

O objetivo deste curso é introduzir noções básicas relacionadas à medição de grandezas elétricas e à observação de algumas características fundamentais de alguns componentes simples usados em circuitos elétricos.

Existem duas quantidades que normalmente queremos acompanhar em circuitos elétricos e eletrônicos: voltagem e corrente. Estas grandezas podem ser constantes ou variáveis no tempo. Vejamos a seguir algumas definições:

Voltagem:

A voltagem, ou diferença de potencial, entre dois pontos é o custo em energia, ou seja, o trabalho necessário para mover uma carga unitária de um ponto com um potencial elétrico mais baixo a outro de potencial elétrico mais alto. O conceito de potencial elétrico é muito similar ao conceito de potencial gravitacional. Mover uma carga de um ponto cujo potencial é menor para outro ponto de potencial maior é um processo similar a mover uma massa de uma posição a outra. Para mover a massa do chão até um ponto situado em cima de uma mesa a energia potencial se altera. Podemos definir como zero de energia potencial o solo, e neste caso estaremos ganhando energia potencial gravitacional. Se definimos o potencial zero como sendo o nível da mesa, o solo terá um potencial negativo. Mesmo assim, ao mover a massa nesse sentido (do chão até a mesa) ganhamos energia potencial! Com o potencial elétrico ocorre o mesmo. Temos que definir um ponto de referência, e medidos as diferenças de potencial elétrico entre a referência e um outro ponto qualquer do espaço. Costuma-se definir esse ponto de referência como sendo a terra (o solo). A voltagem entre dois pontos, portanto, é a diferença que existe entre os potenciais. Fica claro que só há sentido em definir voltagem **ENTRE DOIS PONTOS**. O trabalho realizado ao se mover uma carga de 1 coulomb através de uma diferença de potencial de um volt é de 1 joule. A unidade de medida de diferença de potencial é o volt (V), e geralmente é expressa em múltiplos tais como o quilovolt ($1\text{kV}=10^3\text{ V}$), milivolt ($1\text{mV}=10^{-3}\text{ V}$), microvolt ($1\mu\text{V}=10^{-6}\text{ V}$).

Corrente:

Usualmente identificada pelo símbolo I . A corrente é o fluxo de carga elétrica que passa por um ponto. A unidade de medida de corrente é o ampère ($A = \text{coulomb/segundo}$). O ampere, em geral, é uma grandeza muito grande para as aplicações do dia-a-dia. Por isso, as correntes são geralmente expressas em miliamperes ($1\text{mA}=10^{-3}\text{ A}$), microamperes ($1\mu\text{A}=10^{-6}\text{ A}$) ou nanoamperes ($1\text{nA}=10^{-9}\text{ A}$). Uma corrente de 1 ampère é igual ao fluxo de uma carga de 1 coulomb por segundo. Por convenção, os portadores de corrente elétrica são cargas positivas que fluem de potenciais mais positivos, para os mais negativos (embora o fluxo de elétrons real seja no sentido contrário).

Resistência:

Como vimos, para que haja fluxo de cargas elétricas são necessários dois ingredientes básicos: uma diferença de potencial e um meio por onde as cargas elétricas devem circular. Para uma dada diferença de potencial, o fluxo de cargas dependerá da resistência do meio por onde essas cargas deverão passar, à passagem dessas cargas elétricas. Quanto maior a resistência, menor o fluxo de cargas para uma dada diferença de potencial. Continuando a analogia com a Mecânica, a resistência na Eletricidade é equivalente à massa na Mecânica. Os materiais são classificados, em relação à passagem de corrente elétrica, em duas categorias básicas: os isolantes, que são aqueles que oferecem alta resistência à passagem de cargas elétricas, e os condutores, que não oferecem quase nenhuma resistência à passagem de corrente elétrica. Os semicondutores estão situados entre esses dois extremos. O símbolo que utilizamos para indicar a resistência de um material é a letra R e a unidade de resistência elétrica é o ohm (Ω). O símbolo para indicar uma resistência em um circuito elétrico é



As diferenças de potencial são produzidas por geradores, que são dispositivos que realizam

trabalho de algum tipo sobre as cargas elétricas, levando-as de um potencial mais baixo para outro mais alto. Isso é o que ocorre em dispositivos como baterias (energia eletroquímica), geradores (energia magnética), células solares (conversão fotovoltaica da energia dos fótons da luz incidente), etc..

