



# A CIÊNCIA

POR QUEM A FAZ E POR QUEM A ENSINA  
encontro de cientistas e professores de ciências

**CONDENSADOR PLANO**

Manuela Assis  
M<sup>a</sup> João Carvalhal

**7 Setembro 2011**

[escola secundária de águas santas]

Aceite para publicação em 24 de Novembro de 2011.

 **casa das ciências.org**





## CONDENSADOR PLANO

### Objetivos

Enquadramento no programa de Física do 12<sup>o</sup> ano, Unidade II – Eletricidade e magnetismo

**A** – Explorar a aplicação multimédia “Capacitor” (de *PhET Interactive Simulations, University of Colorado*): [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/capacitor-lab](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/capacitor-lab)

- Determinar a relação entre carga e tensão para um condensador.
- Explorar o efeito da área, da distância e dos materiais dielétricos inseridos entre as armaduras de um condensador.

**B** – Realizar o **TLII.2 – Condensador plano**

- Construir um condensador plano de geometria variável.
- Relacionar a capacidade de um condensador plano de geometria variável:
  - com a área das armaduras;
  - com a distância entre as armaduras;
  - com o dielétrico.
- Determinar a permitividade relativa de um dielétrico.

## A – Roteiro de exploração da aplicação multimédia “Capacitor”

### Introdução

Um condensador é um dispositivo que armazena carga elétrica e energia. Na sua forma mais simples, um condensador é constituído por duas placas condutoras paralelas, de área  $A$  – **armaduras** – que se encontram a uma distância  $d$  uma da outra e separadas por um material isolador – **dielétrico**: o ar ou outro material. Para carregar um condensador, estabelece-se uma tensão,  $U$ , entre armaduras. A sua **capacidade** de armazenamento,  $C$ , está relacionada com a carga elétrica existente em cada armadura,  $Q$ , e com a tensão que se estabelece entre elas,  $U$ .

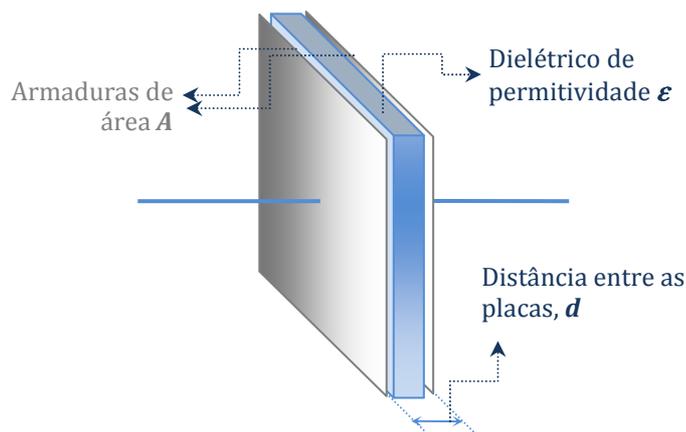


Figura 1 – Esquema de um condensador plano

Com esta simulação pretende-se relacionar a capacidade do condensador com:

- a carga das armaduras,  $Q$ , e a tensão,  $U$ , entre elas;
- a área das armaduras,  $A$ ;
- a distância entre as armaduras,  $d$ ;
- o meio dielétrico entre as armaduras.

## Exploração da simulação

1. Aceda à simulação, escrevendo o endereço:

[http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/capacitor-lab](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/capacitor-lab)

A simulação abre, mostrando duas placas condutoras, planas e paralelas, ligadas a uma bateria; repare que esta tem uma tensão variável (arrastando o cursor, é possível variar a tensão entre as placas entre  $-1,5\text{ V}$  e  $1,5\text{ V}$ ). No índice **Visão** aparece selecionada a opção  **Cargas da placa**.

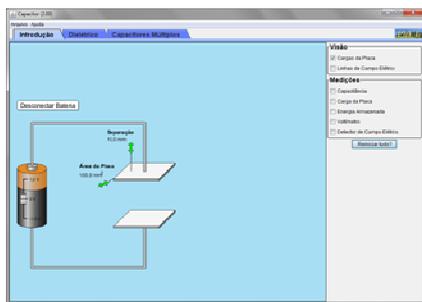


Figura 2

**i** Capacitor é a designação, em português do Brasil, de **condensador**. Do mesmo modo, no Brasil usa-se **capacitância** com o significado de **capacidade**.

