturação em bases,

Gt - Gigatoneladas

GV- Vírus da Granulose

h – Horas

H2O – Água

ha - Hectares

HCl -Ácido clorídrico

hPa - hectopascais

IBBC - Implement Bus Breakaway Connector

ICI - Inibidores de Crescimento de Insetos

ICNF – Instituto de Conservação da Natureza e Floresta

IEE - Infra-estrutura ecológica

IFN - Inventário Florestal Nacional

IFOAM - International Federation of Organic Agriculture Movements

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPAC - Instituto Português da Acreditação e da Certificação

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

IPPC - International Plant Protection Convention

IQFP - Índice de Qualificação Fisiográfica

IS - Índice de saturação

ISPA - International Society of Precision Agriculture

K - kelvin

K - Potássio

Kcal/cm2 – Quilocaloria por centímetro quadrado

kcal/cm2/min - Quilocaloria por centímetro quadrado e minuto

Kg - Quilograma

Km – Quilometro

L – Limosa

L - Litros

l/m2 – Litro por metro quadrado

LMR - Limite Máximo de Resíduos

LQARS - Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva

m - Metros

M.O. – Matéria Orgânica

m/s – Metro por segundo

m2 – Metro quadrado

m3/ha – metro cubico por hectare

MADRP - Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas

mbar - Milibares

mg - miligrama

mm – Milímetros

mm Hg - milímetros de mercúrio

mm/h – Milímetros por hora

MPB - Modo de Produção Biológico

MPI - Modo de Proteção Integrada

MS - Matéria Seca

Mt CO₂eq – Mil toneladas de dióxido de carbono equivalente

N₂O – Óxido Nitroso

NDVI - Normalized Difference Vegetation Index - Índice de Vegetação com Diferença Normalizada

NEA - Nível económico de ataque

NPA - Nível Prejudicial de Ataque

NPV - Vírus da Poliedrose Nuclear

OC - Organismo de Controlo

OCC - Organismo de Controlo e Certificado

OFIS - Organic Farming Information System

OGM - Organismos Geneticamente Modificados

OILB - Organização Internacional de Luta Biológica

OMM - Organização Meteorológica Mundial

OPC - Organismo Privado de Controlo

p.p. - Ponto percentual

Pa - Pascal

PA - Plano de Ação

PAC - Política Agrícola Comum

PANCD - Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação

PF - Produtos fitofarmacêuticos

PIP - Proteínas incorporadas nas plantas

PRODI - Produção Integrada

PU - Pedido Único

pvc - Policloreto de vinila

RCI - Reguladores de Crescimento dos Insetos

REAP - Regime de exercício da atividade pecuária

RED - Registo de Existências e Deslocações

RNC – Roteiro para a Neutralidade Carbónica

RSG - Grupos de Solos de Referência

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SAG - Sistema de Apoio à Gestão

SAR - Razão de adsorção de sódio

SAU - Superfície agrícola utilizada

SIG - Sistema de informação geográfica

SIMA - Sistema de Informação de Mercados Agrícolas

SIRCA - Sistema de Informação Recolha de Cadáveres Animais

SNAAs - Serviço Nacional de Avisos Agrícolas

t/ha - Tonelada por hectare

TB – Temperatura Acumulada

TDRs – “Time domain reflectometry”

UA - Unidade de amostragem

UE - União Europeia

UN - Nações Unidas

UP - Unidade de Produção

USDA – “United States Department of Agriculture”

UV - Ultravioleta

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

VMA - Valor máximo admissível

VMR - Valor máximo recomendado

VRT - Variable Rate Technology

VT - Terminal virtual

WRB – “World Reference Base for Soil Resources”

Título: Agricultura Sustentável

Autores/Edição: CAP; CNA; AJAP; CONFAGRI e DGADR

Revisão Técnica:

- Módulo I.1: Maria da Conceição Gonçalves, Isabel Videira e Castro, e Pedro Jordão (INIAV)
- Módulos I.2, I.3 e I.4: Luís Conceição (ESA/IPP)
- Módulo II e III: Bárbara Oliveira (DGAV)
- Módulo IV: CNA e DGADR
- Módulo V: CAP
- Módulo VI: Luís Conceição (ESA/IPP)

Projeto: e-Formar Jovens Agricultores

- Operação: 20.2.4 - Assistência técnica RRN - Área 4 (Observação da agricultura e dos territórios rurais) / Anúncio: 03 / Operação 20.2.4/ 2019

Edição Gráfica: Luís Serra

Imagens: iStock.com (capa); iStock.com/sarayut (contracapa)

ISBN: 978-989-8539-13-7

03/2022

Entidades Financiadoras



PROGRAMA DE
DESENVOLVIMENTO
RURAL 2014 · 2020



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu Agrícola
de Desenvolvimento Rural
A Europa Investe nas Zonas Rurais

Parceiros



Direção-Geral de Agricultura
e Desenvolvimento Rural

