

# Paaaai, o chuveiro pifou!



*E*ra sábado, dia de baile, noite fria e chuvosa, quando o garotão deu esse grito desesperado. Todo molhado, tiritando de frio, Ernesto fazia o seu protesto:

- Esse chuveiro é uma droga!
- Não é o chuveiro, deve ser o fusível – respondeu Roberto, pacientemente.
- Também, com tudo ligado nesta casa, não há fusível que agüente! – acrescentou, já menos paciente...

A história teve um final quase feliz. Roberto, prevenido, tinha um fusível de reserva. E, mais prevenido ainda, decretou:

- Enquanto alguém toma banho, desliga-se a televisão! – e fingiu que não ouvia, agora, o protesto de Cristiana, inconformada:
- Isso é ridículo!

Será que é mesmo? O que tem a ver o chuveiro elétrico com o fusível? E por que desligar a televisão para tomar banho, ou melhor, quando se liga o chuveiro? Esse é o tema de nossas próximas aulas. A resposta completa a todas essas perguntas virá aos poucos, completando-se no final das aulas. Será uma pequena novela em quatro capítulos – e o primeiro capítulo você vai ver, ou estudar, nesta aula sobre corrente elétrica.

## A corrente elétrica



Nas aulas anteriores, você foi apresentado ao personagem principal da eletricidade, o **elétron**. É essa partícula, incrivelmente pequena, que se movimenta pelos fios e aciona todos os aparelhos elétricos das nossas casas. O elétron é o principal componente ou portador da corrente elétrica, sobretudo nos sólidos, embora haja correntes elétricas cujos portadores são íons negativos, positivos ou ambos. Até mesmo “buracos” podem ser portadores da corrente elétrica, como veremos mais adiante.

A origem da palavra **corrente** está ligada a uma analogia que os físicos do início do século XIX estabeleceram entre a eletricidade e a água. Eles imaginavam que a eletricidade era, como a água, um fluido, algo que pudesse fluir ou escorrer como água corrente. Os fios seriam os encanamentos por onde passava essa corrente de eletricidade.

Hoje sabemos que essa comparação raramente corresponde à realidade, principalmente em relação à corrente elétrica de nossas casas. Mas a expressão ficou. De qualquer forma, se um fio condutor é percorrido por uma corrente elétrica, há de fato um movimento de cargas percorrendo o condutor. Ocorre que esse movimento nem sempre é contínuo: em geral, ele é oscilante. Mas isso nós veremos mais tarde. Por enquanto vamos definir, matematicamente, a corrente elétrica.

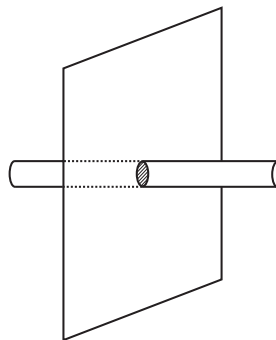


Figura 1. Uma seção transversal (área hachurada) é um corte imaginário perpendicular ao eixo do condutor.

Suponha que uma certa quantidade de carga  $\Delta q$  atravesse uma seção transversal de um condutor (veja a Figura 1) num intervalo de tempo  $\Delta t$ . Defina-se a corrente elétrica  $i$  que percorre esse condutor pela expressão:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

A unidade de corrente elétrica, no SI, é o **ampère**, cujo símbolo é **A**. Um condutor é percorrido por uma corrente elétrica de 1 A se uma seção transversal desse condutor é atravessada por uma unidade de carga,  $\Delta q = 1C$ , na unidade de tempo  $\Delta t = 1s$ :

$$1A = \frac{1C}{1s}$$

A corrente elétrica, além de ser uma grandeza física usada com muita frequência, tem valores de ordem de grandeza muito variada. Por essa razão é muito comum o uso de submúltiplos do ampère, sendo os mais comuns o **miliampère**, (mA), e o **microampère**, ( $\mu A$ ).

