

INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS

Introdução

Durante todo o curso de Laboratório de Física B, o aluno manuseará instrumentos de medidas elétricas e fontes de tensão elétrica. O instrumento de medida elétrica mais utilizado durante o curso será o multímetro digital, que é um instrumento que possui diversas funções, permitindo a medida de várias grandezas elétricas. Com relação à fonte de tensão elétrica, utilizaremos na primeira parte do curso fontes contínuas e na segunda parte fontes alternadas.

Os multímetros permitem medir tensões, correntes, resistências elétricas, temperatura, capacitância, frequência, entre outras grandezas. A medida de cada uma dessas grandezas é escolhida por meio de uma chave seletora.

Os multímetros podem ser analógicos ou digitais, como apresentados na Figura 1. Os multímetros analógicos são construídos com um galvanômetro de d'Arsonval e a chave seleciona diferentes resistores ligados em série ou em paralelo com o galvanômetro segundo as conveniências. A chave tem ainda a função de acionar a pilha, ou bateria, no caso de medidas de resistências.

Nos multímetros digitais, os mostradores analógicos e, conseqüentemente, o galvanômetro de d'Arsonval, foram superados por instrumentos eletrônicos com mostradores digitais. Nestes instrumentos, a corrente elétrica é convertida em sinais digitais por meio de circuitos denominados conversores analógico-digitais.

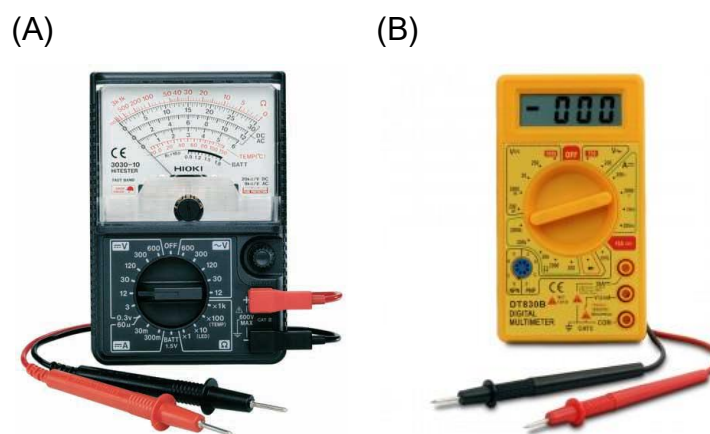


Figura 1: Exemplo de multímetros (a) analógico e (b) digital.

A mudança da chave seletora do multímetro provoca mudanças internas nas conexões dos circuitos que alteram as propriedades elétricas do equipamento, como, por exemplo, a resistência interna. São estas alterações que permitem a inserção dos instrumentos nos circuitos elétricos sem alteração significativa da grandeza que se deseja medir.

Cada tipo de instrumento é conectado ao circuito ou ao dispositivo a ser medido de forma diferente. O voltímetro deve ser conectado em paralelo com os elementos presentes no circuito. Portanto, para que não haja alteração de corrente no circuito, ele deve ter **resistência muito alta**, quando comparada com a resistência do circuito. Por outro lado, o amperímetro é inserido no circuito em série com os demais elementos presentes, sendo necessário, portanto, que a sua **resistência** seja **praticamente desprezível**.

No final desta aula, será possível manusear os instrumentos e vocês poderão verificar as resistências internas usando dois multímetros: um na função ohmímetro (medidor de resistência) e outro a função que desejar determinar a resistência (voltímetro ou amperímetro).

Informações gerais sobre o multímetro

A Figura 2 apresenta um esquema geral de multímetro, nomeando as suas diferentes partes. Pela figura, é possível visualizar as múltiplas escalas que podem ser escolhidas por meio da chave seletora. Os pontos de encaixe dos cabos para medida são indicados com o nome de bornes de entrada. Para cada tipo de uso do instrumento, há uma correta posição dos cabos nos bornes de entrada, como explicaremos nos próximos parágrafos. Para uniformizar, no borne da entrada (-), com a indicação de “COM” no instrumento, utilizaremos cabos azuis ou pretos. No borne da entrada (+), utilizaremos cabos vermelhos ou verdes. Assim, facilitará a correta medida das grandezas. Uma dica importante para as medidas em circuitos alimentados com tensões contínuas: é necessário acoplar os instrumentos respeitando a polaridade do circuito, ou seja, o pólo positivo do seu instrumento deve ser conectado ao pólo positivo do circuito e o pólo negativo do seu instrumento ao pólo negativo do circuito.

