



**Circuitos Elétricos 1**  
**Prof. Juliano Scholz Slongo**  
**03/05/2025**  
**Laboratório #1**

**Gabriel dos Santos Schmitz & Henrique Acaio de Souza Farias**  
(RA: 2487438 & 2399040)

*Este documento foi criado usando L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X*  
*<https://github.com/gabrielzschmitz/uni/tree/main/circuitos-1/lab1>.*

# 1 Introdução

A presente atividade tem como objetivo verificar os conceitos de análise de circuitos elétricos em corrente contínua (DC), com ênfase na aplicação das leis fundamentais dos circuitos, como a *Lei de Ohm* e as *Leis de Kirchhoff*. O foco será avaliar como esses conceitos se manifestam na prática, por meio de experimentos que envolvem a medição de grandezas elétricas em circuitos reais.

A fundamentação teórica que sustenta esta atividade pode ser encontrada nas obras: *Fundamentos de circuitos elétricos* [1], *Análise de circuitos em engenharia* [2], *Introdução à análise de circuitos* [3], *Introdução aos circuitos elétricos* [4], *Circuitos elétricos* [5] e *Análise de circuitos em engenharia* [6], que abordam em profundidade os princípios da análise de circuitos elétricos.

Além disso, a atividade busca familiarizar os futuros engenheiros com o uso de equipamentos de medição, essenciais para a análise e avaliação da resposta de circuitos. Através deste laboratório, espera-se que os alunos adquiram experiência prática, desenvolvendo habilidades cruciais para a interpretação e solução de problemas relacionados à análise de circuitos DC.

## 2 Análise Teórica

Neste experimento, realizamos a análise teórica de um circuito resistivo utilizando o método da análise nodal. O objetivo é determinar os potenciais elétricos nos nós principais, as correntes que circulam pelos resistores e as potências envolvidas no circuito.

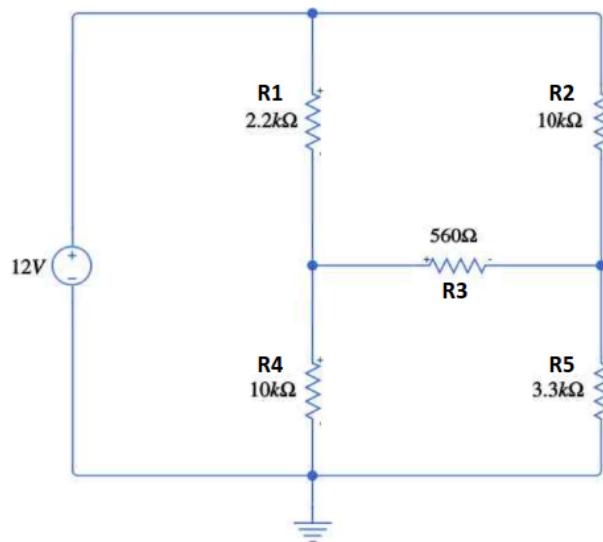


Fig. 1: Circuito para análise em laboratório

### 2.1 Análise Nodal

Para determinar as tensões nos nós do circuito, aplicamos a Lei de Kirchhoff das Correntes (LKC) nos dois principais nós de interesse, denominados  $v_1$  e  $v_2$ . Essa lei estabelece que a soma algébrica das correntes que entram e saem de um nó é igual a zero.

- Nó 1:  $v_1$  (entre R1, R3, R4)

$$\frac{v_1 - 12}{2200} + \frac{v_1 - v_2}{560} + \frac{v_1 - v_2}{10000} = 0$$

- Nó 2:  $v_2$  (entre R2, R3, R5)

$$\frac{v_2 - 12}{10000} + \frac{v_2 - v_1}{560} + \frac{v_2}{3300} = 0$$

## 2.2 Sistema Linear

As equações obtidas na análise nodal são reorganizadas para formar um sistema linear, no qual isolamos os termos relacionados a  $v_1$  e  $v_2$ . Isso facilita a resolução por métodos algébricos.

A seguir, expressamos as equações no formato padrão do sistema:

$$\begin{cases} \left( \frac{1}{2200} + \frac{1}{560} + \frac{1}{10000} \right) v_1 - \left( \frac{1}{560} + \frac{1}{10000} \right) v_2 = \frac{12}{2200} \\ -\frac{1}{560} v_1 + \left( \frac{1}{10000} + \frac{1}{560} + \frac{1}{3300} \right) v_2 = \frac{12}{10000} \end{cases}$$

Convertendo as frações para valores decimais, obtemos:

$$\begin{cases} 0.000988v_1 - 0.001179v_2 = 0.005455 \\ -0.001786v_1 + 0.002448v_2 = 0.0012 \end{cases}$$

Este sistema pode ser resolvido por substituição, método de Gauss ou matriz inversa. O resultado fornece as tensões nos nós:

$$v_1 \approx 7,30 \text{ V}, \quad v_2 \approx 6,51 \text{ V}$$

## 2.3 Cálculo das Correntes nos Resistores (em mA)

Com os valores de  $v_1$  e  $v_2$  obtidos, podemos calcular a corrente em cada resistor usando a Lei de Ohm  $I = \frac{V}{R}$ , considerando a queda de tensão correspondente em cada resistor.