As relações destes submúltiplos com o ampère são:

$$\begin{aligned} 1mA &= 10^{-3}A \\ 1\mu A &= 10^{-6}A \end{aligned}$$

Como toda carga elétrica é múltipla da carga **e** do elétron, a expressão da quantidade de carga pode ser escrita como:

$$\Delta q = n \cdot e$$

onde **n** é um número inteiro e **e** =  $1,6 \cdot 10^{-19}C$ . (Lembre-se de que C é o símbolo de coloumb, unidade de carga elétrica). Portanto, a corrente elétrica pode ser expressa, também, na forma:

$$i = \frac{n \cdot e}{\Delta t}$$

## Passo a passo

1. Efetue as seguintes transformações:

- a) 50 mA em A
- b) 240  $\mu A$  em A
- c) 0,78 A em mA
- d) 0,0049 A em  $\mu A$

**Solução:**

- a) Se  $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$ , então  $50 \text{ mA} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ A} \Rightarrow \mathbf{50 \text{ mA} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ A}}$
- b) Se  $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$ , então  $240 \mu\text{A} = 240 \cdot 10^{-6} \text{ A} \Rightarrow \mathbf{240 \mu\text{A} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ A}}$
- c) Se  $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A} \Rightarrow 1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA}$ .  
Então  $0,78 \text{ A} = 0,78 \cdot 10^3 \text{ mA} \Rightarrow 0,78 \text{ A} = 78 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3 \text{ mA} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow 0,78 \text{ A} = 78 \cdot 10^1 \text{ mA} \Rightarrow \mathbf{0,78 \text{ A} = 780 \text{ mA}}$
- d) Se  $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A} \Rightarrow 1 \text{ A} = 10^6 \mu\text{A}$   
Então  $0,0049 \text{ A} = 0,0049 \cdot 10^6 \mu\text{A} \Rightarrow 0,0049 \text{ A} = 49 \cdot 10^{-4} \cdot 10^6 \mu\text{A} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow 0,0049 \text{ A} = 49 \cdot 10^2 \mu\text{A} \Rightarrow \mathbf{0,0049 \text{ A} = 4.900 \mu\text{A}}$

2. Num relâmpago avalia-se que, em apenas 1 décimo de milésimo de segundo, descem de uma nuvem para a Terra, em média, cerca de 20 quintilhões ( $10^{18}$ ) de elétrons. Qual a corrente elétrica média equivalente a esse fantástico movimento de cargas elétricas ?

**Solução:**

Como a carga do elétron é  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , a quantidade total de carga escoada no relâmpago é de:

$$\Delta q = n \cdot e \Rightarrow \Delta q = 20 \cdot 10^{18} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow \Delta q = 32 \cdot 10^{-1} \text{ C} \Rightarrow \Delta q = 3,2 \text{ C}$$

Como o tempo para o escoamento dessa carga é  $\Delta t = 0,0001 \text{ s}$ , temos:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow i = \frac{3,2}{0,0001}$$

$$\mathbf{i = 32.000 \text{ A}}$$

3. Um fio condutor é percorrido por uma corrente elétrica de 5 A.
- a) Qual a carga elétrica que atravessa uma seção transversal desse condutor em 10 segundos?
- b) Qual o número de elétrons que atravessa essa seção transversal nesse intervalo de tempo?

**Solução:**

Aplicando a definição de corrente elétrica, obtemos:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = i \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta q = 5 \text{ A} \cdot 10 \text{ s} \Rightarrow \Delta q = 50 \text{ A} \cdot \text{s} \Rightarrow \Delta q = 50 \text{ C}$$

$$\text{Como } \Delta q = n \cdot e, n = \frac{\Delta q}{e} \Rightarrow n = \frac{50}{1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow n = 3,125 \cdot 10^{20} \text{ elétrons}$$

## Sentido da corrente elétrica

Antes de descobrir o elétron e sua carga, no final do século XIX, os físicos já tinham desenvolvido toda a teoria da eletricidade e estabelecido um sentido para a corrente elétrica. Como não se sabia qual a natureza da carga elétrica que percorria os condutores, admitiu-se que ela se constituísse de um fluxo de cargas positivas.

Quando se descobriu que os portadores de carga eram, na grande maioria das vezes, elétrons (cargas negativas, portanto), ficou claro que o sentido real da corrente elétrica era contrário ao suposto na teoria. Mas, fisicamente, o movimento de uma carga elétrica positiva **num determinado sentido** equivale ao movimento de uma carga negativa **no sentido oposto**. Por essa razão, os físicos optaram por manter o sentido que haviam estabelecido anteriormente, passando a considerá-lo como **convencional** (veja a Figura 2).

Essa convenção é válida até hoje e será adotada neste livro, mas já não é unânime como antigamente. Em eletrônica, por exemplo, costuma-se utilizar o sentido real do movimento dos elétrons, porque isso torna mais fácil a compreensão dos fenômenos nela estudados.

