

NOÇÕES DE CARTOGRAFIA

Elsa Sampaio ems@uevora.pt

**Departamento de Geociências
Universidade de Évora**

2005

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO

2. PRINCÍPIOS DE ORIENTAÇÃO

3. FORMAS DE ORIENTAÇÃO

3.1 ROSA DOS VENTOS

3.2 ORIENTAÇÃO PELO SOL

3.3 PELA SOMBRA DE UMA VARA

3.4 ORIENTAÇÃO POR OUTROS ASTROS

3.5 ORIENTAÇÃO PELA BÚSSOLA

3.6 ORIENTAÇÃO COM GPS (SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL)

4. CARTAS

4.1 ASPECTOS BÁSICOS DA CARTOGRAFIA

4.1.1 Escalas

4.1.2 Coordenadas Geográficas e Rede Geodésica

4.1.3 Projeções e Planimetria

4.1.4 Grades - Coordenadas Cartográficas

4.1.5 Métodos para representar altimetria

4.1.5.1 Curvas de Nível

4.1.5.1.1 Algumas propriedades das Curvas de Nível

4.1.5.1.2 Vantagens do método das curvas de nível para representar o relevo

4.1.5.1.3 Inconvenientes do método das curvas de nível

4.1.5.2 Declive do terreno

4.1.5.3 Hipsometria ou tintas esbatidas

4.1.5.4 Traçado de perfil natural ou sobrelevado do terreno

4.1.6 Formas Naturais de Terreno

4.1.6.1 Formas simples

4.1.6.2 Formas compostas

5. O FUTURO HOJE

6. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUÇÃO

o principal objectivo do presente manual dirige-se, não só aos estudantes das mais diversas licenciaturas, como também todo e qualquer utilizador . Para tanto, é imprescindível conhecer os códigos utilizados em Cartografia e saber os seus segredos mais subtis: escalas, símbolos, azimutes, etc.

Através deste, pretende dotar-se o leitor de conhecimentos desde os mais básicos a outros mais elaborados, que permitam interpretar e utilizar as informações contidas em qualquer tipo de cartografia pré-existente, ou mesmo a partir desta, actualizar e criar cartografia temática.

Como expoente último dos conhecimentos neste manual faz-se referência ainda à Cartografia digitalizada com todo o manancial de potencialidades para utilização no futuro.

A fim de facilitar o alcance do objectivo proposto, este manual tem um carácter teórico tendo havido o cuidado de compilar diversos conceitos mas de os apresentar numa linguagem relativamente simples

2. PRINCÍPIOS DE ORIENTAÇÃO

Nos tempos primitivos da navegação, desconhecia-se a existência de rotação da Terra, bem como a sua forma. Os Pólos não tinham importância, bem como a linha Norte/Sul. Dessa forma, a maior importância foi dada ao rumo onde o Sol nascia, i.e., ao Este ou Oriente. Então o Homem passou a Orientar-se (Costa, 1960). Actualmente, o termo Orientação utiliza-se como sendo a, "*Determinação de um dos Pontos Cardeais, o que conduz ao conhecimento dos outros*".

3. FORMAS DE ORIENTAÇÃO

Como é conhecido existem várias formas de orientação. Aqui relembramos as mais conhecidas.

3.1 ROSA DOS VENTOS

3.2 ORIENTAÇÃO PELO SOL

Ao meio dia verdadeiro, i.e. ao meio dia solar, o Sol encontra-se no meridiano do lugar considerado. Então, no hemisfério Norte, o Sol indicará o Sul, ao passo que no hemisfério Sul ele indicará o Norte. Considerando, ainda, a hora solar, seis horas antes e depois do meio dia, aquele astro aponta, respectivamente, para o Este e o Oeste.

Obs.: As orientações pelo Sol, com ou sem auxiliares, devem ter sempre em conta a hora solar e não a hora real.

3.3 PELA SOMBRA DE UMA VARA

De acordo com a sombra que esta projecta no solo assim se determinam os pontos cardeais

3.4 ORIENTAÇÃO POR OUTROS ASTROS

3.5 ORIENTAÇÃO PELA BÚSSOLA

3.6 ORIENTAÇÃO COM GPS (SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL)

O GPS é um sistema automático de orientação, de localização e navegação, em qualquer local da Terra, sob quaisquer condições atmosféricas, através de satélites artificiais e de receptores portáteis (Figura 1). Foi desenvolvido inicialmente para fins militares, constituindo actualmente um importante instrumento para aplicações cartográficas, de alta e baixa precisão, proporcionando uma grande economia de tempo.

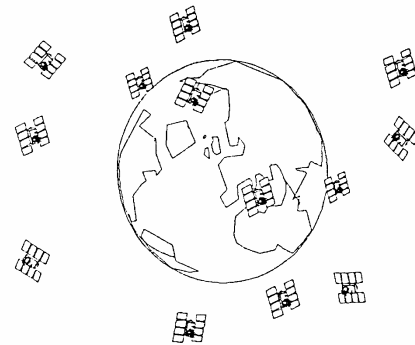


Figura 1 – O sistema de satélites do GPS (adapt. de Matos, 1993)

Ao fazer uso da alta tecnologia espacial, tem ainda a vantagem de não necessitar de pessoal especializado para o seu manuseamento. No entanto, o seu uso para posicionamento de alta precisão e em alguns outros tipos de aplicações, requer alguns conhecimentos aprofundados.

O GPS utiliza 24 satélites (21 operacionais mais três de reserva) que transmitem

informações à Terra, disseminados por seis planos orbitais muito precisos, com altitudes de cerca de 20.200 Km, com uma inclinação de cerca de 55° e percorrendo o espaço à volta do nosso planeta, duas vezes por dia. No seu movimento, o conjunto garante sempre a existência de pelo menos quatro satélites acima do horizonte. A sua elevada altitude contribui para a estabilidade do sistema.

O receptor GPS consiste numa pequena caixa electrónica com botões e visor, normalmente de Cristais Líquidos, evidenciando-se uma pequena antena. O seu funcionamento, dependendo dos modelos, é mais ou menos preciso e automático.

A determinação da posição do receptor GPS é feita através de triangulação, usando os satélites como pontos de referência. O princípio básico de funcionamento consiste na medição da distância do receptor GPS a três satélites e interceptar as linhas de posição obtidas. Se se souber qual a posição de um satélite e a sua distância ao receptor, obtém-se uma linha de posição. A distância entre o satélite e um determinado ponto da Terra é medida pelo tempo que demora a chegar um sinal emitido por aquele ao receptor. Sabendo o momento em que uma mensagem é enviada do satélite, e aquele em que é recebida, obtém-se o tempo que ela demorou. Conhecendo a velocidade de propagação de uma onda rádio, de determinada frequência, na atmosfera, rapidamente se determina a distância. O problema que se levanta para este cálculo consiste no sincronismo entre os relógios dos satélites e o do receptor. Quanto aos satélites, estão dotados de quatro relógios atómicos cuja precisão é excelente. Se a qualidade destes relógios é excepcional, o seu preço também se encontra a condizer, pelo que não é possível dotar os receptores com este tipo de relógios. Para ultrapassar este obstáculo, o da eliminação do erro nos relógios receptores, em relação aos dos satélites, usa-se um quarto satélite de referência, de forma a dispor-se de quatro linhas de posição, o que confere uma posição bastante mais precisa.

