



**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos**  
**PSI - EPUSP**

**PSI 3031 – LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

**GUIA DE EXPERIMENTOS**

**EXPERIÊNCIA 1: INSTRUMENTAÇÃO LABORATORIAL**

**Edição 2019**

ELISABETE GALEAZZO E LEOPOLDO YOSHIOKA

**Objetivos da experiência**

Esta experiência tem como objetivo familiarizar os alunos com alguns dos principais equipamentos que serão utilizados no laboratório ao longo da disciplina. Incluem-se, entre eles: multímetro digital portátil, fonte de tensão DC e gerador de sinais. Além disso, os alunos aprenderão os procedimentos para a montagem de circuitos em *protoboard* e sobre medição de grandezas elétricas. Serão exploradas as principais funções dos equipamentos e apresentadas as suas limitações. Também serão abordados conceitos de incertezas instrumentais.

**Materiais necessários para realização do experimento:**

- 1 multímetro digital portátil modelo TX3 –TEKTRONIX (sala C1-06) ou 1 multímetro digital portátil modelo DMM830 – TEKTRONIX (sala C1-01);
- 1 fonte de tensão contínua, modelo E3631A Power Supply, da AGILENT;
- 1 gerador de funções, modelo 33500B, da AGILENT;
- 1 *protoboard*;
- Resistores, cabos e conectores diversos.

## PARTE EXPERIMENTAL

### 1. Resistores: código de cores e utilização do ohmímetro

---

*Objetivos: aplicar código de cores para identificar valores nominais de resistores, utilizar ohmímetro para medição de resistências e calcular incertezas instrumentais associadas às medições.*

---

- 1.1. Verifique os cuidados a serem tomados para utilização do ohmímetro (vide item 3.3 da **Introdução Teórica**) e descreva-os no seu relatório.

Faça um esboço de como medir uma resistência com o multímetro digital, indicando que terminais do medidor devem ser utilizados para essa medição.

Sugestão para conectar um resistor ao multímetro portátil, utilizando-se cabos simples com terminações de garras jacaré:



- 1.2. Identifique os valores nominais dos resistores indicados a seguir por meio do seu código de cores (vide **Anexo 1\_Código\_cores\_resistores.pdf** na pasta **Anexos da Experiência 01**).

Resistor:	$R_A$	$R_B$	$R_C$
Código de cores:	<b>Marrom Vermelho Marrom</b>	<b>Verde Azul Laranja</b>	<b>Marrom Preto Azul</b>

- 1.3. Configure o multímetro digital para operar na configuração padrão (por exemplo, no multímetro portátil TX3 o *modo padrão é de 5000 contagens*)<sup>1</sup> (para mais informações, vide **o manual do equipamento na aba “Manuais”** do e-disciplinas da disciplina). Depois disso, meça as resistências  $R_A$ ,  $R_B$  e  $R_C$  com o **ohmímetro** com a resolução padrão (*default*) do equipamento.
- 1.4. Calcule a incerteza da medição instrumental do ohmímetro para cada valor de resistência mensurada (vide **Incerteza\_instrumental\_multímetro\_TX3\_Tektronics\_default\_2018.pdf** na

---

<sup>1</sup> Para habilitar a configuração *default* ou *high resolution* no multímetro TX3: pressione e segure por alguns segundos o botão azul do painel do multímetro e clique na tecla softkey “4” até encontrar a função *HrEs*. Acione a softkey + (1) = ON (para selecionar *high resolution*) e a tecla - (2) = OFF (para selecionar *default*).

pasta **Anexos da experiência 01**, para obter as expressões do fabricante para o cálculo das incertezas).

- 1.5. Compare os resultados obtidos experimentalmente com os valores nominais. Apresente o erro relativo entre os resultados obtidos pelo instrumento e os valores nominais fornecidos, e faça suas conclusões.

## 2. Montagem de circuitos resistivos e avaliação da limitação do voltímetro digital

---

*Objetivos: exercitar montagens de circuitos simples em protoboard, efetuar medições de tensão com voltímetro e avaliar suas limitações.*

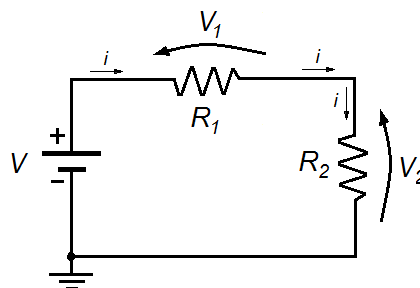
---

Neste item analisaremos o circuito divisor resistivo apresentado na **Figura 1**.

