

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA

RELATÓRIO DE AULA DE LABORATÓRIO  
VOLTÍMETRO E AMPERÍMETRO DE CORRENTE CONTÍNUA

GUSTAVO SIMAS DA SILVA  
HENRIQUE PICKLER DA SILVA

AGOSTO, 2017

## 1. INTRODUÇÃO

O atual relatório visa apresentar resultados de aula em laboratório da disciplina EEL7045 – Circuitos Elétricos A, referentes à Aula 02 – Voltímetro e Amperímetro de Corrente Contínua. São desenvolvidos os conceitos estudados, com demonstração dos valores teóricos calculados e medidos a partir de montagem dos circuitos propostos pelo roteiro do laboratório.

São apresentadas tabelas, gráficos e figuras, quando possível, para ilustrar melhor os tópicos e o seu respectivo entendimento. Referências bibliográficas são listadas no fim do relatório.

## 2. METODOLOGIA E RESULTADOS

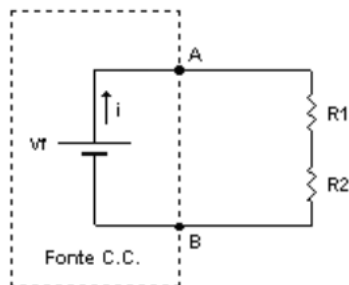
O laboratório objetivava fornecer os seguintes tópicos aos praticantes:

- Introduzir as noções básicas sobre o voltímetro de C.C. e o amperímetro de C.C.;
- Dar ao aluno o conhecimento adequado para realizar medições de tensão e corrente;
- Permitir a comprovação prática da Lei das Malhas e da Lei dos Nós;
- Mostrar as não-idealidades dos instrumentos de medida;
- Dar conhecimento ao aluno sobre o erro de inserção em uma medida;
- Introduzir a noção do “limitador de corrente”;
- Comprovar na prática os dados obtidos através da análise teórica.

## 2.1. Tensão Elétrica sem Erro de Inserção

Os instrumentos utilizados para a execução das atividades foram: Multímetro Analógico ICEL, Multímetro Digital Minipa, assim como resistores de diferentes valores de resistência, fonte de tensão CC, conectores jumper, cabos e matriz de contato.

Para a primeira parte, requisitava-se a comprovação da 2ª Lei de Kirchhoff (Lei das Malhas). Para tanto, precisava-se calcular e inferir a tensão elétrica sobre cada elemento do circuito apresentado na Figura 1:



$V_F$  – fonte de tensão de 15 V;

$R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega \pm 5\%$  com potência de 1/8 W;

$R_2 = 560 \Omega \pm 5\%$  com potência de 1/8 W.

**Figura 1 - Circuito 1 Medição de Tensão**

Assim, efetuou-se o cálculo dos valores teóricos sem inserção dos dispositivos de medição. Pela Lei de Ohm ( $V = Ri$ ) e divisão de tensão, desenvolveu-se:

$$V_{R1} = V_F \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$V_{R1} = 15 \cdot 1200 / (1200 + 560)$$

$$V_{R1} = 10,23 \text{ V}$$

$$V_{R2} = V_F \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$V_{R2} = 15 \cdot 560 / (1200 + 560)$$

$$V_{R2} = 4,77 \text{ V}$$

$$V_{AB} = V_F = 15 \text{ V}$$

$$I_{AB} = I_{R1} = I_{R2} = V_F / R_{EQ} = 15 / (1200 + 560)$$

$$I_{AB} = 8,5 \text{ mA}$$

$$P = Ri^2$$

$$P_{R1} = R_1 * I_{AB}^2$$

$$P_{R1} = 1200 * (0,0085)^2 = 86,7mW$$

$$P_{R2} = R_2 * I_{AB}^2$$

$$P_{R2} = 560 * (0,0085)^2 = 40,46mW$$

Verifica-se que os valores de potência dissipada em cada resistor não ultrapassam os valores máximos estipulados pelo fabricante (1/8 W).

Após, tanto utilizando o multímetro analógico quanto o digital, foram inferidos os valores práticos de tensão (medido em paralelo com os elementos). Segue pela Tabela 1 os dados:

**Tabela 1 - Valores de Tensão Circuito 1**

<b>Medidas</b>	<b>Dados</b>	<b>Multímetro Analógico</b>	<b>Multímetro Digital</b>
<b>V<sub>R1</sub></b>	Escala	50V	20V
	Valor	(10,1 ± 0,5)V	(10,02 ± 0,01)V
<b>V<sub>R2</sub></b>	Escala	50V	20V
	Valor	(4,8 ± 0,5)V	(4,68 ± 0,01)V
<b>V<sub>AB</sub></b>	Escala	10V	20V
	Valor	(14,9 ± 0,5)V	(14,69 ± 0,01)V

Logo na primeira montagem prática, já percebe-se uma diferenciação entre os valores do equipamento analógico e digital, isto devido ao modo de fabricação dos dispositivos e diferentes resistências internas.