Tomando em linha de conta o somatório de todos os erros possíveis de acontecer, podemos acreditar na existência de um erro de apenas 10 m usando uma técnica apelidada de GPS Diferencial (DGPS).

4. CARTAS

Hoje em dia, define-se carta como a representação duma porção qualquer da superfície terrestre, numa superfície plana, por processos geométricos. A sua

elaboração iniciou-se pela necessidade de compreender o espaço envolvente do próprio homem.

4.1 ASPECTOS BÁSICOS DA CARTOGRAFIA

4.1.1 Escalas

Chama-se vertical de um lugar da Terra, à direcção seguida por um corpo qualquer que se deixa cair livremente, ou melhor, à linha seguida pelo fio de prumo.

Se considerarmos diversas verticais sobre um mesmo plano, a curva em que todos os seus elementos são perpendiculares a estas verticais, é chamada de curva de nível.

Ora, a Terra não é perfeitamente esférica, mas em pequenas porções da mesma, pode considerar-se essa superfície plana, i.e., temos, então, um plano horizontal. Por outras palavras, o plano horizontal de um lugar é perpendicular à vertical desse lugar. A título de exemplo pode-se referir um plano paralelo à superfície das águas do mar.

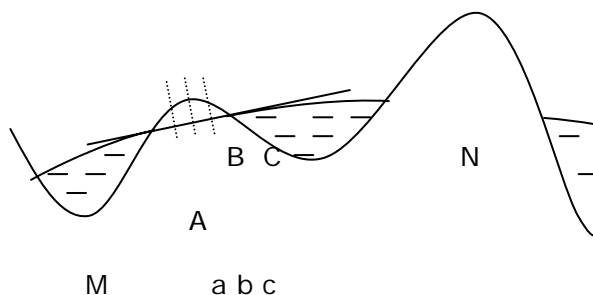


Figura 2 – Corte de uma porção da crosta terrestre

um ponto **B**, ao ponto **b**, encontro do nível médio das águas do mar, supondo esse nível como um prolongamento das terras.

Assim, dá-se o nome de projecção horizontal dum ponto **A**, ao ponto **a**, onde a vertical deste ponto encontra um plano horizontal de referência. O número que exprime a altura relativa de cada ponto considerado, acima ou abaixo do plano de referência, chama-se **cota**.

Deste modo, tendo um corte de uma superfície da Terra, (Figura 2), chama-se projecção horizontal de

Tendo em linha de conta tais princípios de actuação, podemos extrapolar para qualquer linha ou superfície, dando-se, neste caso, o nome de projecção horizontal de uma superfície.

Ao conjunto das projecções horizontais de um lugar, damos o nome de *planimetria* desse lugar, i.e., a planimetria é o conjunto de projecções ortogonais de todos os pontos do solo, sobre uma superfície de nível.

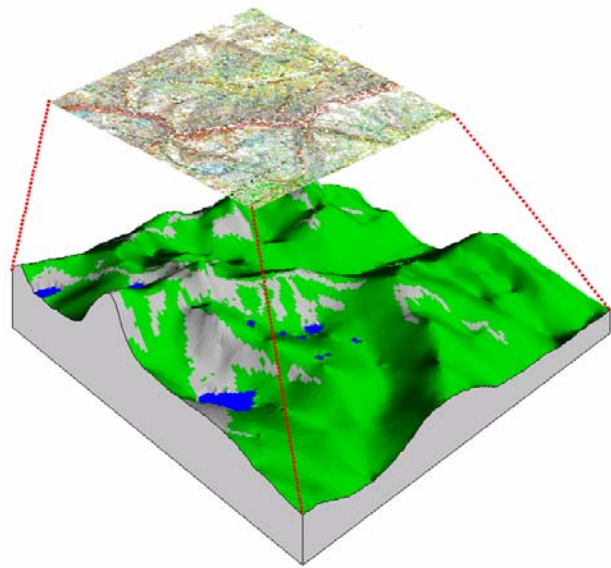


Figura 3 – Relação entre terreno e carta

Às *cotas* do conjunto de pontos considerados e referidos ao nível médio das águas do mar, dá-se o nome de *altitude*.

Assim, dificilmente, poderemos representar as correspondentes projecções do terreno, numa folha de papel, à dimensão real. Há que fazer uma redução da mesma, obtendo-se uma figura semelhante, uma **carta** (Figura 3), como se de uma fotografia se tratasse. É lógico que, nesta redução, todas as linhas da planimetria terão de ser reduzidas na mesma proporção, a fim de obtermos uma imagem perfeitamente semelhante.

À relação constante que existe entre uma distância medida na carta (distância gráfica) e a que lhe corresponde no terreno (distância natural), damos o nome de *escala*.

Existem dois tipos de escalas:

1. Numéricas, em forma de fracção, em que o numerador é a unidade e o denominador indica quantas vezes o terreno é maior que o desenho;

Exemplo: $E = 1 / M = 1 / 25000$

1 cm (na carta) \equiv 25000 cm (terreno)

Há que notar que quanto maior for o denominador da fracção tanto menor será a escala, i.e., menor resolução terá a representação do terreno, no entanto, maior área é abrangida.

Deste modo, as escalas são consideradas grandes quando são $\geq 1/25000$, médias quando são $< 1/25000$ e $\geq 1/100000$, pequenas quando $< 1/100000$ e $\geq 1/1000000$.

O uso das escalas numéricas leva a três tipos de problemas:

- Dado o valor de uma distância no terreno, pretende-se obter a distância correspondente na carta;
- Dado o valor de uma distância na carta, pretende-se obter a correspondência no terreno;
- Dada a distância no terreno e a sua correspondência na carta, pretende-se obter a escala desta carta.

Estes tipos de problemas são resolvidos através da aplicação de uma regra de três simples:

$\frac{1}{D_m} = \frac{M}{D_c}$

onde **M** é o denominador da escala

D_m representa a distância na carta

D_c equivale à distância no terreno.

- A *gráfica simples*, constituída por dois segmentos de recta paralelos, muito próximos, divididos em partes iguais, cada uma delas correspondendo a um certo comprimento no campo e representados à escala do comprimento da unidade escolhida. É comum apresentarem uma graduação hectométrica à esquerda e uma quilométrica à direita (Figura 4).