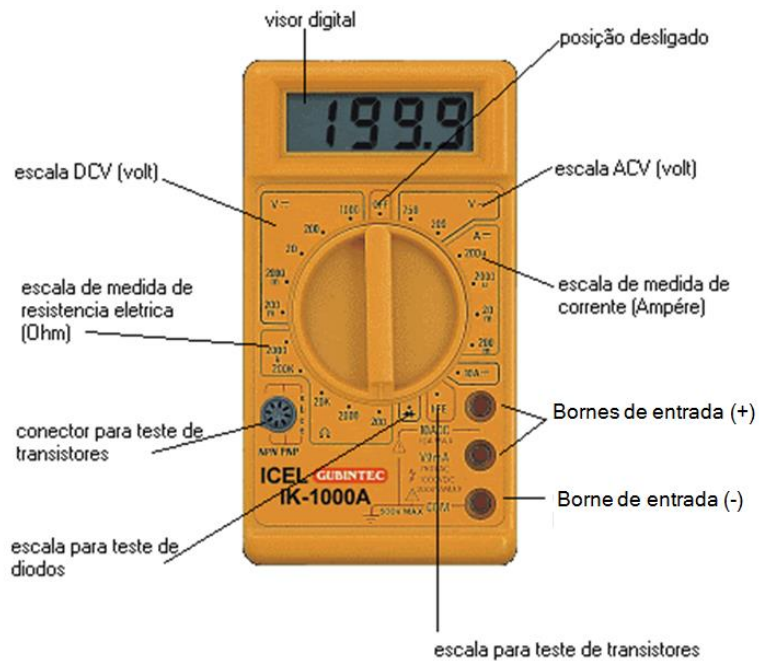


Figura 2: Esquema geral de um multímetro.

Na Figura 3, é possível observar as escalas de medidas na função voltímetro de um multímetro. Também nesta figura, há informações importantes sobre a simbologia associada ao voltímetro e a indicação de como deve ser feita a conexão dos cabos aos bornes de entrada do instrumento para realização de medidas de tensão elétrica.

Múltiplas escalas

Símbolos

Simbologia do voltímetro = $\text{---} \bigcirc \text{V} \text{---}$

Simbologia para tensão contínua = $\text{V} \text{---}$

Simbologia para tensão alternada = $\text{V} \sim$

Conexão dos cabos com os bornes de entrada

Figura 3: Voltímetro: escalas, símbolos e conexões.

Na Figura 4, é possível observar as escalas de medidas na função amperímetro de um multímetro. Também nesta figura, há informações importantes sobre a simbologia associada ao amperímetro e a indicação de como deve ser feita a conexão dos cabos aos bornes de entrada do instrumento para realização de medidas de corrente elétrica.