Ative a opção  **Linhas de Campo Elétrico**. Usando o cursor associado à bateria, faça variar a tensão entre as armaduras. Observe a correspondente variação de carga entre as placas.

**?**

1. Como designa o campo elétrico criado entre as placas?
2. Quando se aumenta a tensão entre as placas, aumenta o número de linhas de campo representadas. Qual o significado desta representação?
3. Atente às cargas representadas em cada uma das placas. Que relação existe entre a carga elétrica das armaduras?

2. Coloque o cursor da bateria em  $1,5\text{ V}$  e clique no botão **Desconectar bateria**. Aparece o indicador da carga elétrica da placa de topo. O condensador está agora carregado. Use as setas para fazer variar apenas a área das armaduras.

**?**

Baseando-se nas linhas de campo representadas, pode afirmar que:

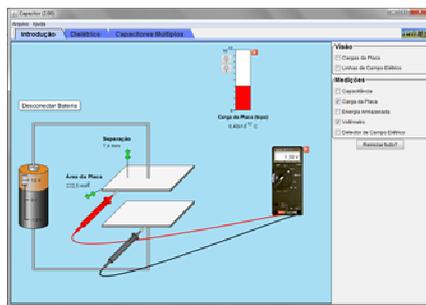
- A. A intensidade do campo elétrico aumenta quando aumenta a área das placas.
- B. A intensidade do campo elétrico diminui quando aumenta a área das placas.
- C. A intensidade do campo elétrico não depende da área das placas.

Use agora as setas para fazer variar a distância entre as armaduras, mantendo a área constante.

**?** Baseando-se nas linhas de campo representadas, pode afirmar que:

- A. A intensidade do campo elétrico aumenta quando aumenta a distância entre as armaduras.
- B. A intensidade do campo elétrico diminui quando aumenta a distância entre as armaduras.
- C. A intensidade do campo elétrico não depende da distância entre as armaduras.

3. Clique em **Conectar bateria** para ligar novamente a bateria. No índice **Medições**, ative a **Carga da placa** e o **Voltímetro**; desative, no índice **Visão**, **Linhas de Campo Elétrico**. Mantenha constantes a área das placas e a distância entre elas.

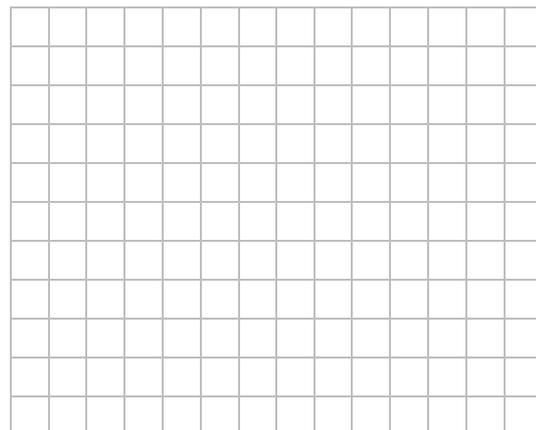


**i** O **voltímetro** tem de ser ligado às placas, arrastando com o rato as pontas de prova.

Figura 3

Faça variar a tensão e registe os correspondentes valores obtidos para a carga das placas.

Carga das placas $Q / C$	Tensão $U / V$



- a) Represente num gráfico a carga elétrica das placas,  $Q$ , em função da tensão,  $U$ . Trace a reta que melhor se ajusta aos pontos.
- b) Determine o declive da reta traçada.

c) Ative a opção  **Capacitância** (Capacidade). Compare o valor indicado na simulação com o declive da reta. Qual o significado desse declive?