Figura 4 – Exemplo de Escala Gráfica

As vantagens encontradas para estas escalas gráficas prendem-se com o facto de evitarem cálculos de mudança de escalas, quando da redução ou ampliação fotográfica, além de permitirem a determinação directa das distâncias correspondentes ao terreno. Note-se, no entanto, que as distâncias achadas não levam em linha de conta as variações de altitude, já que as cartas são, como

vimos, uma projecção horizontal de todos os pontos do terreno. Assim, o valor medido directamente é, frequentemente, inferior ao real.

4.1.2 Coordenadas Geográficas e Rede Geodésica

Pode-se definir Geodesia como sendo a Ciência que se ocupa da forma e tamanho exacto da Terra e, de uma forma genérica, de todas as medidas relacionadas com ela, entre as quais se conta a sua gravidade e da localização precisa dos pontos da sua superfície. Hoje em dia, os problemas científicos colocados acerca da forma da Terra têm como auxiliares importantes os satélites artificiais da Terra (Bakulin et al., 1988).

Porém, as referências à sua forma não são efectuadas relativamente à sua topografia, i.e., quando se refere a forma da Terra ela não compreende a superfície com oceanos e continentes (Bakulin et al., 1988), mas sim em relação a uma superfície correspondente ao nível médio das águas do mar, alterada pela força de atracção da gravidade que não é mais do que a resultante da combinação da massa

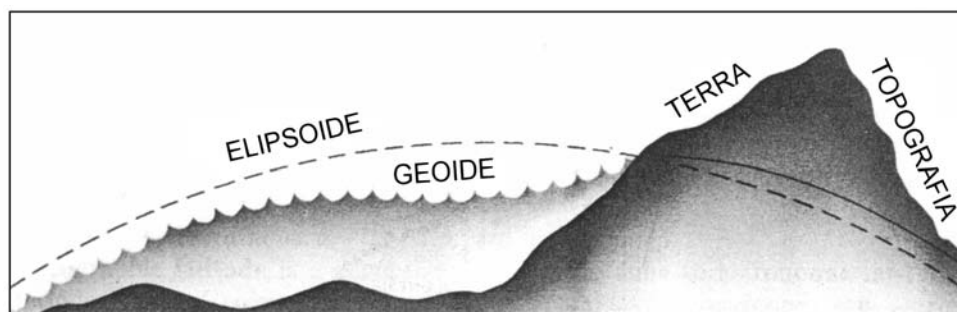


Figura 5 – Superfície terrestre, geoide e elipsoide (adapt. de Bowditch, 1977)

de atracção terrestre e da força centrífuga, consequência do seu movimento de rotação. A esta superfície dá-se o nome de **geoide**. Uma vez que existe uma heterogeneidade de materiais na superfície terrestre, advêm deste facto irregularidades de peso e densidade que alteram ligeiramente a direcção da gravidade medida pelo fio-de-prumo nessa superfície, facto que leva à irregularidade da forma do geoide, uma vez que este lhe é perpendicular.

Se se utilizar como superfície de referência um plano não se verificam graves deformações ao nível da sua representação planimétrica, contudo, as cotas de cada

ponto da superfície da Terra sofrem graves alterações. Deste modo, para fins geodésicos e cartográficos de referência, há que usar uma forma regular e geométrica que se aproxime da forma do geoide, mas que não inclua as limitações acima referidas. Para tal, e atendendo a que a Terra tem o formato de uma esfera achatada nos pólos, utiliza-se um **elipsoide** de revolução.

Na Figura 5 pode observar-se as superfícies terrestre, do geoide e do elipsoide. Nela se verifica que o geoide tende a elevar-se em zonas montanhosas e a baixar em zonas oceânicas.

Dentro desta perspectiva, dos diversos conceitos importantes a relembrar, existem sete que deverão ser prioritários (Figura 6):

Meridiano – círculo máximo que resulta da intersecção da superfície terrestre por um plano contendo a linha dos polos;

Equador – círculo máximo que resulta da intersecção da superfície terrestre por um plano passando pelo centro da Terra, perpendicular à linha dos Polos;

Meridiano do lugar – é o meridiano que passa pelo ponto considerado;

Paralelo do lugar – é o círculo menor, paralelo ao Equador que passa pelo ponto;

Latitude geográfica do lugar – é o arco de meridiano do lugar, compreendido entre Equador e o paralelo do lugar, contado de 0° a 90° para Norte ou para Sul do Equador;

Longitude geográfica do lugar – é o arco do Equador ou do paralelo, compreendido entre o meridiano de referência e o meridiano do lugar, contado de 0° a 180° ou de 0h a 12h, negativamente para Este e positivamente para Oeste, ou simplesmente Este e Oeste. Meridiano de referência diz respeito **ao semi-meridiano de Greenwich**, em Londres, por ser o normalmente adoptado, nos dias de hoje;

A unidade de medida angular em uso é o grau e os seus submúltiplos minuto e

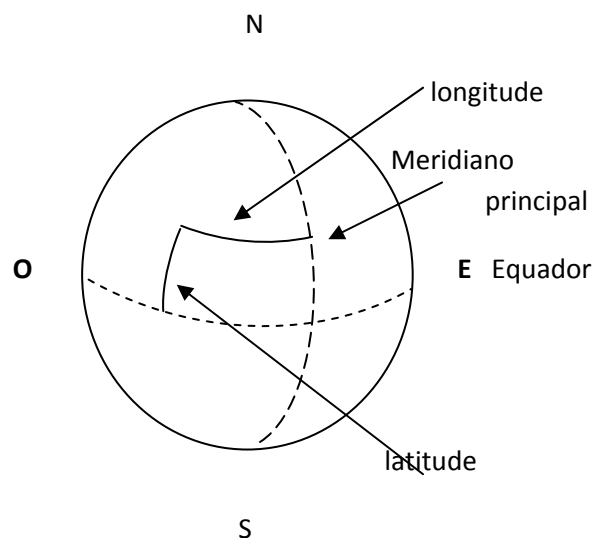


Figura 6 – Localização de um ponto à superfície da Terra

segundo. Cada grau de latitude corresponde, aproximadamente, a 111 Km, enquanto o segundo sexagesimal equivale a 30 metros. Paralelamente, a distância equivalente a 1 grau angular de amplitude, no Equador, é também cerca de 111 Km, decrescendo à medida que nos afastamos para Norte ou para Sul do Equador, sendo quase nula perto dos Pólos. Um segundo de longitude representa cerca de 30 metros no Equador, mas à latitude de Lisboa o valor desce para 24,2 metros.

Assim, houve necessidade de criar um método de levantamento do terreno usando processos ora directos ora indirectos de modo a conseguir-se obter a medição rigorosa entre os próprios acidentes de terreno, nomeadamente no que se refere às suas distâncias e azimutes relativos, obtendo-se assim uma rede de pontos que servirão de elementos base para se poderem vir a incluir todos os outros elementos do terreno. Esta rede relaciona-se com o elipsoide já que este é destituído dos inconvenientes que referimos existir no geoide.