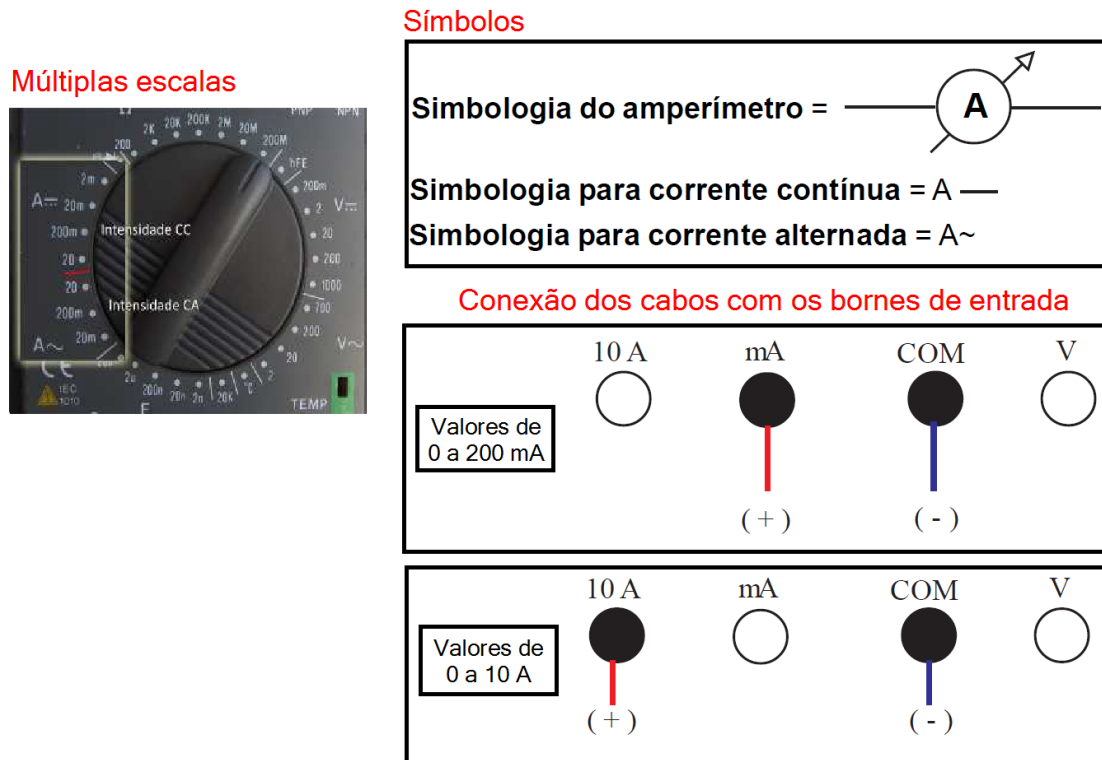


Figura 4: Amperímetro: escalas, símbolos e conexões.

Uma dica importante para evitar danos aos instrumentos é sempre selecionar, em primeiro momento, a maior escala possível da grandeza a ser medida. Após a medida inicial, deve-se selecionar a melhor escala para a medida, para que sejam obtidas medidas com a maior precisão possível. Esta dica é muito importante na função amperímetro: se o instrumento for submetido a valores de corrente maiores do que a escala suporta, ele possivelmente será danificado.

Resistência Interna dos Instrumentos

Quando conectamos um instrumento de medida em circuito, seja um voltímetro, um amperímetro ou um ohmímetro, estamos introduzindo também uma resistência. Idealmente, o amperímetro tem resistência interna desprezível e quando conectado em série ao circuito não altera nem a resistência equivalente

e nem a corrente. Já o voltímetro, idealmente, tem resistência interna infinita, e por ser conectado em paralelo, também não alteraria a resistência equivalente e a corrente elétrica no circuito. Entretanto, na prática, os valores não são exatamente estes e a introdução do instrumento sempre gera alguma alteração no circuito.

A Figura 5 ilustra a conexão do voltímetro e do amperímetro em um circuito elétrico, mostrando que o primeiro deve ser conectado em paralelo com os elementos presentes no circuito, enquanto que o segundo deve ser conectado em série.

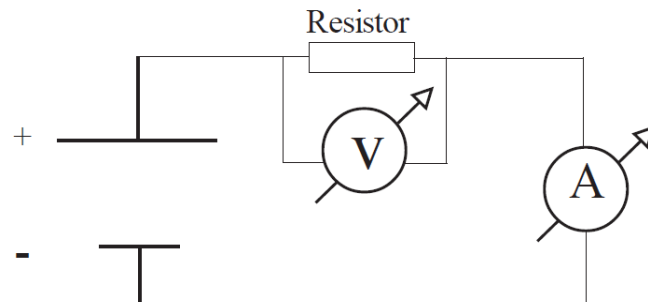


Figura 5: Conexão do amperímetro e do voltímetro no circuito.

Os circuitos serão montados em sala de aula em placas de teste. A Figura 6 apresenta uma das placas de testes que usaremos durante os experimentos.