1. Qual das seguintes equações para a capacidade de um condensador é consistente com os valores registados?

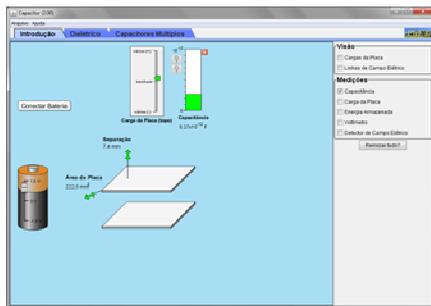
$$C = Q \cdot U \quad C = Q/U \quad C = U/Q$$

2. Baseando-se na resposta anterior, sugira uma unidade SI adequada para medir a capacidade.



A unidade SI de capacidade é o **farad (F)**, em homenagem ao físico inglês Michael Faraday (1791-1867).

4. Vai agora investigar o que acontece quando se altera a geometria do condensador. Clique em  **Desconectar bateria**. Desative, no índice **Medições**, o indicador  **Carga da placa** e o  **Voltímetro**. Faça variar a área das placas ( $A$ ) e o afastamento entre elas ( $d$ ).



O **capacímetro** indica a capacidade do condensador simulado, independentemente de haver carga elétrica nas placas.

Figura 4

Esquematize abaixo as configurações que correspondem à capacidade máxima e à capacidade mínima do condensador representado e registre os valores das grandezas indicadas.

$C =$ $A =$ $d =$	$C =$ $A =$ $d =$
Capacidade máxima	Capacidade mínima



1. Para uma mesma tensão entre as placas, a carga que o condensador pode armazenar será tanto maior:

- A. quanto maior for a área das placas e a distância entre elas.
- B. quanto menor for a área das placas e a distância entre elas.
- C. quanto maior for a área das placas e menor a distância entre elas.

2. Qual das expressões está de acordo com o que observou?

$$C \propto A \cdot d \qquad C \propto A/d \qquad C \propto d/A$$

(O símbolo  $\propto$  significa *diretamente proporcional*.)



A constante de proporcionalidade designa-se **permitividade elétrica**,  $\epsilon$ , que é uma característica do meio inversamente proporcional à constante da Lei de Coulomb:

$$\epsilon = \frac{1}{4 \pi k}$$

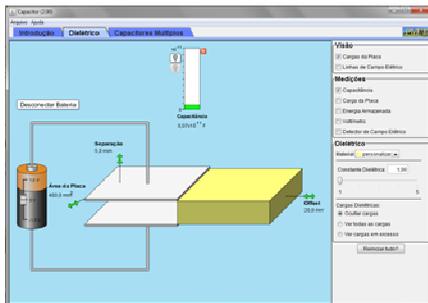
A unidade SI de permitividade é o **farad por metro** (F.m<sup>-1</sup>).

Para comparar facilmente as permitividades eléctricas de um meio,  $\epsilon$ , e do vazio,  $\epsilon_0$ , define-se a **permitividade relativa** (ou **constante dielétrica**),  $\epsilon_r$ :

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

5. Passe agora para o separador **Dielétrico**. Clique em **Desconectar bateria** e ative a opção **Capacitância** (capacidade). Altere a geometria do condensador de modo a obter a capacidade máxima.

Certifique-se de que a placa de dielétrico não está entre as placas.

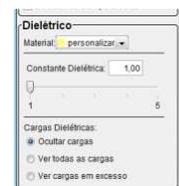


Um material não condutor, como vidro, papel ou madeira, é um **dielétrico**.

Figura 5

Ajuste o valor da constante dielétrica para 1,00 no painel lateral.

Registe o valor da capacidade do condensador.



Arraste a placa de dielétrico para o espaço entre as placas. Registe o novo valor da capacidade do condensador.



A constante dielétrica do ar é 1,00, o que indica que a permitividade do ar é 1,00 vezes a permitividade do vázio. (A permitividade elétrica do ar é aproximadamente igual à permitividade elétrica do vázio.)

Registe os valores da capacidade do condensador para diferentes valores da constante dielétrica, fixando a geometria do condensador.