Para relacionar aquela rede com o elipsoide em uso, são escolhidos pontos geodésicos mais importantes, usualmente nos pontos de maior cota, os marcos geodésicos (pontos a, b, c, ..., da Figuras 7), onde se medem os ângulos diedros entre os planos verticais que passam por a e b, a e c, a e d, ..., usando o chamado método da triangulação.

Muitas medições efectuadas à superfície terrestre têm necessidade de relacionar

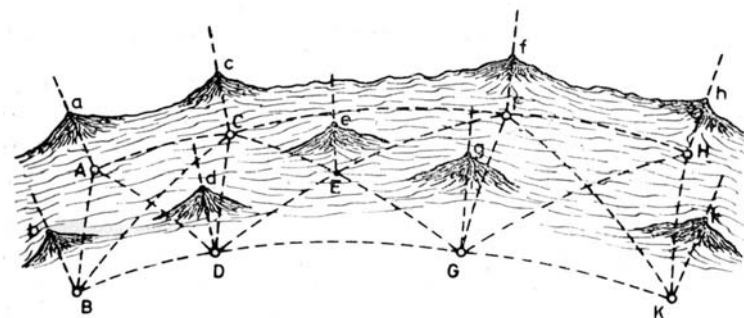


Figura 7 – Rede Geodésica (Fernandes, 1977)

esta rede geodésica assente no elipsoide com o geoide. Por outras palavras, há que relacionar estes dois elementos um com o outro, escolhendo um ponto com características especiais a que chamaremos de datum.

Este deverá ser estabelecido de modo a que seja um *marco geodésico* onde coincidam a perpendicular ao geoide e a perpendicular ao elipsoide, i.e., considerando-se que o geoide e o elipsoide coincidem nesse ponto, o valor do *desvio da vertical* seja igual a zero, sendo essa vertical correspondente ao fio de

prumo.

Conforme o continente, conjuntos de países ou país, assim foram adoptados elipsoides e *datum* distintos.

Datum mais importantes na cartografia portuguesa (Matos, 1993):

<i>Datum</i>	Latitude (ϕ)	Longitude (λ)	Observações
(DtLx)	38° 42' 43.361" N	9° 07' 54.806" W alterada para 9° 07' 54.862" W	Lisboa (Castelo de S.Jorge, até 1938)
(Dt73)	39° 41' 37.300" N	8° 07' 53.310" W	Melriça
(ED50)	52° 22' 51.450" N	13° 03' 58.740" E	Potsdam (Europeu) Europa, África e Ásia

4.1.3 Projecções e Planimetria

A após ser convencionado um *datum* geodésico, é fundamental adoptar uma lei geométrica, i.e., uma projecção cartográfica, a fim de representar o elipsóide ou parte dele, e estabelecer as correspondências biunívocas entre as coordenadas geodésicas e as cartográficas.

Esta tarefa, no entanto, não se apresenta fácil, já que, ao contrário do que sucede com um cone ou um cilindro, a planificação de um elipsóide, leva inevitavelmente, a deformações. Estas consistem nas alterações dos ângulos, e da escala das distâncias entre os pontos do Globo. Pelo exposto, pode-se deduzir que, sejam quais forem as soluções apresentadas, a planificação representa um compromisso, onde se sacrificam algumas características em favor de outras.

4.1.4 Grades - Coordenadas Cartográficas

Viu-se, por um lado, como é vantajoso o uso das coordenadas geográficas a fim de localizarmos num globo, qualquer ponto desejado. Por outro lado, viu-se que as

coordenadas geográficas são medidas angulares, e não medidas lineares de que é exemplo o quilómetro.

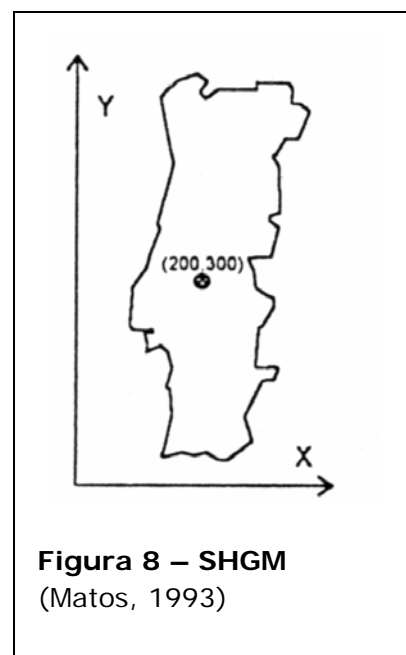
Assim, foram criados sistemas de referência, a que damos o nome de grades, que usufruem de diversas vantagens, em relação às coordenadas geográficas. A *grade* consiste num sistema ordenado de linhas que permita designar, inequivocamente, qualquer ponto representado na carta, numa rede de coordenadas cartográficas, uma vez que se considera a Terra composta por diversas partes planas. São elas, geralmente rectangulares ou ortogonais, uma vez que se considera que a localização se faz através de um sistema de eixos perpendiculares, com uma origem comum. As vantagens do seu uso são:

- Usa medidas lineares, (metro e seus múltiplos);
- A referenciação é independente da escala do documento base;
- A referenciação é independente da quadrícula impressa na carta;
- Cada malha da quadrícula tem a mesma forma e tamanho;

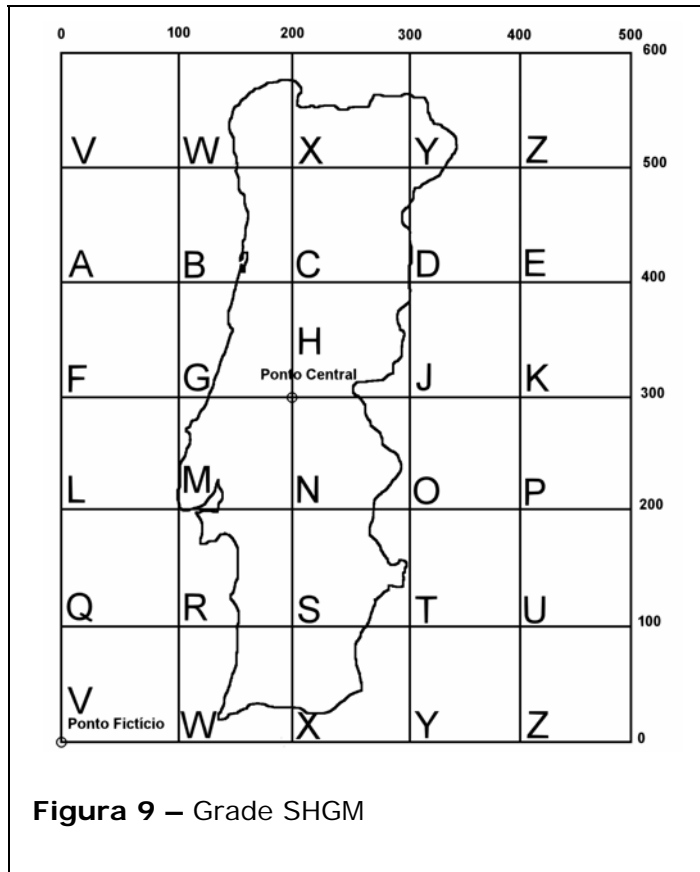
Em Portugal, a cartografia escolheu sistemas diferentes conforme a sua utilização, tendo também em linha de conta, a escala e a tipologia da mesma. Uma boa variedade encontra-se descrita em (Dias & Feijão, 1995).