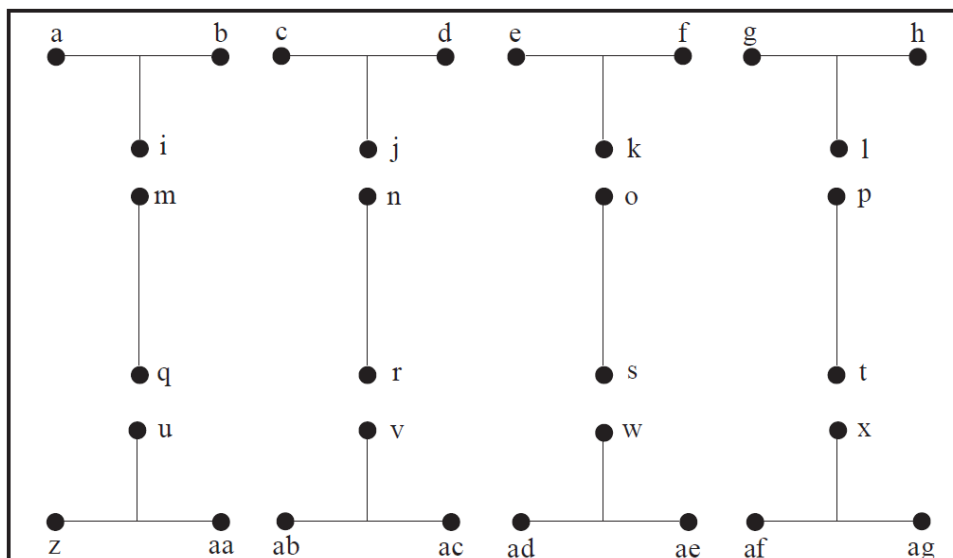


Figura 6: Ilustração de uma placa de teste para montagem de circuito.

Atividade experimental

1. Objetivos

O objetivo desta atividade prática é aprender a manusear o multímetro, nas funções voltímetro e amperímetro, e a fonte de tensão elétrica.

2. Materiais e Métodos

Os materiais necessários para realização deste experimento são:

- Fonte de tensão elétrica;
- Cabos;
- 2 Multímetros;
- Jumpers;
- Placa de teste;
- Resistor.

Roteiro Experimental:

1ª Parte: Medição das resistências internas dos instrumentos.

- i. Coloque um multímetro na função **ohmímetro** na maior escala disponível;
- ii. Coloque um segundo multímetro da função **voltímetro** na menor escala disponível e conecte os cabos corretamente nos bornes indicados para a função selecionada;
- iii. Insira os cabos do **voltímetro** no **ohmímetro** e realize a medida de resistência da escala do voltímetro;
- iv. Se o valor de resistência medida permitir, diminua a escala selecionada do **ohmímetro**¹;

¹ Deve-se evitar usar escalas menores do que a medida, pois neste caso a escala ficará saturada e pode haver danos ao equipamento. Nas funções de **ohmímetro** e de **voltímetro** este “equivoco” é menos problemático, e o grupo deve inclusive colocar em uma escala saturada para verificar como isto é indicado no mostrador. **Já na função amperímetro, saturar a escala normalmente danifica o equipamento e deve ser evitado ao máximo.**

- v. Anote, na Tabela 1, o valor da resistência interna do **voltímetro** medido na escala mais adequada (de melhor precisão)²;
- vi. Repita os passos de i a v para todas as demais escalas do **voltímetro**;
- vii. Coloque um multímetro na função **ohmímetro** na menor escala disponível;
- viii. Coloque um segundo multímetro da função **amperímetro** na menor escala disponível e conecte os cabos corretamente nos bornes indicados para a função selecionada;
- ix. Insira os cabos do **amperímetro** no **ohmímetro** e realize a medida de resistência da escala do amperímetro;
- x. Se o valor de resistência medida permitir, aumente a escala selecionada do **ohmímetro**;
- xi. Anote, na Tabela 1, o valor da resistência interna do **amperímetro** medido na escala mais adequada (de melhor precisão);
- xii. Repita os passos de ix a xi para todas as demais escalas do **amperímetro**, atentando para mudar a conexão dos cabos na escala de 10 A;

2ª Parte: Medição de tensão elétrica contínua.