- $I_{R1} = \frac{12-v_1}{2200} = \frac{4.70}{2200} \approx 2.14 \text{ mA}$
- $I_{R2} = \frac{12-v_2}{10000} = \frac{5.49}{10000} \approx 0.549 \text{ mA}$
- $I_{R3} = \frac{v_1-v_2}{560} = \frac{0.79}{560} \approx 1.41 \text{ mA}$
- $I_{R4} = \frac{v_1-v_2}{10000} = \frac{0.79}{10000} \approx 0.72 \text{ mA}$
- $I_{R5} = \frac{v_2-0}{3300} = \frac{6.51}{3300} \approx 1.97 \text{ mA}$

## 2.4 Cálculo das Tensões nos Resistores (em V)

A tensão sobre cada resistor também pode ser obtida via  $V = R \cdot I$ , confirmando os valores já utilizados no cálculo das correntes.

- $V_{R1} = R_1 \cdot I_{R1} = 2200 \cdot 0.00214 = 4.70 \text{ V}$
- $V_{R2} = 10000 \cdot 0.000549 = 5.49 \text{ V}$
- $V_{R3} = 560 \cdot 0.00141 = 0.79 \text{ V}$
- $V_{R4} = 10000 \cdot 0.000079 = 7.28 \text{ V}$
- $V_{R5} = 3300 \cdot 0.00197 = 6.51 \text{ V}$

## 2.5 Cálculo da Potência Dissipada por Cada Resistor (em mW)

A potência dissipada em cada resistor é calculada por  $P = V \cdot I$ , sendo importante para avaliar o consumo energético e a viabilidade dos componentes.

- $P_{R1} = 4.70 \cdot 0.00214 \approx 10.06 \text{ mW}$
- $P_{R2} = 5.49 \cdot 0.000549 \approx 3.01 \text{ mW}$
- $P_{R3} = 0.79 \cdot 0.00141 \approx 1.11 \text{ mW}$
- $P_{R4} = 0.79 \cdot 0.000079 \approx 5.29 \text{ mW}$
- $P_{R5} = 6.51 \cdot 0.00197 \approx 12.82 \text{ mW}$

## 2.6 Corrente e Potência da Fonte

Finalmente, é possível calcular a corrente total fornecida pela fonte somando as correntes nos ramos diretamente ligados a ela. A potência fornecida é então:

- Corrente da fonte:  $I = I_{R1} + I_{R2} = 2.14 + 0.549 = 2.69 \text{ mA}$
- Potência fornecida:  $P = V \cdot I = 12 \cdot 0.00269 = 32.28 \text{ mW}$

Esses resultados permitem validar a consistência do circuito e avaliar se os componentes estão operando dentro de suas especificações.

## 3 Simulação Computacional

Com o objetivo de validar os resultados teóricos obtidos por meio da análise do circuito, foi realizada uma simulação computacional utilizando o ambiente Simulink do MATLAB. Essa etapa visa não apenas verificar a coerência dos valores calculados, mas também proporcionar maior familiaridade com ferramentas de simulação amplamente utilizadas na engenharia elétrica.

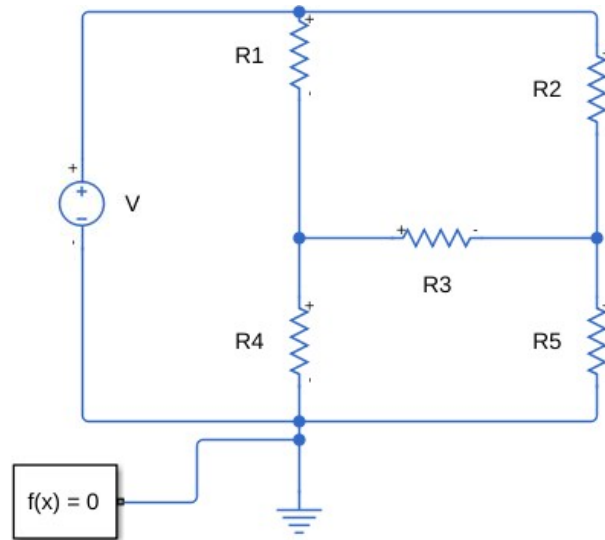


Fig. 2: Circuito recreado no Matlab

Inicialmente, o circuito foi remontado no Simulink de forma a refletir fielmente o arranjo teórico. Foram utilizados componentes eletrônicos como resistores, fontes de tensão e referência elétrica, todos configurados de acordo com os parâmetros estabelecidos. A Figura 2 apresenta a montagem do circuito no ambiente de simulação.