Sistema Hayford-Gauss Militar (SHGM)

Foi criada uma *Origem Fictícia*, relativamente ao *Ponto Central*, e que corresponde à origem da grade militar. Assim, as coordenadas militares terão a sua origem a SO do Cabo de São Vicente, o que torna todo o território Nacional Continental abrangido por coordenadas cartográficas positivas. O eixo das abcissas (X) orienta-se positivamente de Poente para Nascente e o eixo das ordenadas (Y) orienta-se positivamente de Sul para Norte (Figura 8).



O SHGM abarcou Portugal e uma parte circundante, num rectângulo de 600 Km de lado, segundo a meridiana e de 500 Km de lado segundo a perpendicular. Este rectângulo foi dividido em 30 quadrados de 100 Km de lado, tendo cada um deles sido identificado por uma letra do alfabeto, mas onde se excluiu a letra I. O vértice inferior esquerdo desse rectângulo, que constitui a rede de SHGM coincide com o *ponto fictício* acima descrito. Este sistema base constitui uma rede que, por sua vez, se encontra subdividida, conforme a escala utilizada, tendo 1 Km de lado, nas cartas militares de Portugal à escala de 1:25000 (Figura 9).



Esta grade passou, a partir de 1965, a secundária, estando o seu traçado apenas indicado a cor sépia, nas informações marginais das cartas, enquanto se passou a utilizar a grade U.T.M. (que veremos um pouco a seguir), com cor azul.

O SHGM é usado na produção das seguintes cartas:

- Carta Topográfica Militar de Portugal (1/25000) [Serviço Cartográfico do Exército]
- Carta de Portugal (1/250000) [Serviço Cartográfico do Exército]
- Planta do Concelho de Lisboa (1/10000) [Serviço Cartográfico do Exército]

Com base na Carta Topográfica Militar de Portugal (1/25000) são ainda elaboradas as seguintes cartas temáticas:

- Carta Agrícola e Florestal (1/25000)
- Carta do Inventário Florestal (1/25000)
- Carta de Solos (1/25000)
- Carta de Capacidade de Uso dos Solos (1/50000)

Sistema Hayford-Gauss Moderno (SHG73)

A fim de minimizar um conjunto de deformações decorrentes do posicionamento do elipsóide de Hayford pelo *datum* DtLx, substituiu-se este por um outro mais central. Assim, foi criado o SHG73, através da projecção *conforme* de Gauss-Kruger, para projectar o elipsóide de Hayford num cilindro tangente a um meridiano central, que passa pelo *datum* Dt73. O ponto central da projecção do SHG73, detém umas coordenadas, que correspondem a um ponto aproximadamente a meio do território continental.

O eixo das abcissas (X) orienta-se positivamente de Poente para Nascente e o eixo das ordenadas (Y) orienta-se positivamente de Sul para Norte (Figura 10). É neste sistema que se elaboram Ortofotomapas (1/10000; 1/2000)

$$\varphi_0 = 39^\circ 41' 37.30'' \text{ N}$$

$$\lambda_0 = 8^\circ 07' 53.31'' \text{ W}$$

Outro tipo de coordenadas (as coordenadas UTM) aparece nas Cartas Militares com uma quadrícula quilométrica azul, relativa ao fuso 29, elipsóide internacional - *datum* europeu (ED50).

Em cada carta militar com quadrícula UTM são apresentadas instruções sobre a referenciação de pontos deste sistema nas respectivas informações marginais. Estas são constituídas em duas partes. A da esquerda fornece a identificação da zona da quadrícula e do quadrado de 100 Km, porém, se a carta se referir a mais de um quadrado de 100 Km, as instruções conterão, no diagrama, as linhas da quadrícula



Figura 10 – SHG73
(Matos, 1993)

separadoras dos quadrados referenciados em cada um deles bem como os valores das letras que os separam da quadricula. No lado direito das instruções são dadas explicações de como se referencia um ponto na carta bem como o uso deste tipo de quadricula.

4.1.5 Métodos para representar altimetria

4.1.5.1 Curvas de Nível

Imagine-se que, numa carta semelhante à que acabámos de descrever, unimos, através de uma linha contínua, todos os pontos de igual cota. A figura resultante será uma curva que é a projecção horizontal de uma curva de nível do terreno i.e., em que todos os seus pontos se encontram à mesma altura do plano horizontal de referência. Neste método supõe-se o terreno seccionado por planos horizontais equidistantes (Figura 11). Considera-se, portanto, curva de nível a correspondência, na carta, dos pontos do terreno que mantêm igual distância a um plano horizontal constante, tido como

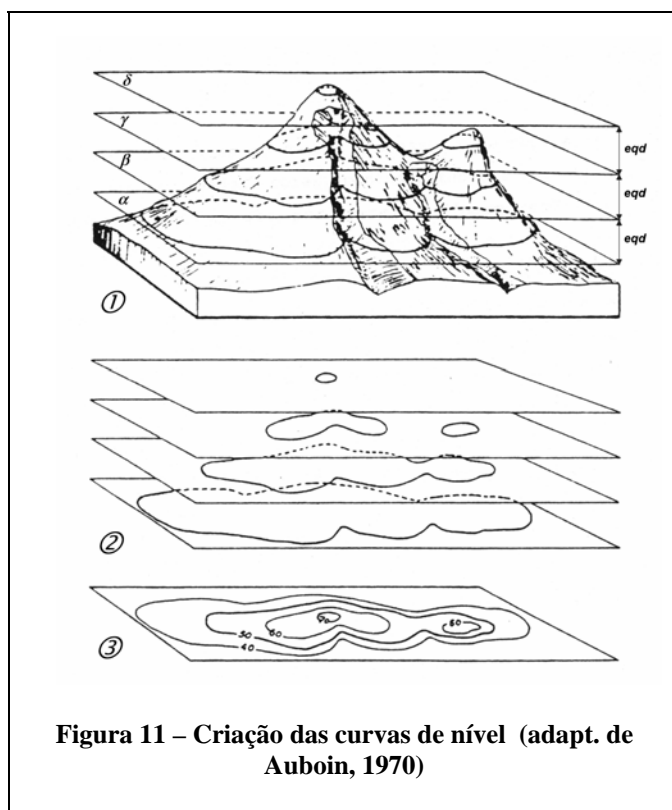


Figura 11 – Criação das curvas de nível (adapt. de Auboin, 1970)

referência. Imaginando que uma inundação do terreno se efectuava de 10 em 10 metros, teríamos uma equidistância natural de 10 metros. Na carta, algumas curvas apresentam-se desenhadas com traço mais espesso. As estas dá-se o nome de *curvas mestras* (linhas vermelhas da Figura 12), aparecendo geralmente correspondentes múltiplos de 5, 10 ou 25 metros. Além destas, aparecem, ainda, umas curvas suplementares, denominadas curvas intercalares ou intermédias, geralmente usadas para fazer ressaltar determinados elementos importantes do relevo, quando este é demasiado plano dificultando apercebermo-nos do seu

formato por afastamento demasiado das curvas de nível.

