



FÍSICA

8

## ELETRICIDADE: Cuba Eletrolítica Mapeando Campos Elétricos

NOME \_\_\_\_\_  
ESCOLA \_\_\_\_\_  
EQUIPE \_\_\_\_\_ SÉRIE \_\_\_\_\_  
PERÍODO \_\_\_\_\_ DATA \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

- Obter superfícies equipotenciais em uma cuba eletrolítica.
- Mapear o campo elétrico a partir das superfícies equipotenciais.
- Desenvolver os conceitos de potencial e campo.
- Familiarizar-se com o campo para diversas distribuições de carga.

### INTRODUÇÃO

O vetor campo elétrico (**E**) em um ponto do espaço é definido como a relação entre a força que uma carga sente se for colocada naquele ponto e o valor da carga. Isto é, se colocarmos uma carga  $q$  em um ponto em que o campo é **E**, a força sobre esta carga será:

$$\mathbf{F} = q \mathbf{E} \quad (1.1)$$

e

$$\mathbf{E} = \mathbf{F}/q \quad (1.2)$$

Medir o campo elétrico, então, pode ser feito medindo a força que age sobre uma carga conhecida.

Uma forma alternativa, e mais prática, de se medir o campo elétrico é a partir do potencial elétrico. Quando uma carga  $q$  é deslocada de um ponto com potencial  $V_A$  para outro ponto com potencial  $V_B$  o campo elétrico realiza sobre ela um trabalho  $q(V_A - V_B)$ . Como o trabalho é a força multiplicada pela distância, a força média pode ser calculada se conhecermos o potencial e a distância. Conhecendo a força e a carga também podemos calcular o campo:

$$\mathbf{F} d = q (V_A - V_B) \Rightarrow \mathbf{F} / q = (V_A - V_B) / d \quad (.3)$$

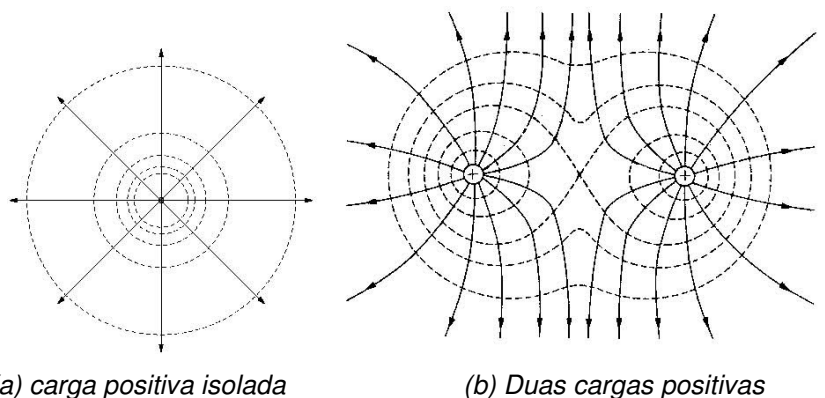
Substituindo 1.2 em 1.3:

$$\mathbf{E} = (V_A - V_B) / d \quad (1.4)$$

Se conhecermos duas superfícies nas quais o potencial elétrico é constante – as equipotenciais – podemos calcular o campo elétrico médio entre elas lembrando que o campo é sempre perpendicular às equipotenciais e usando a fórmula acima para calcular seu valor.

Infelizmente é muito difícil medir os campos eletrostáticos diretamente. As cargas envolvidas, em geral, são muito pequenas e podem ser alteradas no processo de medição. Neste experimento substituímos o dielétrico que normalmente separa as cargas (vácuo ou dielétrico) por uma solução que seja condutora. Deste modo as cargas fluem dentro da solução e devem ser rapidamente substituídas de modo a manter o campo constante. Isto se consegue com o uso de uma bateria ou de uma fonte de tensão constante. Como veremos, o potencial elétrico dentro da solução pode ser facilmente medido e a partir dele podemos calcular o campo elétrico.

Um conceito bastante útil na visualização de um campo elétrico é o de linha de força. Uma linha de força é uma linha que é paralela ao campo elétrico em qualquer ponto. Assim quando desenhamos uma linha de força temos uma idéia bastante clara da “forma” do campo elétrico. Na figura 1 o campo elétrico é representado por linhas de força e por equipotenciais em duas situações simples. Uma propriedade importante das linhas de força é que elas são sempre perpendiculares às equipotenciais.