O ponto importante, e que diz respeito diretamente ao nosso curso, é que para verificar as relações entre as diversas grandezas que participam de um circuito elétrico devemos medir essas grandezas. Mais precisamente, devemos conhecer as correntes e as voltagens que ocorrem no circuito. Para isso, existem diversos instrumentos que nos permitem realizar essas "medidas" de voltagens e correntes em um circuito. O *voltímetro* e o *amperímetro* são instrumentos que nos permitem medir voltagens e correntes, respectivamente, são instrumentos capazes de indicar o valor medido através do movimento de uma agulha ou ponteiro em um escala (mostradores analógicos), ou de um mostrador digital.

Um outro instrumento, mais versátil, que iremos utilizar é o osciloscópio. Com ele podemos literalmente "ver" voltagens em função do tempo em um ou mais pontos de um circuito. Teremos a oportunidade de trabalhar com osciloscópios um pouco mais à frente no curso, quando vamos utilizar corrente e voltagens que variam no tempo.

Introdução ao uso dos equipamentos de medida da bancada

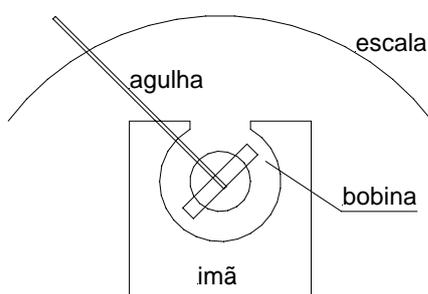
Inicialmente vamos nos restringir à correntes e voltagens que não variam no tempo, ou seja, que possuem um valor constante. Elas são classificadas como **contínuas**. Usamos o termo genérico **CORRENTE CONTÍNUA** quando nos referimos a voltagens e correntes que não variam no tempo. Para as voltagens e corrente que variam no tempo damos o nome genérico de **CORRENTES ALTERNADAS**.

Os equipamentos disponíveis para nossa medidas em sala de aula são o multímetro digital e o amperímetro analógico. Temos também uma fonte de alimentação DC e uma pilha voltaica. Há ainda um bancada com diversos resistores e capacitores que serão utilizados durante as montagens experimentais. Vamos introduzir o uso dos equipamentos através de experimentos simples.

Amperímetro

O amperímetro da bancada é um instrumento analógico (existem digitais também) cujo funcionamento se baseia no galvanômetro

Galvanômetro é o nome genérico de um instrumento capaz de acusar a passagem uma corrente elétrica. Eles se baseiam nos efeitos magnéticos associados às correntes elétricas. Quando se passa uma corrente elétrica por um condutor, gera-se um campo magnético à sua volta. Se este condutor for enrolado na forma de uma espira¹ (ou várias delas), e por ele passarmos uma corrente elétrica, podemos verificar que ele se comporta exatamente como um ímã, ou como uma agulha de uma bússola, causando e sofrendo forças e torques de outros ímãs, ou campos magnéticos externos. Este é o princípio de funcionamento básico do galvanômetro: uma bobina muito leve formada de muitas espiras de fio de cobre da espessura de um fio de cabelo é montada de tal maneira que quando passa uma corrente por ela, um torque é gerado fazendo com que haja uma deflexão de uma agulha, conforme mostrado na figura abaixo.



Deve ser observado que o torque gerado pela passagem da corrente é uma grandeza vetorial e, portanto, possui direção e sentido. O fabricante indica por onde a corrente deve entrar no galvanômetro pois se invertermos o sentido da corrente, a agulha será defletida no sentido oposto e isso pode causar danos ao aparelho.

A deflexão da agulha é proporcional à intensidade da corrente elétrica que passa pela bobina. Na

¹ Podemos utilizar um fio condutor para dar uma volta completa formando um círculo. Chamamos este círculo, ou volta completa, de **espira**.

ausência de corrente elétrica, o ponteiro está posicionado na posição “zero” do galvanômetro. A bobina é calculada de maneira tal que se tenha deflexão máxima para a maior corrente permitida (com uma boa segurança) pela resistência elétrica da bobina. Como se sabe, a corrente elétrica, ao passar por um condutor, dissipa, na forma de calor, a energia correspondente acumulada pelo gerador. Se a corrente for muito alta, o condutor será aquecido e, dependendo da situação, o fio da bobina poderá se romper, “queimando” o aparelho. Por isso, devemos ter muito cuidado ao utilizarmos um galvanômetro. Uma vez tendo definido os valores zero e máximo, uma escala linear é construída.