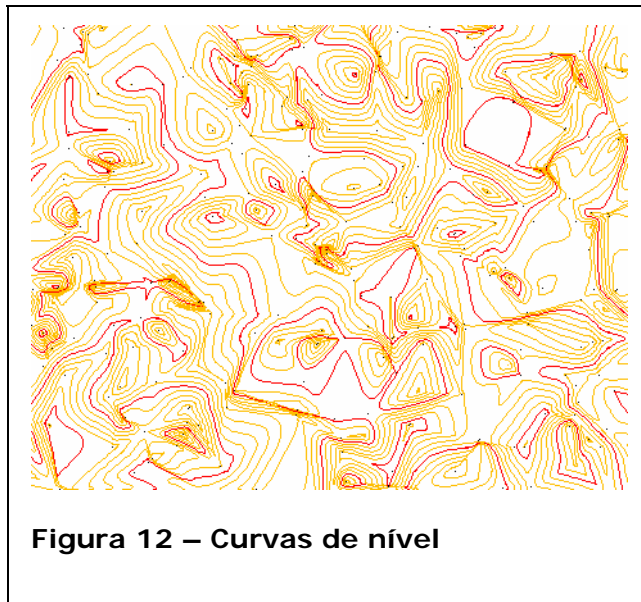


Figura 12 – Curvas de nível

4.1.5.1.1 ALGUMAS PROPRIEDADES DAS CURVAS DE NÍVEL

- Duas curvas de nível só se encontram em casos especiais como os das Figuras 13 e 14;
- Ao cortar uma linha de água, uma curva de nível volta sempre a convexidade para montante da linha de água;
- Uma curva de nível nunca corta uma linha de água em mais de um ponto.

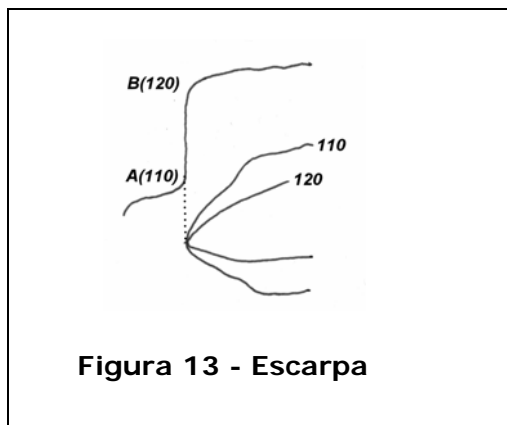


Figura 13 - Escarpa

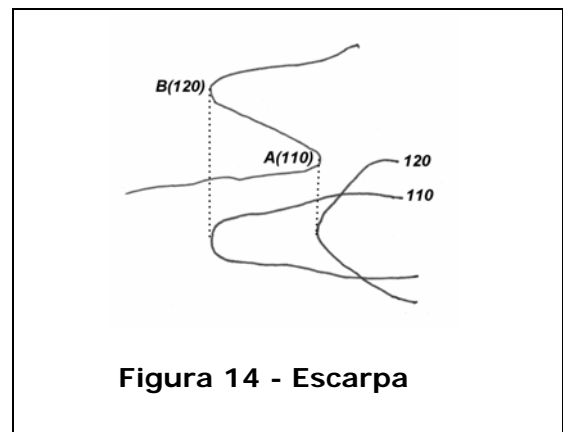


Figura 14 - Escarpa

4.1.5.1.2 VANTAGENS DO MÉTODO DAS CURVAS DE NÍVEL PARA A REPRESENTAÇÃO DO RELEVO

- o O emprego duma equidistância gráfica constante apresenta a vantagem de dar uma estimativa rápida dos declives, mesmo em cartas de escalas diferentes. O mesmo afastamento relativo das curvas de nível, correspondem sempre ao mesmo declive.
- o Percepção fácil na leitura do terreno; O seu emprego permite apreciar rapidamente as formas de terreno.

- o Simplificação do desenho da carta, facilitando o uso simultâneo de outras representações planimétricas;
- o Cálculo simplificado da cota de qualquer ponto.

4.1.5.1.3 INCONVENIENTES DO MÉTODO DAS CURVAS DE NÍVEL

- o Imprecisão no cálculo de cotas entre curvas de nível onde exista variação de declive, i.e., assim como o método nos fornece, em cada curva de nível, um valor exacto da cota, entre curvas de nível o valor das cotas é ignorado, já que podem existir variações de uniformidade entre curvas; é um método de ressaltos.
- o Na representação de um terreno muito plano, por muito pequeno que seja, as curvas de nível tornam-se muito afastadas, perdendo-se a noção da forma de terreno, uma vez que alguns acidentes de terreno não poderão ser representados.
- o A representação de zonas de terreno muito declivosas torna-se complexa, uma vez que as linhas passam a encontrar-se muito perto umas das outras. Como foi referido, por vezes, as curvas de nível chegam a tocar-se e a cruzar-se, tornando a carta confusa. Frequentemente, as escarpas detêm representação convencional específica.

4.1.5.2 Declive do terreno

De uma maneira genérica, considera-se declive do terreno, entre dois pontos, a inclinação geral do terreno, relativamente ao plano horizontal. O seu cálculo pode exprimir-se pelo valor do ângulo que o terreno faz com o plano horizontal.

Perante um terreno irregular, será desejável dividi-lo em troços de declive mais ou menos constante (classes de declives), dentro de limites pré-estabelecidos.

De facto, pode afirmar-se que sempre que um terreno estiver representado por curvas de nível, toda a linha de maior declive deste terreno é a linha perpendicular a todas estas curvas, e as projecções das linhas de maior declive são, do mesmo

modo, perpendiculares às projecções das curvas de nível.

Por outras palavras, pode afirmar-se que a linha de maior declive dum plano é descrita como o trajecto que seguirá um móvel, sobre o plano, abandonado à acção da gravidade, tal como uma gota de água.

4.1.5.3 Hipsometria ou tintas esbatidas

Considera-se zona hipsométrica (hypsos / altura + métron / medida) a que se encontra compreendida entre duas curvas de nível. Este método preconiza o uso de tons de cores ou grafismos mais escuros ou mais claros, de forma a serem consideradas as cotas mais escuras as mais altas e mais claras as de menor valor de altitude. É um método que indica intuitiva e rapidamente as diferenças de nível absolutas e relativas, incluindo se uma altura é mais elevada que outra, o que nos pode fornecer se determinadas variações são depressões ou elevações, uma vez que, sem necessidade de consulta de cotas se pode reconhecer se um declive é ascendente ou descendente.