(a) carga positiva isolada

(b) Duas cargas positivas

Figura 1 - Linhas de força e equipotenciais. Observe que as linhas de força (linhas cheias) sempre são perpendiculares às equipotenciais (linhas tracejadas).

As linhas de força têm a mesma orientação que o campo elétrico, assim elas saem das cargas positivas e entram nas cargas negativas. Observe como as linhas de força na figura 1b se dobram para fora sugerindo visualmente a repulsão que acontece entre as duas cargas. Como seriam as linhas de força se todas as cargas positivas da figura 1b fossem substituídas por cargas negativas? E se apenas uma delas fosse substituída por uma carga negativa?

Uma limitação da figura é que ela representa as equipotenciais e as linhas de força apenas no plano do desenho, mas o campo eletrostático ocupa todo o espaço em torno das cargas. Assim, as equipotenciais não são curvas, são superfícies e existem linhas de força que saem dos dois lados do papel, mas que não conseguimos reproduzir neste tipo de figura.

## UNIDADES DE CARGA ELÉTRICA, CAMPO ELÉTRICO E POTENCIAL ELÉTRICO - SI

As unidades que usaremos em nossos experimentos são:

<b>carga elétrica</b>	$q$	coulomb (C)
<b>campo elétrico</b>	$E$	newton por coulomb (N/C) ou volts por metro (V/m)
<b>potencial elétrico</b>	$V$	volt (V)

Você sabe transformar newtons por coulomb em volts por metro? Antes de iniciar o experimento procure imaginar como será o campo elétrico. Como são as linhas de força que partem de um eletrodo?

## MATERIAL

- Cuba eletrolítica:
  - bacia de isopor
  - placa de acrílico com fórmica
  - 2 eletrodos cilíndricos
  - ponta de prova
  - água (~ 300 mL)
- Potenciômetro
- Fonte de tensão regulável de 2 V a 10 V
- Multímetro
- 3 cabos banana-banana
- 3 cabos banana-jacaré
- Régua

## PROCEDIMENTO

### Montando a cuba eletrolítica

1. Sobre uma superfície horizontal, coloque a placa de acrílico na bacia de isopor com a fórmica para cima. Coloque os eletrodos conforme a figura 2. Os eletrodos devem ficar a uma distância de aproximadamente 10 cm. Marque as posições dos eletrodos sobre a placa de fórmica utilizando a ponta de prova (lapiseira). Durante o experimento os eletrodos devem sempre manter a mesma posição.
2. Coloque 300 mL de água na bacia. Deve haver aproximadamente 0,5 cm de líquido sobre a placa de fórmica.

3. Ligue os terminais do multímetro à saída da fonte – usando dois cabos banana-banana – e ajuste a tensão para 10 V. Cuidado para não alterar esta tensão durante os experimentos. Se o indicador de curto-circuito acender durante o experimento, desligue a fonte imediatamente (**IMPORTANTE!**) e verifique o que está errado em seu circuito. Só religue a fonte depois de corrigir o engano.

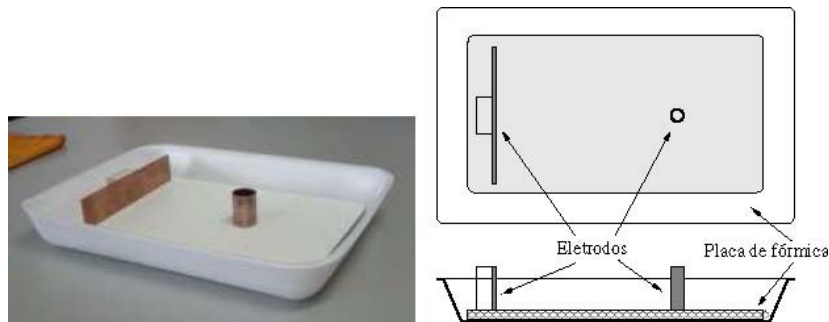


Figura 2 - (a) Cuba Eletrolítica com dois eletrodos planos (b) Diagrama da cuba eletrolítica

### Determinando as equipotenciais

Há duas maneiras de se determinar o potencial em um ponto: usando o potenciômetro ou diretamente com o multímetro. Com o uso do potenciômetro as medidas são mais precisas, do outro modo são mais simples e fáceis de fazer. Escolha uma delas.