O galvanômetro, portanto, **deve ser ligado em série com o circuito** para que a corrente que passa pelo circuito passe também através dele e deflita o ponteiro e possa, assim, ser medida. Os galvanômetros têm algumas limitações práticas intrínsecas. Primeiramente, como deve ter sido observado, devido à existência da bobina, **eles possuem uma resistência interna** cujo valor dependerá da forma como ele é construído. O galvanômetro ideal deverá possuir resistência nula pois, como todos sabemos, a resistência interna do amperímetro irá se compor com a resistência do circuito produzindo uma resistência equivalente. Se essa resistência equivalente diferir do valor original, a corrente que será medida terá um valor aparente, diferente do valor real da corrente original que passa pelo circuito e estaremos cometendo, assim, um erro sistemático. Quanto mais a resistência equivalente diferir do valor original, maior será esse erro. Portanto, um bom galvanômetro deve ter um valor muito baixo para a resistência interna. Em segundo lugar, eles estão limitados a medir correntes de uma ordem de grandeza bastante pequena. Em geral, os galvanômetros encontrados em laboratórios medem correntes de fundo de escala (uma leitura com a agulha totalmente defletida) da ordem de 1mA, ou até menores.

Para medirmos correntes mais altas devemos utilizar resistências de desvio (ou “shunts”, que são resistências de valor muito baixo e com capacidade de suportar correntes mais altas) de forma a que a maior parte da corrente passe pelo “shunt”. Nesse caso, uma outra escala deve ser desenhada. Dessa forma, para cada resistência de desvio, deveremos ter uma nova escala. Esse é o princípio dos amperímetros. Os amperímetros se aproximam mais da condição de resistência nula. Por exemplo, imagine um galvanômetro que permita uma corrente máxima de 1 mA e desejamos medir correntes de até 10 mA. Devemos colocar um “shunt” que desvie 9 mA de forma que continue passando apenas 1mA pelo galvanômetro. Se a resistência interna do galvanômetro for de 90Ω , é fácil verificar que o valor do “shunt” deverá ser 10Ω . O valor da resistência equivalente do amperímetro será, pois, 9Ω (verifique!) bem menor que os 90Ω originais do galvanômetro, e mais próxima do valor ideal de resistência zero. Quanto maior for a corrente que desejamos medir, menor será a resistência de desvio e, portanto, menor será a resistência do amperímetro. Em geral os amperímetros são construídos com um galvanômetro de $50\mu\text{A}$ de fundo de escala.

O símbolo abaixo é utilizado para indicar um medidor de corrente



Veja a figura a seguir: as correntes elétricas estão passando através de pontos no circuito e é bastante intuitivo que para medirmos a corrente que passa por um determinado ponto, o circuito deve ser interrompido nesse ponto para aí inserido o amperímetro, ou seja, o amperímetro será inserido **em série** nesse circuito.

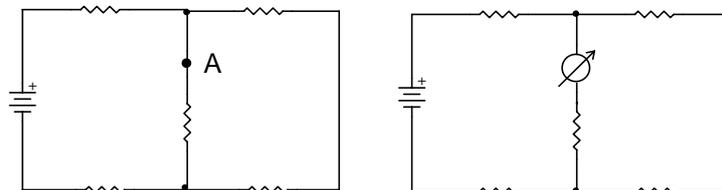


Figura 2: inserção de um amperímetro para medir a corrente que passa pelo ponto A do circuito.

Voltímetro

O voltímetro, como o nome diz, é um instrumento que mede tensões ou diferenças de potencial. Ele é baseado no princípio do galvanômetro. Como sabemos, quando duas resistências são ligadas em paralelo, a diferença de potencial em cada resistência é a mesma da associação e a corrente que passa em cada uma das resistências dependerá do valor da resistência.