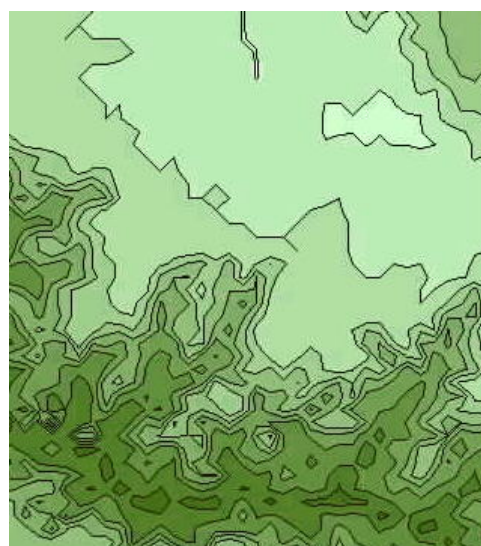


Figura 15 – Representação hipsométrica

Tais características permitem uma maior facilidade de representação do terreno, já que a altimetria não interfere demasiado na representação planimétrica.

A informática tem permitido melhorar a velocidade destas representações, criando-se graficamente a terceira, especialmente Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Com eles, e através da altimetria, automaticamente se poderão obter Cartas de Exposição da Encosta, Cartas de Declives, Recursos Hídricos, etc.

4.1.5.4 Traçado de perfil natural ou sobrelevado do terreno

Perfil é o nome dado à intersecção da superfície dum terreno com um plano vertical. Na Figura 16 pode observar-se que o plano vertical α intersecta a superfície de elevação de terreno definida através das 4 curvas de nível, tendo como pontos de intersecção os pontos A, B, C, D, E, F, desenhados na carta. De reparar que a equidistância gráfica corresponde a 10 metros, i.e., considera-se que cada plano da curva de nível se encontra espaçado de 10 em 10 metros. Para que o perfil resultante seja *natural* será necessário que os planos horizontais se encontrem à mesma distância uns

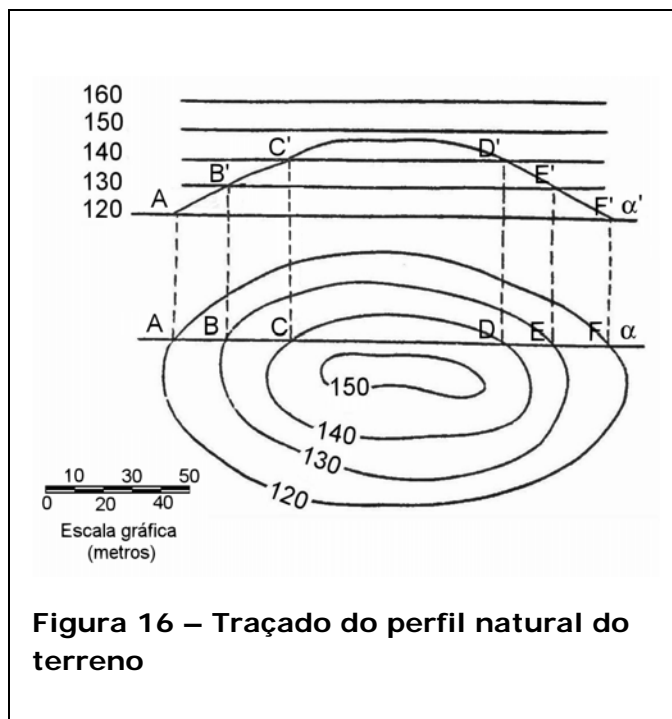


Figura 16 – Traçado do perfil natural do terreno

dos outros que a equidistância gráfica, determinada à escala. Elevando cada um dos pontos citados em cada um dos planos horizontais referidos, obtém-se o perfil procurado, unindo-os entre si.

Para construir um perfil sobrelevado, em vez de se considerarem as distâncias dos planos horizontais à escala, dever-se-á aumentar as equidistâncias por um factor constante. Este factor aumentativo será directamente proporcional à sobrelevação pretendida, já que o aumento dos declives é proporcional às equidistâncias. Para um traçado subelevado o mecanismo é o mesmo, mas com o uso de um factor diminutivo.

4.1.6 Formas Naturais de Terreno

4.1.6.1 Formas simples

A superfície do terreno apresenta todo um multifacetado de formas. Contudo, existe sempre a possibilidade de se obter, por simplificação metodológica, formas de terreno simples a partir da conjugação de figuras geométricas elementares.

O estudo dos variados acidentes do terreno leva a concluir que são sempre

resultantes de duas formas simples.

Sempre que dois semi-planos do solo estabelecerem um ângulo convexo, designa-se essa forma por **tergo ou zona de festo**. A sua aresta tem o nome de **linha de festo** (nome atribuído pela analogia que esta linha do terreno apresenta

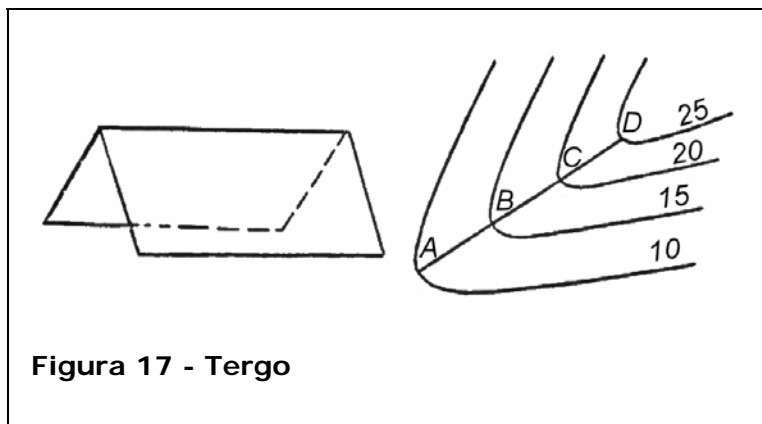


Figura 17 - Tergo

com a aresta saliente formada pela intersecção de dois tectos), de separação ou divisória das águas (porque as águas que caem no tergo se separam, sobre cada lado das suas superfícies). Às faces laterais do tergo dá-se o nome de **vertentes ou encostas**. Estas zonas declivosas detêm, frequentemente, uma *zona convexa*, *zona de meia encosta* e *zona côncava* ou *pediplanície* (antigo *sopé*).

Sempre que se estabelecer um ângulo côncavo estamos perante um **vale** (Figura 18). A sua aresta designa-se por **talvegue** (de *thalweg*: “caminho do vale”). As águas que caem nos flancos do vale reúnem-se na linha de talvegue, pelo que também se chamou ao talvegue **linha de reunião das águas**.