Pela faixa de variação de tensão nos resistores (±5%) afirma-se que os dados medidos se enquadram em tal alcance. Assim, pela 2ª Lei de Kirchhoff temos que:

Para o multímetro analógico:

$$V_{AB} \cong V_{R1} + V_{R2}$$

$$14,9 \cong 10,1 + 4,8 = 14,9 \text{ V}$$

Para o multímetro digital:

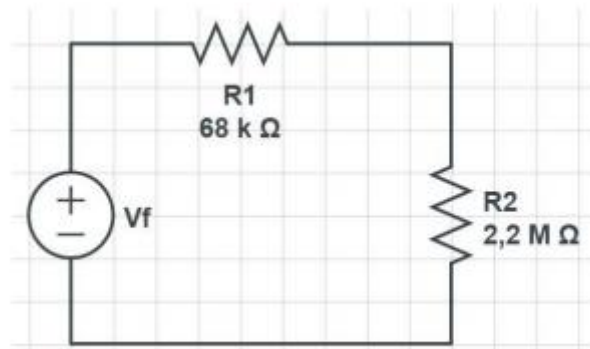
$$V_{AB} \cong V_{R1} + V_{R2}$$

$$14,69 \cong 10,02 + 4,68 = 14,7 \text{ V}$$

Portanto, comprova-se a 2ª Lei de Kirchhoff (Lei das Malhas)

## 2.2. Tensão Elétrica com Erro de Inserção

Para a próxima etapa, visava-se executar os cálculos com circuito semelhante, porém agora considerando o erro de inserção na medida com os dispositivos. Para tal, foram alterados os resistores para valores mais elevados, conforme é mostrado pela Figura 2.



**Figura 2 - Circuito 2 Medição de Tensão com Erro de Inserção**

Foi calculada a tensão elétrica sobre cada elemento sem o erro de inserção.

$$V_{R1} = 15 \cdot 68\text{k} / (68\text{k} + 2,2\text{M})$$

$$V_{R1} = 0,45\text{V}$$

$$V_{R2} = 15 \cdot 2,2\text{M} / (68\text{k} + 2,2\text{M})$$

$$V_{R2} = 14,55\text{V}$$

Em seguida, verificaram-se os valores pelos multímetros à disposição. Segue pela Tabela 2 as informações encontradas:

**Tabela 2 - Valores de Tensão Circuito 2**

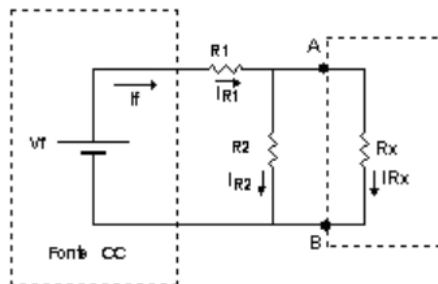
Medidas	Dados	Analógico	Digital
$V_{R1}$	Escala	0,5V	2V
	Valor	$(0,055 \pm 0,5)\text{V}$	$(0,431 \pm 0,001)\text{V}$
$V_{R2}$	Escala	50V	20V
	Valor	$(13,6 \pm 0,5)\text{V}$	$(14,19 \pm 0,01)\text{V}$

Identifica-se que o multímetro analógico apresenta menores valores medidos em ambos os resistores. Isto se deve, possivelmente, ao fato de apresentar resistência interna menor do que o multímetro digital, ocasionando uma resistência equivalente mais baixa que o elemento a qual está conectado em paralelo.



### 2.3. Corrente Elétrica sem Erro de Inserção

Visando comprovar a 1ª Lei de Kirchhoff (Lei das Correntes ou dos Nós), foi executada a montagem do referente circuito apresentado na Figura 3:



$V_f$  – fonte de tensão de 15 V;

$R_1 = 12 \text{ k}\Omega \pm 5\%$  com potência de 1/8 W;

$R_2 = 120 \text{ }\Omega \pm 5\%$  com potência de 1/8 W;

$R_x = 1,2 \text{ k}\Omega \pm 5\%$  com potência de 1/8 W

**Figura 3 - Circuito 3 Medição de Corrente**

Foram realizados os cálculos para os casos extremos de curto-circuito entre os terminais A-B ( $R_x = 0$ ) e circuito aberto ( $R_x \rightarrow \infty$ ).