Se uma dessas resistências for constituída pela resistência interna (R_i) de um galvanômetro e mais uma resistência de valor muito alto (R_v) em série com ela, duas coisas podem ocorrer: 1) se a resistência do ramo do galvanômetro for muito maior que a outra resistência, que chamaremos de R , a quase totalidade da corrente da associação em paralelo passará pela resistência R e não pelo galvanômetro. Nesse caso, a diferença de potencial nos extremos da resistência será o valor da corrente lida no galvanômetro multiplicada pelo valor ($R_i + R_v$). Esse conjunto formado pelo galvanômetro e R_v é chamado de voltímetro. Sendo R_v muito alto (tendendo para infinito) o valor da resistência equivalente formada pela resistência R onde se quer medir a diferença de potencial e o voltímetro será praticamente igual à resistência R e as condições de trabalho do circuito não serão afetadas; 2) Se R_v for baixo, a resistência equivalente formada pelo voltímetro e a resistência R será menor que qualquer uma das resistências envolvidas e, portanto, a corrente que passará pela associação aumentará e estaremos cometendo um erro sistemático. Portanto, é imperioso que para termos uma medida correta da voltagem nos extremos de uma resistência, o erro cometido ao ligarmos o voltímetro no circuito esteja dentro do erro experimental da leitura. Nos voltímetros analógicos comerciais, em geral, a resistência interna do voltímetro é $20\text{k}\Omega/\text{V}$ vezes o valor do fundo da escala. Já nos voltímetros digitais, a resistência interna é da ordem de $10^{12}\Omega$, o que garante que os efeitos da resistência interna sejam desprezíveis.

O símbolo utilizado para designar um voltímetro é



Multímetro Digital - Medidas de Voltagem

Os voltímetros e amperímetros da forma descritas acima apresentam muitas limitações (algumas das quais já foram discutidas) e, por isso, estão sendo substituídos gradualmente por aparelhos digitais que apresentam algumas vantagens extremamente importantes. Em primeiro lugar, a resistência interna do voltímetro passa de algumas dezenas de $\text{k}\Omega$ para alguns $\text{T}\Omega$ (T significa tera, 1 tera = 10^{12} , antes do tera temos o giga = 10^9 e o mega = 10^6) o que o torna um instrumento ideal para as medidas usuais de diferenças de potencial. O princípio de medida também é diferente pois, ao invés de interações magnéticas como no caso dos instrumentos analógicos, usam-se conversores analógicos digital para detectar diferenças de potencial.

O multímetro digital é um instrumento que permite medir digitalmente voltagens, correntes e diversas outras grandezas derivadas com alto grau de precisão e acurácia. Trata-se de um equipamento sensível e com o qual se deve tomar os mesmos cuidados na sua utilização que os instrumentos analógicos. Com este instrumento podemos medir voltagem contínua (V_{DC}), voltagem alternada (V_{AC}), corrente contínua (I_{DC}), resistência elétrica (Ω), e algumas outras mais.

Por questões de segurança, quando vamos efetuar uma medida de uma grandeza desconhecida, temos que tomar um certo cuidado para não submeter o aparelho a grandezas cuja intensidade seja demasiadamente grande e que poderá danificá-lo. Por isso, uma boa regra é mantermos o aparelho ligado sempre na MAIOR escala possível, e irmos diminuindo o valor da escala até obtermos a melhor medida possível.

Neste ponto surge uma pergunta. Qual é a melhor escala possível para uma medida? Vamos tomar um exemplo prático para poder explicar esse ponto:

Procedimento 1-1:

- 1) Ligue o multímetro digital
- 2) Escolha a maior escala possível para medidas de voltagem contínua (V_{DC}). O aparelho estará pronto para medidas de voltagens contínuas. O mostrador poderá, no máximo, medir a voltagem indicada na escala, ou seja, a escala dá o valor chamado de FUNDO DE ESCALA. Não podemos medir valores superiores ao valor de fundo de escala. O resultado obtido no mostrador é diretamente o resultado da medida! Sempre há uma incerteza na medida. Neste caso, qual seria a incerteza da medida? Em geral, nesses equipamentos, podemos dizer que a incerteza está no último algarismo do mostrador. Quando colocado na posição de medidas de voltagem, iremos nos referir ao equipamento como *voltímetro*.
- 3) Conecte os cabos ao voltímetro. Note que há várias possibilidades de conectar cabos, mas todas elas bem indicadas. O ponto indicado com o símbolo COM é o ponto comum, ou de polaridade negativa. O

ponto indicado com um V_{DC} , é o ponto de conexão do cabo positivo.