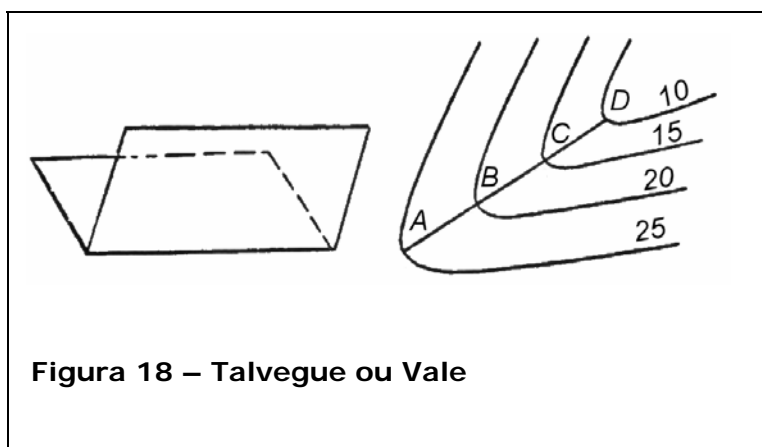


Figura 18 – Talvegue ou Vale

4.1.6.2 Formas compostas

As formas que estão presentes na superfície do terreno multiplicam-se até ao infinito, podendo ser consideradas como composições de formas elementares ou de conjugações destas. A associação de *tergos* e *vales* levam à criação de formas compostas com características específicas: as **elevações**, as **depressões**, **formas**

compostas de tergos e vales e as planícies.

Elevação: resultante da reunião de dois ou mais tergos (Figura 19 – 1º tergo com a linha de festo **AB**, e o 2º tergo com linha de festo **AD**. A linha **CAE** constitui a união dos dois tergos). Nesta elevação, distingue-se a parte inferior chamada **base ou sopé**; a parte média apelidada **de falda ou aba**; a parte superior de nome **cume ou cimo**.

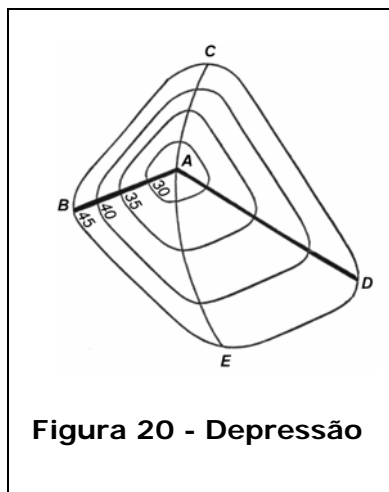


Figura 20 - Depressão

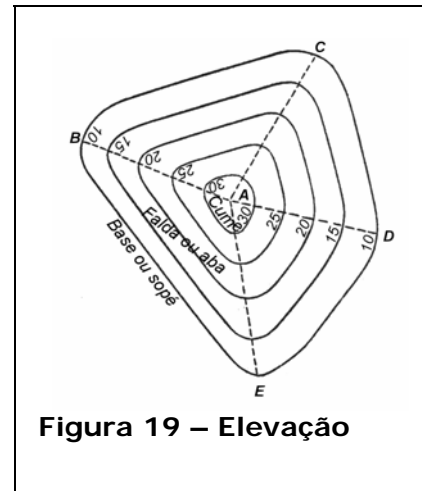


Figura 19 – Elevação

Depressão fechada ou bacia: forma de terreno composta pela associação de dois ou mais vales (Figura 20). Os declives vão convergir de todos os lados para os pontos de menor cota, no fundo da depressão, podendo este deter um lago ou lagoa, ou constituir-se por pântano ou atoleiro.

Para além destas poder-se-iam referir, muitas mais formas compostas. Contudo seria matéria mais profunda de cartografia do que simples conceitos básicos.

5. O FUTURO HOJE

Viu-se, ao longo deste pequeno texto, que a Cartografia tentou, essencialmente, representar o mundo real, i.e., o mundo tridimensional de grandeza natural, num plano bidimensional de escala mas reduzida.

Na era do computador, a Cartografia foi começando a ser digitalizada, tematicamente em camadas (layers) independentes (com ou sem bases de dados associadas), inicialmente em programas do tipo *desenhos assistidos por computadores*, vindo a dar lugar aos *Sistemas de Informação Geográfica (SIG)*, onde a Cartografia, tal como nos refere Overstreet *et al.* (1986), e o uso dos SIG passaram a ser usados, entre outros, com o objectivo de melhor compreender o

mundo.

A Cartografia passa assim a estar estabelecida de uma forma menos afastada da realidade, já que os desfasamentos causados pela redução dimensional do 3º vector (altura) ficam eliminados. A cartografia digital representa virtualmente as 3 dimensões com uma precisão muito semelhante ao mundo real.

Ampliando, reduzindo, alterando a posição relativa do observador na leitura do espaço virtual emulado, seleccionando e cruzando apenas os dados necessários em cada momento, integrando, coordenadas, hidrologia, solos, de acordo com as exigências do estudo, a Cartografia digital altera todo o nosso saber, dando-lhe todo um valor acrescentado. Porém, o progresso não parou nem pára: aos SIG juntou-se o GPS (Sistema de Posicionamento Global).

A orientação e o trajecto cartográfico tornaram-se, assim, completamente automáticos.

6. BIBLIOGRAFIA

- **AUBOIN**, J. et al.- *Manuel de travaux pratique de cartographie: 1er cycle et maitrise*. Paris, Dunod, 1970
- **BAKULIN**, Pavel et al. - *Curso de Astronomia*. Moscovo, Editora Mir, 1988.
- **BOWDITCH**, Nathaniel – *American Practical Navigator*, 2 vols., Department of Defense, Pub nº 9, Defense Mapping Agency Hydrographic / Topographic Center, 1977
- **COSTA**, A. Fontoura da - *A Marinharia dos Descobrimentos*, 3ª ed., Lisboa, Agência Geral do Ultramar, 1960.
- **DIAS**, Maria Helena; **FEIJÃO**, Maria Joaquina – *Glossário para indexação de documentos cartográficos*. Lisboa, Instituto da Biblioteca Nacional e do Livro, 1995.
- **FERNANDES**, J. A. Barahona - *Manual de Hidrografia*. Lisboa, Instituto Hidrográfico, 1977
- **GAUMET**, F. – *Traité de Topographie*. Paris, E. Lainé et C^{ie}, s.d.
- **MATOS**, João Luís Gustavo de – *Aplicação Cartográfica do Sistema de Posicionamento Global*. Lisboa, (ciclostilado), 1993.
- **OVERSTREET**, D. F. et al. – *The Archaeology of lost landscapes: Geographic Information Systems at Coralville Lake, Iowa*. Geographic Information Systems in government, Volume I, Hampton, VA: A. Deepak Publishing, pp. 313-378, 1986