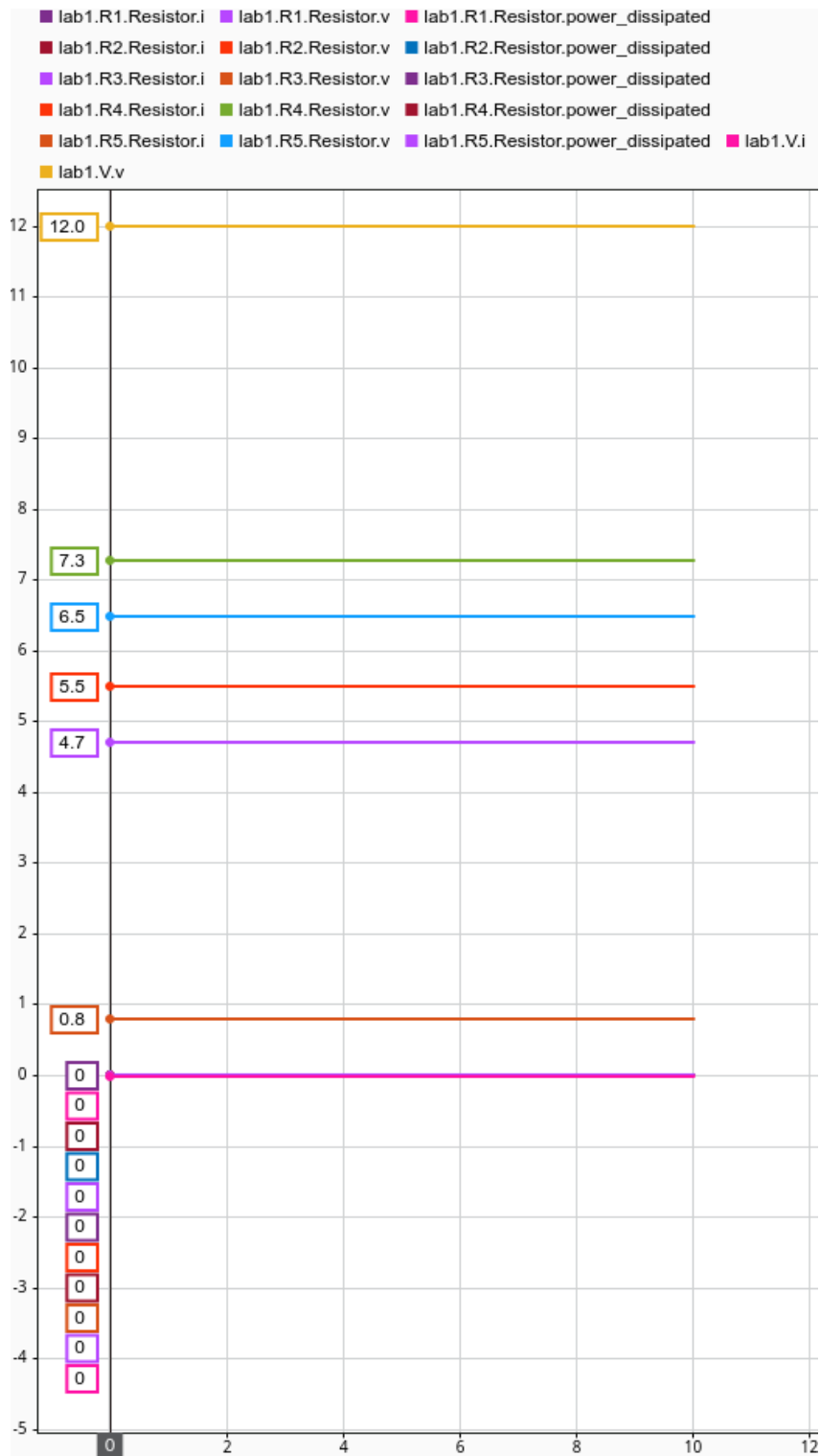


Fig. 3: Resultados apresentados pelo Matlab

Após a simulação, os resultados obtidos para as tensões, correntes e potências nos diversos elementos do circuito foram registrados, conforme ilustrado na Figura 3. Esses valores foram posteriormente organizados em tabelas comparativas com os dados teóricos e os dados obtidos em medições reais. A boa concordância entre os resultados simulados e teóricos reforça a consistência da análise e evidencia a confiabilidade da simulação como ferramenta de apoio ao estudo de circuitos elétricos, além da assertividade da análise realizada por nós.

## 4 Experimento Laboratorial

Nesta etapa, o circuito proposto foi montado fisicamente em bancada utilizando componentes reais disponíveis no laboratório.