- xiii. Ligue a fonte de tensão à rede elétrica, atentando para a correta voltagem de alimentação do equipamento (110 ou 220 V);
- xiv. Usando o multímetro na função **voltímetro**, verifique os valores de tensão de saída da fonte de tensão utilizando a correta conexão dos cabos com os instrumentos;
- xv. Posicione a chave seletora na escala de 20 V (DC)³ e ajuste a fonte de tensão para fornecer aproximadamente 15 V, **segundo medida do**

² Em Laboratório de Física B, raramente observa-se variações nas medidas feitas no multímetro. Assim, por simplicidade, será feita apenas uma medida de cada grandeza e a incerteza combinada será, portanto, igual a incerteza do tipo B. Cabe reforçar, contudo, que esta é uma simplificação e que não pode ser estendida a situações que exijam maior rigor na avaliação das incertezas nos resultados.

³ O símbolo DC indica a utilização de corrente contínua e o símbolo AC indica a utilização de corrente alternada.

voltímetro. É a leitura do **voltímetro** que deverá ficar em torno de 15 V. Então, observe o voltímetro enquanto estiver girando o botão da fonte de tensão. Anote, na tabela de dados disponibilizada na seção seguinte a tensão medida;

- xvi. Sem modificar a tensão de saída da fonte, altere a escala de medida do voltímetro, para as escalas indicadas na Tabela 2. Discuta com seus colegas de grupos as modificações observadas nas medidas realizadas, identificando a importância da correta seleção da escala;
- xvii. Retorne a chave seletora para a escala 20 V (DC) e desligue momentaneamente a fonte de tensão;
- xviii. Inverta a conexão dos cabos (vermelho e azul) com os bornes de entrada do voltímetro e refaça uma medida de tensão da escala mais adequada, verificando a influência da polaridade nas leituras;
- xix. Desmonte o seu experimento e desligue os instrumentos.

3ª Parte: Medição de corrente elétrica contínua.

- i. Monte o circuito sugerido na Figura 7, conectando o cabo vermelho do amperímetro ao borne de entrada de 10 A e selecionando a correta escala do amperímetro para medida de corrente contínua (escolha inicialmente a escala mais segura, que é a de 10 A);⁴

⁴ A função amperímetro do multímetro exige máximo cuidado e atenção. Deve-se evitar saturar as escalas e é preciso garantir a correta inserção do instrumento no circuito. Colocar o amperímetro incorretamente (em paralelo) é a principal causa de queima dos instrumentos de Laboratório de Física B.

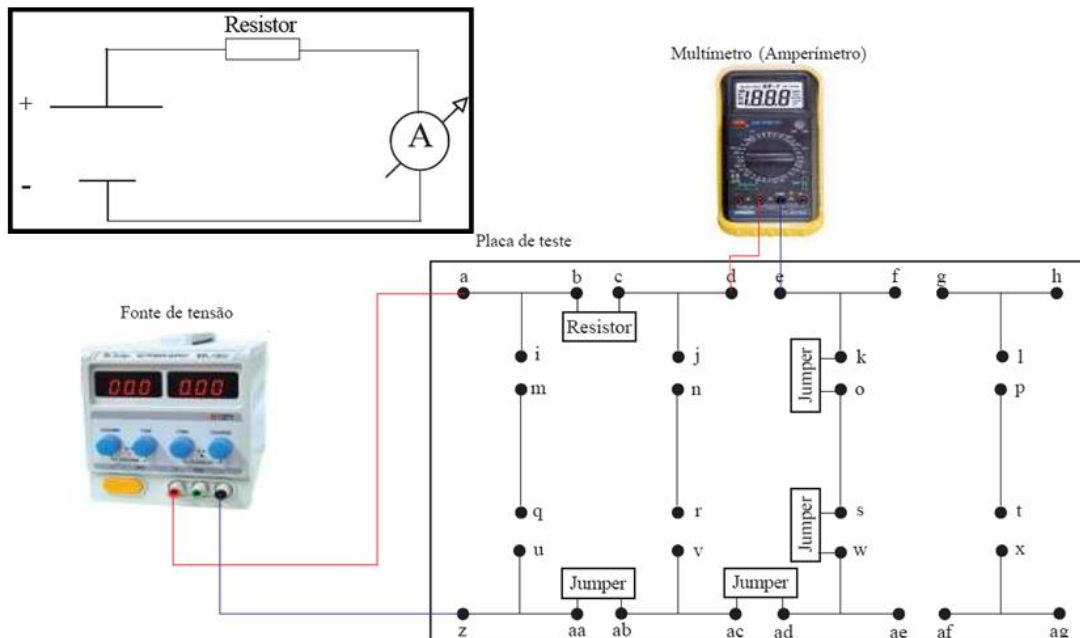


Figura 7: Sugestão para montagem do circuito, no quadro em destaque, para experimento com o amperímetro.