Área das placas $A / \text{mm}^2$	Espessura do dielétrico $d / \text{mm}$	Constante dielétrica $\epsilon_r$	Capacidade do condensador $C / \text{F}$



1. Se  $C_0$  representar a capacidade de um condensador quando o dielétrico é o ar e  $C$  a capacidade de um condensador com dielétrico de constante  $\epsilon_r$ , a expressão que melhor representa o que observou é:

$$C = \epsilon_r \cdot C_0$$

$$C = \epsilon_r / C_0$$

$$C = C_0 / \epsilon_r$$

2. Procure agora uma expressão matemática que relacione a capacidade de um condensador plano com a sua geometria e com a permitividade do dielétrico

## B - Trabalho Laboratorial

### TL II.2 - Condensador plano

Como pôde verificar através da aplicação multimédia “Capacitor”, a capacidade de um condensador plano,  $C$ , depende da sua geometria (área das armaduras,  $A$ , e espessura do dielétrico,  $d$ ) e do meio dielétrico, de acordo com a equação  $C = \epsilon_{\text{meio}} \cdot \frac{A}{d}$ .

#### Objetivos

- Verificar a dependência da capacidade do condensador plano das suas características geométricas e do dielétrico entre as armaduras.
- Determinar a permitividade relativa de um dielétrico.

#### Material

Duas placas quadrangulares de alumínio, 22 cm × 22 cm (numa estão marcadas linhas equidistantes 2 cm); placa de acrílico de 3,0 mm de espessura; placa de vidro de 3,0 mm de espessura; folhas de acetato com 0,10 mm de espessura; multímetro com função de capacitmetro; fios de ligação; placas isoladoras

#### Modo de proceder

O trabalho divide-se em duas partes: na primeira, estuda-se a variação da capacidade com o meio dielétrico e com a área da superfície das armaduras; na segunda, analisa-se a variação da capacidade apenas com a espessura do dielétrico.

1. Coloque uma das placas de alumínio sobre a placa isoladora com a face com linhas marcadas virada para cima.
2. Coloque a placa de vidro e por cima a outra placa, de modo a que a área sobreposta das placas seja 20 cm × 22 cm. Tenha atenção à posição dos fios.

3. Ligue as placas ao capacímetro. Nunca encostar as armaduras com o capacímetro ligado, pois pode danificá-lo. Ligue o capacímetro e registre a capacidade do condensador construído. Tome precauções para evitar que fique ar entre as armaduras. Desligue o capacímetro.
4. Desloque a placa superior para outra posição de modo a alterar a área do condensador. Ligue o capacímetro e registre a capacidade do novo condensador. Repita este procedimento para diferentes valores da área.
5. Substitua a placa de vidro pela placa de acrílico e repita os procedimentos 1. a 4.. Registre todos os valores.
6. Substitua agora o acrílico por folhas de acetato. Utilize a área máxima do condensador. Meça a capacidade do condensador para 1, 3, 5, 8 e 10 folhas de acetato, mantendo constante a área das armaduras. Registre todos os valores.

### Análise de resultados:

1. Apresente em tabela todos os dados recolhidos.
2. Faça os cálculos necessários para construir o gráfico  $C = C(A)$  que representa a capacidade,  $C$ , em função da área das armaduras,  $A$ , para a placa de vidro e para a placa de acrílico. Faça um esboço deste gráfico. Qual o significado físico do declive da reta de ajuste?
3. Utilizando a calculadora gráfica, determine a equação da reta que melhor se ajusta aos valores experimentais obtidos para a placa de vidro e para a placa de acrílico. Determine a permitividade elétrica do vidro e do acrílico a partir da equação da reta de ajuste.
4. Faça os cálculos necessários para construir o gráfico  $C = C\left(\frac{1}{d}\right)$  que representa a capacidade,  $C$ , em função do inverso da distância entre as armaduras,  $d$ , para o acetato. Faça um esboço deste gráfico. Qual o significado físico do declive da reta de ajuste?
5. Utilizando a calculadora gráfica, determine a equação da reta que melhor se ajusta aos valores experimentais obtidos para o acetato. Determine a permitividade elétrica do acetato a partir da equação da reta de ajuste.
6. A permitividade elétrica relativa de um meio,  $\epsilon_r$ , é  $\epsilon_r = \frac{\epsilon_{\text{meio}}}{\epsilon_0}$ . Determine a permitividade relativa dos três meios utilizados nesta atividade experimental.  
(Dado:  $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$ )

## C – Física em ação



1. Faça uma pesquisa sobre os diferentes tipos de condensadores e respectivas aplicações.
2. Os condensadores convencionais têm geralmente uma capacidade da ordem de alguns microfarads ( $\mu\text{F}$ ) ou nanofarads (nF). Recentemente foram desenvolvidos condensadores com capacidades muito superiores – os ultracondensadores. Faça uma pesquisa sobre a sua constituição e algumas das suas aplicações.