### 2.1. Medições de tensões DC com Voltímetro.

Considere os valores nominais de  $R_1$  e  $R_2$  iguais a **100 k $\Omega$** .

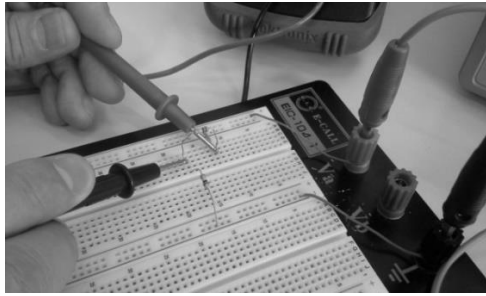
Meça o valor experimental dos resistores  $R_1$  e  $R_2$  com o ohmímetro, e a seguir monte o circuito da **Figura 1** num **protoboard** (informações sobre protoboard encontram-se no **Anexo 3\_Protoboards.pdf** situado na pasta **Anexos da Experiência 01**).



**Figura 1:** Esquema elétrico do circuito divisor resistivo.

**Dicas:** veja como montar e medir tensões no circuito com o multímetro portátil através do exemplo ilustrado na **Figura 2**. Utilize a fonte de tensão contínua (DC) disponível em sua bancada para alimentar o circuito. Leia o **item 4 da Introdução Teórica** e consulte o **manual da fonte DC** (acesse a aba **"Manuais"**) para obter maiores detalhes e cuidados a serem tomados com esta fonte de tensão.

- Faça o esboço da montagem experimental e indique os valores experimentais dos resistores utilizados no seu circuito.
- Programe a fonte de tensão para fornecer **12 V** e conecte-a ao circuito da Figura 1.
- Meça as tensões  $V$ ,  $V_1$  e  $V_2$  com o voltímetro portátil (modo de operação DC) e anote os valores obtidos em Tabela 2.



**Figura 2:** Montagem do circuito em *protoboard* e procedimento de medição.

## 2.2. Valores teóricos das tensões ( $R_1 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ )

- Calcule** a tensão  $V_2$  do circuito da Figura 1, considerando: os valores experimentais dos resistores e resistência interna infinita do voltímetro (voltímetro ideal).
- Considere agora que o voltímetro real possui uma resistência interna de  $10 \text{ M}\Omega$ . **Repita os cálculos** para obter a tensão  $V_2$ .
- Compare** os resultados dos cálculos com os resultados experimentais (item 2.1)

## 2.3. Medição de tensões em circuitos com resistência elevada ( $R_1 = R_2 = 10 \text{ M}\Omega$ )

Troque os resistores da Figura 1 para os valores  $R_1 = R_2 = 10 \text{ M}\Omega$ , mantendo a tensão de alimentação em  $12 \text{ V}$ .

- Meça** as resistências  $R_1$  e  $R_2$ ;
- Meça** as tensões  $V_1$  e  $V_2$ ;
- Desenhe** o circuito equivalente com o voltímetro real sobre o resistor  $R_2$  (vide item 3.1 da Introdução Teórica);
- Calcule** a tensão  $V_2$  sobre o resistor  $R_2$  supondo dois casos: voltímetro ideal e real;
- Compare** os resultados calculados com os experimentais, apresentando o erro relativo entre eles;
- Tire suas **conclusões**.

## 3. Medição de corrente com amperímetro digital

---

*Objetivos: exercitar montagens de circuitos simples em protoboard, efetuar medições de corrente com amperímetros e avaliar suas limitações.*

---

- 3.1 Monte um circuito simples no *protoboard* com um resistor de **10 k $\Omega$**  nominal alimentado por uma tensão de **12 V**.

Meça a corrente DC do circuito com um amperímetro digital, de acordo com a sugestão de montagem indicada do item 3.2 da Introdução Teórica.

Calcule a corrente esperada e compare com o valor experimental.

A resistência interna do amperímetro afetou a medição neste caso?