### Usando o potenciômetro

Faça as conexões dos eletrodos até o potenciômetro (cabos banana-jacaré) e do potenciômetro até a fonte (cabos banana-banana), conforme o diagrama. Confira a polaridade dos eletrodos, ela será muito importante na determinação da direção do campo.

Conecte o terminal positivo do multímetro ao conector central do potenciômetro usando um cabo banana-banana e o conector negativo na ponta de prova com grafite (lapiseira).

Toque a ponta de prova no eletrodo negativo e ajuste o potenciômetro até medir a tensão de 2,00 V. Mergulhe a ponta de prova verticalmente na solução e marque, sobre a placa de fórmica, os pontos em que o multímetro indicar 0,00 V. O resultado será mais preciso se a ponta de prova for mantida na vertical. O número de pontos marcados deve ser suficiente para que você possa determinar a curva eqüipotencial. Anote o valor da tensão (2,00 V) para esta curva (figura 4). Evite fazer marcações muito fortes ou contínuas; o grafite também é condutor e pode alterar o campo se for usado em excesso.

Reajuste o potenciômetro e repita os passos 3 e 4 para 4,00 V, 5,00 V, 6,00 V e 8,00 V.

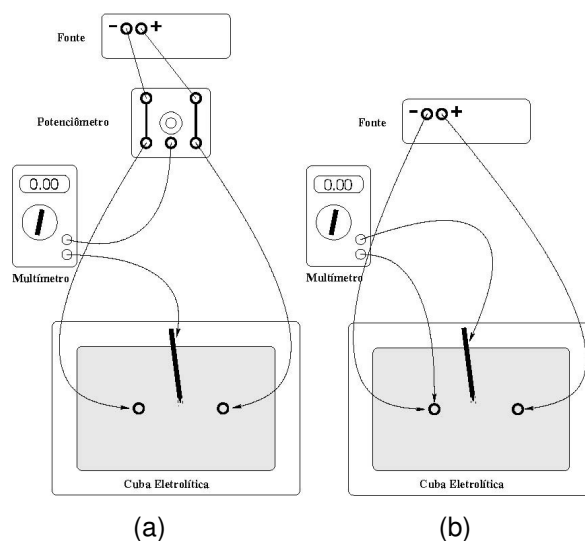


Figura 3 - Ligações para medir o potencial elétrico na cuba eletrolítica. As setas indicam as garras-jacaré.  
 (a) Com uso do potenciômetro (b) Diretamente com o multímetro. Observe a inversão nos pólos do multímetro

## Diretamente com o multímetro

- Faça as conexões dos eletrodos até a fonte (cabos banana-banana), conforme o diagrama. Confira a polaridade dos eletrodos, ela será muito importante na determinação da direção do campo.
- Conecte o terminal negativo do multímetro ao eletrodo negativo e o conector positivo na ponta de prova com grafite (lapiseira), usando cabos banana-jacaré.
- Mergulhe a ponta de prova verticalmente na solução e marque, com o grafite, o fundo para os pontos em que o multímetro indicar 2,00 V. O resultado será mais preciso se a ponta de prova for mantida na vertical. O número de pontos marcados deve ser suficiente para que você possa determinar a curva eqüipotencial. Anote o valor da tensão (2,00 V) para esta curva (figura 4). Evite fazer marcações muito fortes ou contínuas; o grafite também é condutor e pode alterar o campo se for usado em excesso.
- Repita o passo 3 para os pontos em que o multímetro indicar 4,00 V, 5,00 V, 6,00 V e 8,00 V.

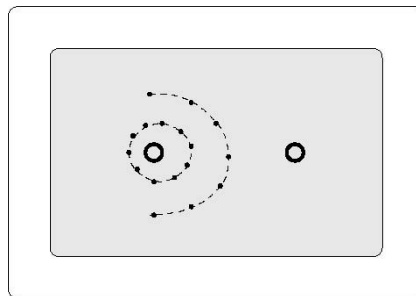


Figura 4 - Exemplo de marcação de pontos

As curvas que você vai obter não são, necessariamente, parecidas com o exemplo da figura 4.

## Transferindo para uma folha de papel

- Desligue a fonte, retire os eletrodos, devolva a solução para o frasco e retire a placa de acrílico com os pontos marcados. Seque a placa com cuidado para não apagar os pontos. Transfira estes pontos para uma folha de papel (colocando uma folha sobre a placa e copiando). Não esqueça de transferir também a posição dos eletrodos.
- Apague os pontos da placa de fórmica utilizando uma borracha.