- 4) Vamos fazer uma medida de voltagem nos terminais da pilha da bancada. Observe no rótulo da pilha, qual é o valor da voltagem nominal entre os terminais da mesma.
- 5) Conecte agora o outro extremo dos cabos nos pólos da pilha.
- 6) Observe o resultado no mostrador do voltímetro. O resultado do mostrador dá diretamente o valor da voltagem sendo medida. Se o valor obtido é um valor negativo, o que pode estar ocorrendo? Inverta a posição dos cabos e verifique o que ocorre com a medida. Na escala sendo usada, qual é a incerteza da medida ? (utilize a Tabela 1 para entrar com os valores que serão pedidos). Podemos determinar o chamado *erro relativo da medida* dividindo a incerteza do instrumento pelo valor da medida. Multiplicando o valor obtido por 100, obtemos o erro percentual. Qual é o valor do erro relativo (percentual) obtido nessa medida ?
- 7) Mude a escala do instrumento para o valor seguinte e observe o resultado obtido. Qual é a incerteza da medida ? Qual é o erro relativo percentual ?
- 8) Compare o valor da voltagem nominal da pilha com os valores das escalas seguintes do voltímetro. Qual escala você julgaria melhor para medir a voltagem da pilha ?
- 9) Mude a escala do voltímetro para a escala escolhida, e verifique o resultado do mostrador. Qual é a incerteza dessa medida de voltagem ? Qual é o erro relativo percentual.
- 10) **SEMPRE DESLIGUE O VOLTÍMETRO NO FINAL DAS MEDIDAS**

Tabela 1

A - Escala usada	B - Valor da medida	C - Incerteza	D – Erro percentual (C/B)

Análise dos dados

Com base nos resultados experimentais, responda à seguinte questão, sempre justificando sua resposta. Calcule sempre os erros relativos a resultados indiretos (contas). Em caso de dúvida em relação ao cálculo de propagação dos erros, consulte seu professor ou a literatura sugerida.

- 1) Observe seus resultados de medidas de voltagem nos terminais da pilha. O que ocorre com o erro relativo a medida que se altera a escala de medida ? Qual é a melhor escala neste caso ?

Com base nestas observações, a melhor escala para medir uma voltagem entre dois pontos sempre será a menor escala possível. Observe os valores das incertezas obtidas.

Fonte de alimentação DC

A fonte de alimentação DC na bancada é um equipamento utilizado para transformar a corrente alternada que existe na rede normal de distribuição, em corrente contínua. As fontes utilizadas neste curso serão fontes de voltagem variável, ou seja, a voltagem nos terminais pode ser variada entre 0V e algumas dezenas de volts. Há um botão giratório no painel frontal que é usado para ajustar a voltagem de saída da fonte. Esta voltagem pode ser usada nos circuitos apenas conectando os cabos nos conectores de saída da fonte, identificados com as cores vermelha (positivo) e preta (negativo).

Costuma-se representar uma fonte de corrente contínua pelo símbolo



A fonte deve ser conectada à tomada da rede, e ligada em seguida. Tome cuidado para que o botão de controle da voltagem de saída, ao ligar o instrumento, esteja sempre posicionado no mínimo, ou seja, girado totalmente no sentido anti-horário. Vamos verificar, usando o voltímetro, os valores de voltagem na

Física Experimental III – Unidade 1

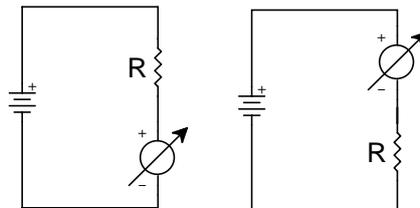
saída da fonte, e comparar com os valores da escala colocada na própria fonte.

Observação importante: o valor da voltagem de saída da fonte deve sempre ser verificado com um voltímetro.

Procedimento 1-2

Iremos montar agora um pequeno circuito formado por um resistor e uma fonte de alimentação e medir a corrente que passa por este resistor e a voltagem nos terminais do mesmo.

- 1) Monte os circuitos indicados na figura abaixo



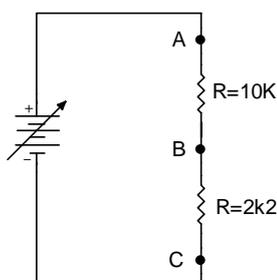
- 2) **Desligue a fonte de alimentação antes de conectar os cabos.** Preste atenção à polaridade do amperímetro. O resistor não possui polaridade e poderá ser usado sem preocupação.
- 3) Observe os circuitos da figura a seguir. Imagine qual é o caminho percorrido pela corrente elétrica. Faz diferença se o amperímetro está colocado antes ou depois do resistor, conforme mostrado na figura?