## Endereços úteis

- 1) Carregando e descarregando um condensador

<http://www.hsw.uol.com.br/framed.htm?parent=capacitor.htm&url=http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/capacitor/>

- 2) Tipos de condensadores e suas aplicações

[http://www.ufrgs.br/eng04030/aulas/teoria/cap\\_07/tiposcon.htm](http://www.ufrgs.br/eng04030/aulas/teoria/cap_07/tiposcon.htm)

<http://eletronicos.hsw.uol.com.br/capacitor3.htm>

<http://www.sagitron.com/pt/produtos/passivos/avx/90-twm-nuevos-condensadores-tantalo-para-aplicaciones-de-alto-nivel-vibracion>

- 3) Código de cor de condensadores

<http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/75/37/>

- 4) Ultracondensadores

<http://www.supercapacitors.org/>

<http://www.supercapacitors.org/howtheywork.html>

<http://www.mpoweruk.com/supercaps.htm>

5) Condensadores de dupla camada

<http://www.google.com/patents?hl=pt-PT&lr=&vid=USPAT4438481&id=kdw4AAAAEBAJ&oi=fnd&dq=double+layer+capacitor&printsec=abstract#v=onepage&q&f=false>

[http://www.google.com/patents?id=7ksGAAAAEBAJ&printsec=abstract&source=gbp\\_overview\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://www.google.com/patents?id=7ksGAAAAEBAJ&printsec=abstract&source=gbp_overview_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

[http://www.google.com/patents?id=Wmw7AAAAEBAJ&printsec=abstract&source=gbp\\_overview\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://www.google.com/patents?id=Wmw7AAAAEBAJ&printsec=abstract&source=gbp_overview_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

[http://www.elna.co.jp/en/capacitor/double\\_layer/principle/](http://www.elna.co.jp/en/capacitor/double_layer/principle/)

6) Os ultracondensadores e os veículos híbridos

[http://www.altenergymag.com/emagazine.php?issue\\_number=05.02.01&article=maxwell](http://www.altenergymag.com/emagazine.php?issue_number=05.02.01&article=maxwell)

### Bibliografia

- Textos de apoio do *Projeto Faraday*. Disponíveis em:  
[http://faraday.fc.up.pt/Faraday/Recursos/texto\\_12/texto\\_12\\_c4\\_c6.pdf/view](http://faraday.fc.up.pt/Faraday/Recursos/texto_12/texto_12_c4_c6.pdf/view)
- Tipler, Paul (1995). *Física, vol. 3, Eletricidade e Magnetismo*, 3ª edição. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.
- Gil, Salvador; Rodríguez, Eduardo (2001). *Física re-Creativa*. Buenos Aires: Pearson Education S.A.
- Manuais de Física do 12º ano
- Paiva J., Costa, L. – *Roteiros de exploração – Valorização pedagógica de software educativo de Química*, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química 96 (2005), 64-66 – Disponível em:  
[http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ\\_096\\_064\\_23.pdf](http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ_096_064_23.pdf) Consultado em Julho de 2011.
- Morais, Carla. – *Roteiros de exploração – Simulação “Movimentos corpusculares: dos estados físicos da matéria à mobilidade e agregação corpuscular”*, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química 117 (2010)51-53 – Disponível em:  
[http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ\\_117\\_051\\_23.pdf](http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ_117_051_23.pdf) Consultado em Julho de 2011.



## FICHA TÉCNICA

### **Autoras:**

Maria João de Alvarenga e Teles do Carvalhal

Professora do Quadro de Escola do grupo 510 da Escola Secundária da Maia

Maria Manuela Miranda Ferreira de Castro Assis

Professora do Quadro de Escola do grupo 510 da Escola Secundária da Maia

### **Créditos:**

A simulação utilizada neste trabalho é da autoria de PhET Interactive Simulations, University of Colorado (<http://phet.colorado.edu>) e está sujeita às licenças Creative Commons-Attribution 3.0 United States e Creative Commons GNU General Public License.