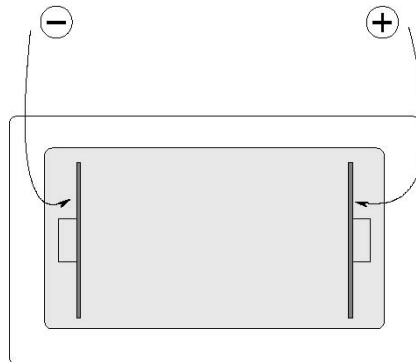
## Análise dos dados e questões

- 1) Una os pontos obtidos para uma mesma tensão de modo a obter uma eqüipotencial para cada tensão.
- 2) Trace pelo menos cinco linhas de força que partam do eletrodo positivo e cheguem ao eletrodo negativo. Para isso lembre-se de que as linhas de força são sempre perpendiculares às equipotenciais. Olhe novamente a figura 1 e compare com o seu resultado.
- 3) Estime o campo elétrico (intensidade, direção e sentido) no ponto médio entre os eletrodos.
- 4) Calcule a força devida ao campo elétrico que atua sobre um elétron no centro da cuba. Esta força seria diferente em outros pontos? Carga do elétron =  $1,6 \times 10^{-19}$  C.
- 5) Calcule a aceleração que este elétron sofreria se a força elétrica fosse a única que atuasse sobre ele. Massa do elétron =  $9,1 \times 10^{-31}$  kg.
- 6) Qual é o trabalho realizado pela força elétrica sobre um elétron que parte do eletrodo negativo até o momento em que ele atinge o eletrodo positivo?
- 7) Qual seria a velocidade com que um elétron atingiria o eletrodo positivo se ele saísse com velocidade nula do eletrodo negativo e não encontrasse nenhuma resistência pelo caminho?
- 8) Qual seria o efeito sobre o campo elétrico se invertêssemos a polarização dos eletrodos?
- 9) Este experimento simula o campo criado por duas cargas pontuais. No entanto os cilindros são muito maiores do que qualquer carga pontual. Por que o resultado obtido é tão parecido com o que seria obtido se os dois eletrodos que tivessem raio muito pequeno? Lembre-se que um material condutor define uma superfície equipotencial.

## OUTRAS CONFIGURAÇÕES

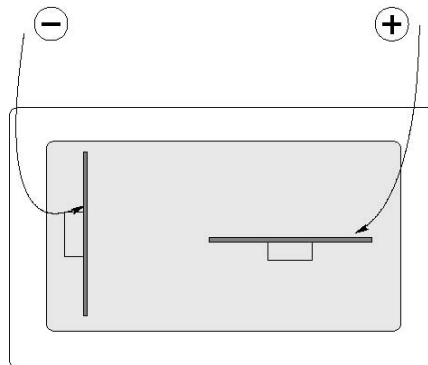
A seguir são apresentadas algumas configurações de eletrodos alternativas. Tente responder às perguntas antes de realizar o experimento e depois compare suas previsões com os resultados obtidos.

### Placas planas paralelas



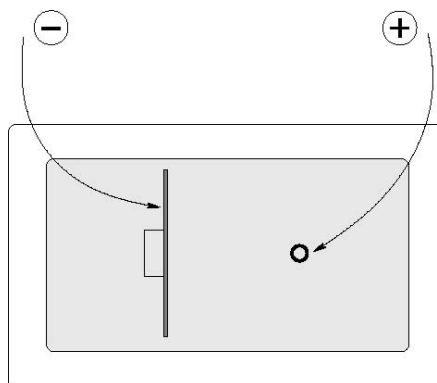
- 1) Como será o campo entre estas placas?
- 2) O que acontecerá com o campo se as placas forem colocadas mais próximas?
- 3) Você espera que a forma do campo mude?
- 4) Calcule o campo sobre alguns pontos da linha que une o centro das duas placas. O que você observa?

### Placas perpendiculares



- 1) Como você espera que seja o campo em torno da ponta central?
- 2) Depois de realizar o mapeamento calcule o campo em alguns pontos na linha que une o centro da placa da esquerda com a ponta da placa da direita o que você observa?
- 3) Que dispositivo prático utiliza este resultado?

### Placa e cilindro



- 1) Como será o campo em torno da “carga pontual”?
- 2) As linhas de campo que partem do cilindro se curvam em que direção? Por quê?