#### 4. Avaliação da dissipação de calor no resistor

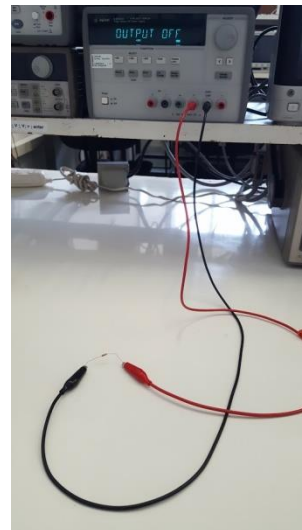
---

*Objetivo: avaliar a capacidade de dissipação de calor de resistores*

---

Conecte um resistor de 100  $\Omega$  e potência de 1/8 de watt diretamente à fonte de tensão (programando-a para 0 V e com limite de corrente igual a 0,5 A), por meio de cabos e garras jacaré. Atenção: **não use o protoboard nesta etapa da experiência!!!!**

Veja o exemplo indicado na figura ao lado →



A seguir, efetue:

- Aumente devagar, com passos de 1 V, a tensão de alimentação sobre o resistor a partir de 0 V até atingir no máximo 20 V. Observe também o valor da corrente que está fluindo pelo resistor para cada tensão (através do amperímetro situado na fonte de tensão).
- **Descreva** o que foi observado com relação ao resistor a cada acréscimo de volt. **Explique** o que ocorreu com o resistor nesse ensaio.

#### 5. Circuitos resistivos com alimentação de tensão AC – medição com voltímetro

---

*Objetivos: aprender a utilizar o gerador de funções para programar sinais alternados para alimentar circuitos elétricos, e exercitar medições de tensão alternada com o multímetro.*

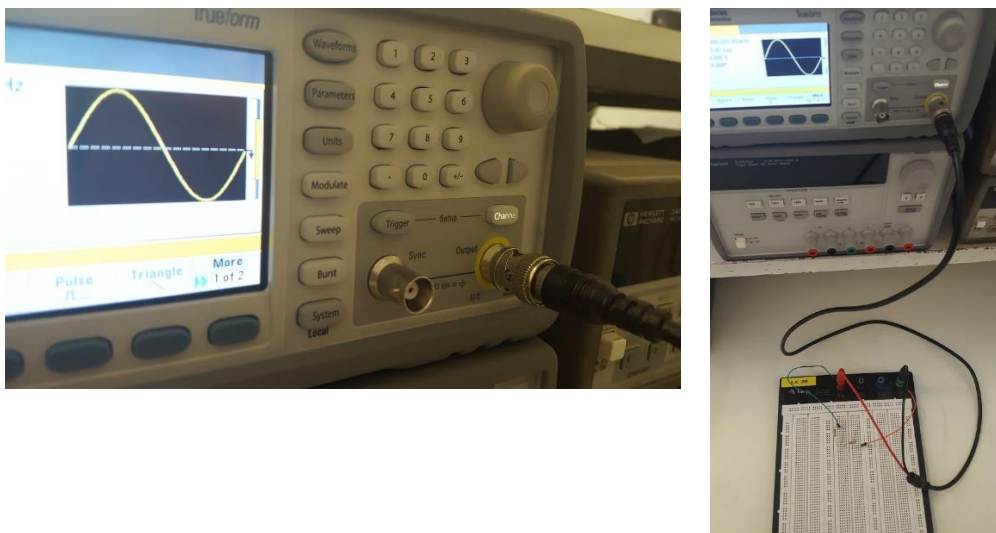
---

Repita a montagem do circuito resistivo da Figura 1 com  $R_1 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ . No entanto, agora você irá alimentar o circuito com uma fonte de tensão alternada (utilize o gerador de funções modelo **33500B da Agilent**. Mais informações acesse o manual do equipamento).

Para isso, programe o gerador de funções para operar na condição de **HIGH Z** (ver item 5 da **Introdução Teórica**).

Depois disso, selecione no gerador um sinal de tensão eficaz ( $V = 7 \text{ V}_{\text{RMS}}$ ), forma de onda senoidal e frequência = 1 kHz.

**Observação:** note que a saída do gerador de funções tem um terminal BNC (fêmea) (vide **Anexo4\_Cabos\_Conectores.pdf** na pasta **Anexos da Experiência 01**). Você precisará utilizar um cabo BNC-Bananas para conectar o gerador ao circuito via protoboard, conforme exemplo da Figura 3, a seguir:



**Figura 3:** Cabo coaxial com conectores BNC-bananas utilizado na saída do gerador de funções.

- Faça um esquema com esboço da montagem, indicando os componentes com seus valores experimentais e o voltímetro conectado ao circuito.
- Meça a tensão da fonte e sobre os resistores  $R_1$  e  $R_2$  com o multímetro portátil no modo de operação DC e depois no modo de operação AC. Anote os valores obtidos em tabela apropriada.
- Faça os cálculos teóricos, compare com os resultados experimentais e discuta sobre os resultados obtidos.