Para  $R_x = 0$ :

$$I_F = I_{R1} = V_F / R_1 = 15 / 12000 = 1,25 \text{ mA}$$

$$I_{R2} = 0$$

Para  $R_x \rightarrow \infty$ :

$$I_F = I_{R1} = I_{R2} = V_F / (R_1 + R_2)$$

$$I_F = 15 / (12\text{k} + 120) = 1,24 \text{ mA}$$

$$\Delta I_F = 1,25 \text{ mA} - 1,24 \text{ mA} = 0,01 \text{ mA}$$

O circuito supracitado é denominado “limitador de corrente” pois apresenta a característica de impossibilitar o aumento de corrente elétrica requisitado pela fonte, independentemente do valor de resistência do resistor  $R_x$ .

Após, os valores medidos em circuito montado em matriz de contatos, segue pela Tabela 3:

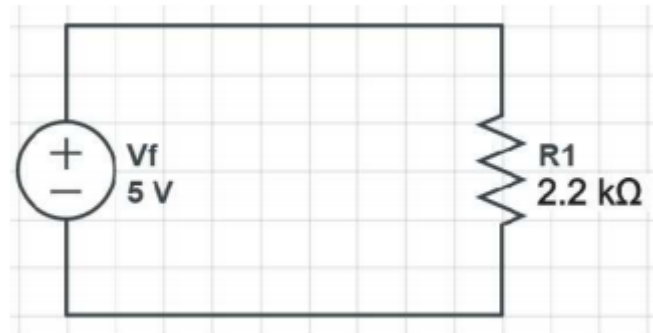
**Tabela 3 - Valores Corrente Circuito 3**

<b>Medidas</b>	<b>Dados</b>	<b>Analógico</b>	<b>Digital</b>
<b><math>I_{R1}</math></b>	Escala	2,5mA	2mA
	Valor	$(1,20 \pm 0,05)\text{mA}$	$(1,13 \pm 0,01)\text{mA}$
<b><math>I_{R2}</math></b>	Escala	2,5mA	2mA
	Valor	$(1,05 \pm 0,05)\text{mA}$	$(0,96 \pm 0,01)\text{mA}$
<b><math>I_{Rx}</math></b>	Escala	2,5mA	2mA
	Valor	$(0,05 \pm 0,05)\text{mA}$	$(0,094 \pm 0,01)\text{mA}$

Nota-se que o multímetro digital apresenta menor valor de corrente elétrica, isto pois, como comentado anteriormente, é passível de apresentar menor resistência interna que o multímetro analógico.

## 2.4. Corrente Elétrica com Erro de Inserção

Para a última etapa da atividade de laboratório, executou-se a montagem do circuito exibido na Figura 4:



**Figura 4 - Circuito 4 Medição de Corrente**

Requisitava-se utilizar a escala adequada de corrente para realizar as medidas com os multímetros analógico e digital, separadamente. Conforme elaborado, calcula-se o valor teórico:

$$I_F = 5/2200 = 2,27\text{mA}$$

E segue pela Tabela 4 os dados obtidos:

**Tabela 4 - Valores de Corrente Circuito 4**

Medidas	Dados	Analógico	Digital
$I_{R1}$	Escala	2,5mA	2mA
	Valor	$(2,30 \pm 0,05)\text{mA}$	$(2,06 \pm 0,01)\text{mA}$

### 3. CONCLUSÕES

Pelos dados obtidos e comparação realizada com os valores teóricos sem e com inserção dos dispositivos de medição, conclui-se que o multímetro analógico apresenta maior resistência interna que o multímetro digital, o que é visível pela redução nos valores de tensão pelo tópico 2.2.

De mesmo modo, afirma-se que outras variáveis além das condições dos equipamentos podem afetar as inferências, como temperatura, pressão, ruído na fonte de tensão, vibrações, assim como a imprecisão de leitura (erro de paralaxe) na verificação do número de medida no multímetro analógico.

Contudo, apesar de todos elementos mediadores de medição, foram obtidas resultados semelhantes e aproximados (mesmo com os arredondamentos em cálculo), tão como dentro da faixa de tolerância dos resistores utilizados.

#### 4. REFERÊNCIAS

PENG, Patrick Kuo. **Aula 02 Voltímetro e Amperímetro de Corrente Contínua.** Disponível em: [https://github.com/GSimas/EEL7045/blob/master/Lab/Aula02\\_Medi%C3%A7%C3%A3o%20Tens%C3%A3o%20e%20Corrente%20CC.pdf](https://github.com/GSimas/EEL7045/blob/master/Lab/Aula02_Medi%C3%A7%C3%A3o%20Tens%C3%A3o%20e%20Corrente%20CC.pdf). Acesso em 27 ago. 2017.