Quando a corrente elétrica se constitui de íons positivos e negativos, o que ocorre costumeiramente em líquidos e gases, adota-se o sentido dos íons positivos (veja a Figura 3). Em materiais semicondutores aparece um fenômeno interessante. Alguns desses materiais são construídos de forma a se introduzirem, na sua estrutura, buracos ou lacunas, regiões onde **deveria estar** um elétron. Quando um elétron ocupa esse espaço, o buraco se “desloca” para o lugar onde estava o elétron. Se outros elétrons forem ocupando, sucessivamente, esse espaço, vai surgir um movimento aparente de um **buraco positivamente carregado**, já que ele é a **ausência** de uma carga negativa (veja a Figura 4)

Mas o que faz um elétron se deslocar para um lado ou outro em um condutor? Em outra palavras, o que produz uma corrente elétrica?

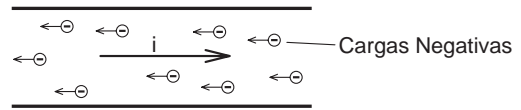


Figura 2  
O sentido real e convencional da corrente elétrica.

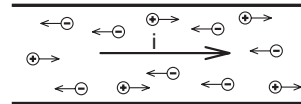


Figura 3  
O sentido da corrente elétrica em líquidos e gases.

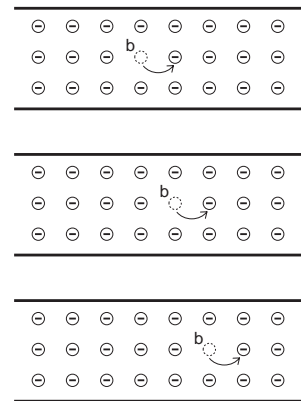


Figura 4  
O movimento de um buraco positivamente carregado: à medida que os elétrons vão ocupando o buraco, este se desloca pelo semicondutor.

## O campo elétrico e a corrente elétrica

O que faz um elétron, lá no meio de um condutor, mover-se mais para um lado do que para o outro? Na verdade, os elétrons movimentam-se sempre, contínua e desordenadamente, em todas as direções. O que caracteriza a corrente elétrica é que esse movimento contínuo e desordenado passa a ter um sentido preferencial, num lento deslocamento (veja a Figura 5).

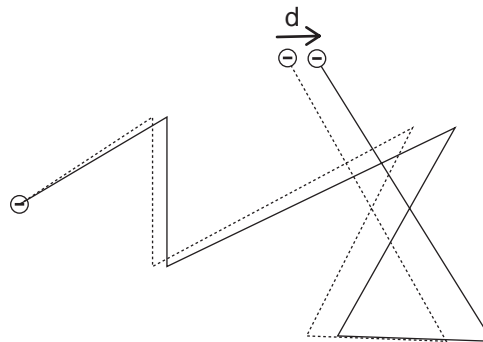


Figura 5  
Aqui estão representados **esquemáticamente** os movimentos de um elétron num condutor. A linha tracejada representa esse movimento na ausência de um campo elétrico  $E$ . A linha cheia representa esse movimento quando o campo elétrico está presente. A seta indica o deslocamento real que dá origem à corrente elétrica.

É algo parecido a uma escola de samba desfilando na avenida: os elétrons são frenéticos passistas. Embora se movimentem, ou “dancem”, executando seus passos com velocidades fantásticas, a velocidade média do conjunto dos elétrons ao longo do condutor é muito pequena: apenas alguns centímetros por hora! Também aqui há uma semelhança com o que ocorre com uma escola de samba. Em seu conjunto, ela sempre se desloca a uma velocidade muito menor que a de qualquer de seus componentes enquanto executam suas coreografias.

Você pode estar pensando: como é que a corrente elétrica, andando tão devagar, acende a lâmpada do quarto instantaneamente, quando ligamos o interruptor? É aí que aparece o papel do **campo elétrico**. O que faz um elétron se mover predominantemente num determinado sentido, e não em outro, é o aparecimento de um campo elétrico no lugar em que esse elétron se encontra.