Circuitos Simples

Procedimento 1-3

Vamos agora montar alguns circuitos simples, e executar algumas medidas de corrente e voltagem neles.

- 1) Monte o circuito A exibido na figura abaixo
- 2) Ligue a fonte de alimentação e ajuste o seu valor para 5V, usando o voltímetro.
- 3) Meça as correntes e as voltagens conforme indicado nas Tabelas A1 e A2, respectivamente. Observe que nesse caso estamos lidando com um equipamento analógico. A incerteza da medida está relacionada com a escala utilizada e será igual à metade da menor divisão (ou sub-divisão) da escala, independente da posição do ponteiro. A escala do amperímetro é composta de divisões pequenas e grandes. O ponteiro pode estar posicionado entre duas divisões pequenas
- 4) **AJUSTE A FONTE PARA ZERO VOLTS (botão no sentido anti-horário)**
- 5) Repita o mesmo procedimento para o circuito B (itens 1 a 3), preenchendo os valores das Tabelas B1 e B2.
- 6) **DESLIGUE O VOLTÍMETRO**



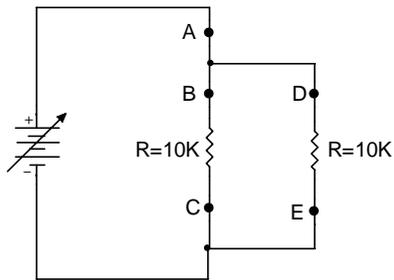
A

Tabela A1

PONTO	Corrente	incerteza	erro relativo
A			
B			

Tabela A2

PONTOS	Voltagem	incerteza	erro relativo
AB			
BC			
AC			



B

Tabela B1

PONTO	Corrente	incerteza	erro relativo
A			
B			
D			

Tabela B2

PONTOS	Voltagem	incerteza	erro relativo
AC			
BC			
DE			

Análise de Dados

- 1)
 - a) No conjunto de Tabelas A1 e A2, mostre o que pode ser observado com relação às correntes nos pontos A e B?
 - b) Qual é a relação que existe entre as voltagens nos pontos AB, BC e AC? Calcule a razão entre a voltagem nos pontos AB e a corrente em A.
 - c) Calcule a razão entre a voltagem entre os pontos BC e a corrente em A. Compare com os valores de resistores usados.
- 2)
 - a) No conjunto de tabelas B1 e B2, qual é a relação que existe entre as corrente nos pontos A, B e D?
 - b) Qual é a relação que existe entre as voltagens nos pontos BC e DE?

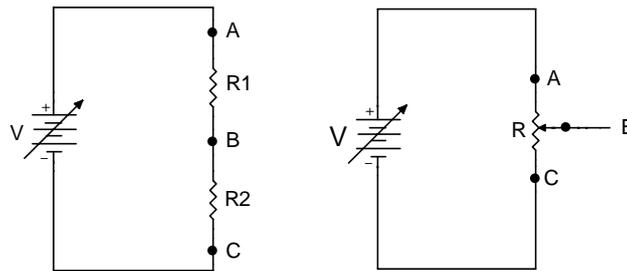
Comentários:

A análise que foi feita acima envolve dois princípios básicos da Física. O primeiro deles refere-se à conservação da energia: a diferença de potencial V_{AC} , que é a diferença de potencial fornecida pela fonte, deve – necessariamente – ser igual a soma das diferenças de potencial ao longo do circuito, ou seja, $V_{AB}+V_{BC}$. Isso pode ser generalizado dizendo-se que a soma das diferenças de potencial nos diversos componentes de um circuito elétrico deve ser igual a diferença de potencial fornecida ao circuito pela fonte de alimentação. Na teoria de circuitos elétricos, esse princípio é conhecido como a 1ª lei de Kirchhof.