- ii. Ligue a fonte de tensão e aplique 15 V no circuito; monitorando esse valor através do medidor da própria fonte.
- iii. Realize a medida de corrente e verifique se é possível diminuir a escala para a escala de 200 mA;
- iv. Caso a corrente medida seja inferior a 200 mA, desligue a fonte e o amperímetro, reposicione o cabo vermelho no borne de 200 mA e reconecte o amperímetro no circuito;
- v. Faça nova medida da corrente nas escalas do amperímetro que tenham fundo de escala maior do que a medida. Não meça em escalas que fiquem saturadas para não danificar o equipamento;
- vi. Desligue a fonte, inverta os cabos (vermelho e azul) e faça uma medida de corrente da melhor escala, verificando a influência da polaridade nas leituras;
- vii. Desmonte todo o experimento e deixe a bancada arrumada, com cabos e dispositivos guardados devidamente e todos os equipamentos desligados e desconectados da rede elétrica.

3. Tabela de Dados

Tabela 1: Dados coletados na atividade prática com o ohmímetro.

Voltímetro			
Escala do voltímetro	R (MΩ)	$\sigma_b (= \sigma_c)$ (MΩ)	Resultado de R
200 mV			(_____ ± _____) _____
2000 mV			(_____ ± _____) _____
20 V			(_____ ± _____) _____
200 V			(_____ ± _____) _____
500 V			(_____ ± _____) _____
Amperímetro			
Escala do amperímetro	R (Ω)	$\sigma_b (= \sigma_c)$ (Ω)	Resultado de R
10 A			(_____ ± _____) _____
200 mA			(_____ ± _____) _____
20 mA			(_____ ± _____) _____
2000 μA			(_____ ± _____) _____

Tabela 2: Dados coletados na atividade prática com o voltímetro.

Escala do voltímetro			
Tensão indicada na fonte (V): _____			
Escala do voltímetro	V (V)	$\sigma_b (= \sigma_c)$ (V)	Resultado de V
20 V			(_____ ± _____) _____
200 V			(_____ ± _____) _____
500 V			(_____ ± _____) _____
2000 mV			(_____ ± _____) _____
200 mV			(_____ ± _____) _____

Tabela 3: Dados coletados na atividade prática com o amperímetro.

Escala do amperímetro			
Tensão indicada na fonte (V): _____			
Escala do amperímetro	I (mA)	$\sigma_b (= \sigma_c)$ (mA)	Resultado de I
10 A			(_____ ± _____) _____
200 mA			(_____ ± _____) _____
20 mA			(_____ ± _____) _____
2000 μA			(_____ ± _____) _____

4. Discussão

1. Qual a resistência interna em cada escala do voltímetro? Discuta o resultado considerando a forma como o voltímetro é introduzido no circuito para realização de medidas.
2. Qual a resistência interna em cada escala do amperímetro? Discuta o resultado considerando a forma como o amperímetro é introduzido no circuito para realização de medidas.
3. Os valores de tensão medidos com o multímetro são semelhantes aos valores indicados no visor da fonte de tensão? Estime o erro para algumas das medidas feitas.
4. O que ocorrerá com a leitura se selecionarmos a escala de 2 V para fazermos uma medida de 15 V? E se fizermos uma medida de 150 mV em uma escala de 200 V, haverá algum prejuízo às medidas?
5. Qual a melhor escala e função para medida da tensão da rede elétrica de Aracaju? E de uma pilha de 1,5 V? Justifique sua resposta.
6. O que ocorre com as leituras quando invertemos a polaridade dos cabos do instrumento de medida ao conectá-los ao circuito?
7. O que ocorre com o amperímetro se a corrente medida for maior do que a máxima prevista para os bornes de entrada selecionados?
8. Porque é mais fácil danificar o instrumento no modo amperímetro do que no modo voltímetro?