Como você viu no estudo da eletrostática, se uma carga elétrica é colocada numa região do espaço onde existe um campo elétrico, ela sofre a ação de uma força e tende a se deslocar. É por isso que a lâmpada do seu quarto acende instantaneamente. Os elétrons que fazem o filamento da lâmpada se tornar incandescente não precisam sair do interruptor e percorrer o fio até chegar ao filamento: **eles já estão no filamento**, movendo-se contínua e desordenadamente. Para que esse movimento provoque o acendimento da lâmpada é preciso que os elétrons recebam uma “ordem” para se deslocar num determinado sentido. Essa “ordem” é dada pelo campo elétrico, que passa a percorrer o fio assim que você liga o interruptor. Como o campo elétrico se propaga a uma velocidade fantástica, próxima à velocidade da luz no vácuo, a lâmpada se acende instantaneamente.

É importante lembrar que o campo elétrico às vezes aponta num só sentido, fazendo que aquela multidão de elétrons se mova continuamente **num só sentido**. Nesse caso a corrente elétrica é conhecida como **corrente contínua**. É a corrente gerada por pilhas e baterias e a que percorre a grande maioria dos aparelhos eletrônicos. Em outros casos, o campo elétrico oscila, isto é, se alterna, fazendo com que aquela multidão de elétrons se movimente **ora num sentido, ora no sentido oposto**. Nesse caso, a corrente elétrica é conhecida como **corrente alternada**. É esse tipo de corrente que as companhias de eletricidade fornecem às nossas casas.

Você acaba de aprender algumas noções importantes sobre eletricidade, que podem ajudá-lo a entender o que aconteceu na história do início desta aula. A corrente elétrica é um fluxo de cargas elétricas, quase sempre elétrons, que se movem predominantemente num sentido. Esse sentido pode ser único ou ter movimento de vaivém. O movimento de vaivém acontece quando, na região onde os elétrons se encontram, aparece um campo elétrico oscilante.

Os fios condutores, além fornecer e permitir o movimento dos elétrons, são também, e principalmente, o caminho ou guia que permite a propagação do campo elétrico. Se algo interromper um fio, cortando-o, por exemplo, o campo elétrico não chega até os elétrons. Eles continuam se movendo incessantemente, mas sem um sentido que predomine. É mais ou menos como se um grande carro alegórico quebrasse em meio ao desfile de uma escola de samba. Certamente seus componentes continuariam sambando, mas sem um sentido que predominasse no seu movimento: nem contínuo, nem de vaivém.

Foi o que ocorreu na nossa história, quando o chuveiro deixou de funcionar porque o fusível queimou. O fusível, na realidade, não queima: ele derrete ou se

funde (por isso se chama fusível). Ao derreter, ele interrompe a passagem do campo elétrico e, conseqüentemente, deixa de existir a corrente elétrica. Como na escola de samba com o carro alegórico quebrado, os elétrons continuam se movendo no chuveiro, mas sem uma orientação determinada. Por isso o chuveiro não funciona.

Nesta aula você aprendeu:

- a definir e calcular a intensidade de uma corrente elétrica;
- a unidade de corrente elétrica, seus múltiplos e submúltiplos mais importantes e como transformá-los;
- que o sentido real do movimento dos elétrons é oposto ao movimento convencional da corrente elétrica;
- que existem dois tipos de corrente elétrica, contínua e alternada.

Mas ainda há muita coisa por explicar. De onde vem esse campo elétrico? Como ele é produzido ou gerado? Por que o chuveiro esquenta e o fusível derrete? Esse é o assunto das próximas aulas.



### Exercício 1

Transforme em miliampères, mA:

- a) 10 A
- b) 0,25 A
- c) 0,0085 A

### Exercício 2

Transforme em microampères,  $\mu$ A:

- a) 5 A
- b) 0,006 A
- c) 0,000045 A

### Exercício 3

Transforme em ampères, A:

- a) 20 mA
- b) 680 mA
- c) 2300 mA
- d) 500  $\mu$ A
- e) 3800  $\mu$ A
- f) 8880000  $\mu$ A

### Exercício 4

A seção transversal de um condutor é atravessada por um fluxo de 1 bilhão ( $10^9$ ) elétrons em apenas 0,2 segundos. Qual a corrente elétrica que percorre esse condutor ?

### Exercício 5

Um fio condutor é percorrido por uma corrente elétrica de 0,25 A.

- a) qual a carga elétrica que atravessa uma seção transversal desse condutor em 20 segundos?
- b) qual o número de elétrons que atravessa a seção transversal nesse intervalo de tempo?