O segundo ponto diz respeito à conservação da carga elétrica. Não se cria ou destrói cargas elétricas, ou seja, a carga que entra em um circuito elétrico deve ser exatamente a mesma que sai do mesmo. Como a corrente elétrica é o número de cargas elétricas por unidade de tempo que passa por um dado ponto do espaço, a corrente que entra em uma dada região deve ser, necessariamente, a mesma que sai dessa região. Na teoria dos circuitos elétricos, essa lei é expressa como a 2ª lei de Kirchhof, ou Lei dos Nós: a soma das correntes que chega a um nó e igual à soma das correntes que sai desse mesmo nó.

Divisor de Tensão

Como vimos na experiência anterior, pela lei da conservação da energia, a queda de potencial ao longo de um circuito é igual ao valor da voltagem fornecida pela fonte de tensão e é igual à soma das quedas de potencial em cada um dos componentes no circuito. Na figura abaixo (à esquerda), a soma dos valores de V_{AB} e V_{BC} , portanto, deve ser igual a $V=V_{AC}$.



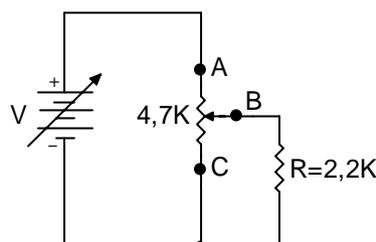
Chamando de R_e a resistência equivalente da associação em série de R_1 e R_2 , ou seja, $R_e = R_1 + R_2$, a corrente que passará pelo circuito será, como vimos no exercício anterior, $I = V / (R_1 + R_2)$. Por sua vez, V_{AB} será igual a $R_1 \cdot I$ e V_{BC} igual a $R_2 \cdot I$. Como a corrente é a mesma em todo o circuito, teremos, eliminando-a dessas equações, teremos:

$$V_{AB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V \quad V_{BC} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$$

Como podemos notar, esse circuito simples funciona como um divisor de voltagens ou divisor de tensão. No caso geral, o valor de $V_{AC} = V$ permanecerá constante enquanto a soma $(R_1 + R_2)$ não mudar, e a voltagem no ponto B dependerá do valor relativo de R_1 e R_2 . Há um tipo de componente, inclusive na bancada, conhecido como potenciômetro que executa essa função. Em geral ele possui três terminais de tal forma que entre os dois terminais mais externos há uma resistência constante cujo valor nominal é o mesmo da resistência total $(R_1 + R_2)$ dado pelo fabricante e corresponde aos pontos A e C do circuito acima. O terminal central está conectado a um contato móvel, que divide o resistor em duas partes e corresponde ao ponto B da figura, de tal forma que $R_1 = R_{AB}$ e $R_2 = R_{BC}$. O símbolo elétrico desse componente é mostrado na figura acima, à direita. Observe que agora o valor de V_{BC} pode variar continuamente desde V_{AC} até zero volt que ocorre quando o ponto B chega ao ponto C e o valor de R_2 torna-se zero. Esse dispositivo será de muita utilidade no decorrer do curso pois apresenta uma alternativa à variação da voltagem da fonte, que nem sempre é desejável ou possível.

Procedimento 1-4:

- 1) Monte o circuito abaixo utilizando o potenciômetro da bancada.
- 2) Ajuste a fonte para zero volts.
- 3) Gire o botão do potenciômetro totalmente no sentido anti-horário.
- 4) Ligue a fonte e com a ajuda do voltímetro, ajuste a tensão entre os pontos A e C para 10V.



- 5) Meça a tensão entre os pontos B e C.
- 6) Altere a posição do botão do potenciômetro vagarosamente e observe a leitura do voltímetro.
- 7) Altere o valor da fonte para 2V.
- 8) Repita os itens 5 e 6.
- 9) Usando o controle do potenciômetro, ajuste a tensão entre os pontos B e C para 1.25 V. Em seguida, altere novamente a posição do botão do potenciômetro para uma leitura de 2V. Tente agora ajustar os mesmos 1.25V usando somente o botão da fonte. É mais fácil ajustar tensões pequenas usando o divisor ou usando o botão da fonte?

Com este procedimento acabamos de mostrar que é possível montar um divisor de tensões simples que possibilita a variação da tensão em um determinado elemento do circuito. Se necessitamos variar a tensão em determinados pontos do circuito, devemos usar divisores de tensão tipo potenciômetro. Um exemplo simples do dia-a-dia é o controle do nível de volume de um rádio ou um equipamento eletrônico. O botão do volume é um potenciômetro.