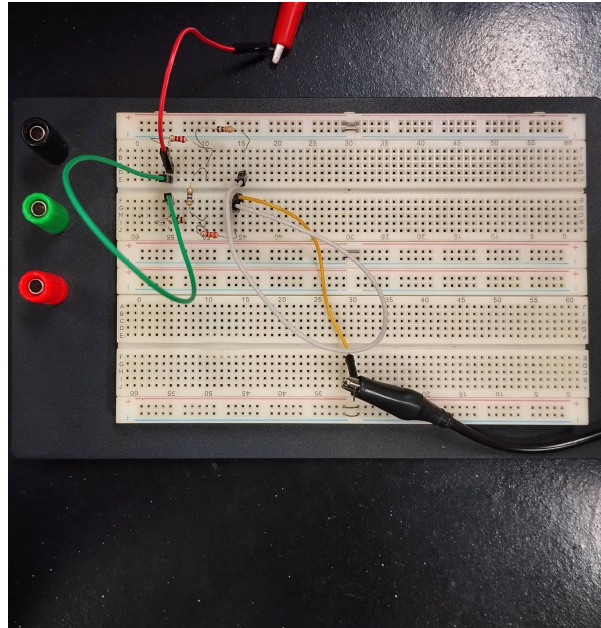


Fig. 4: Circuito montado em laboratório

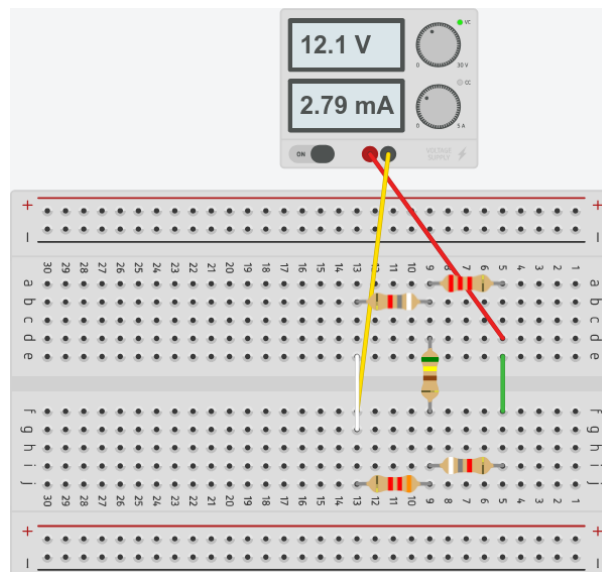


Fig. 5: Circuito recreado no Tinkercad para melhor visualização

Ao realizar medições com multímetros de bancada, foram observadas variações nos valores nominais dos componentes, como apresentado a seguir:

- Fonte:  $V = 12.01 \text{ V} \neq 12 \text{ V}$
- $R_1 = 2.15 \text{ k}\Omega \neq 2.2 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 9.78 \text{ k}\Omega \neq 10 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = 540 \Omega \neq 560 \Omega$

- $R_4 = 9.83 \text{ k}\Omega \neq 10 \text{ k}\Omega$
- $R_5 = 3.20 \text{ k}\Omega \neq 3.3 \text{ k}\Omega$

Estas discrepâncias entre os valores reais e ideais são esperadas em contextos experimentais. Elas resultam de fatores como:

- Tolerância dos componentes, geralmente indicada no corpo dos resistores (por exemplo, 5% ou 1%);
- Variações na tensão de alimentação, especialmente se a fonte não for regulada com precisão;
- Influências ambientais como temperatura e umidade, que podem afetar levemente a resistência elétrica.

As tensões e correntes em cada resistor e na fonte foram medidas em laboratório e serão apresentadas na seção de Resultados (5).

## 5 Resultados

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos nas etapas de análise teórica, simulação computacional e medição prática do circuito proposto. A comparação entre os três métodos permite avaliar a consistência dos conceitos aplicados, a precisão dos modelos simulados e o comportamento real dos componentes em laboratório. As tabelas a seguir organizam os dados de tensão, corrente e potência para cada elemento do circuito, destacando eventuais discrepâncias e reforçando a importância da análise crítica dos resultados experimentais.

Elemento	Resultado Teórico		Resultado Simulado		Resultado Real	
	Tensão (V)	Corrente (mA)	Tensão (V)	Corrente (mA)	Tensão (V)	Corrente (mA)
Fonte	12.00	2.69	12.00	2.695	12.01	2.68
R1	4.70	2.1	4.717	2.144	4.73	2.1
R2	5.49	0.54	5.510	0.551	5.54	0.5
R3	0.79	1.41	0.793	1.416	0.79	1.3
R4	7.28	0.72	7.283	0.728	7.27	0.6
R5	6.51	1.97	6.490	1.967	6.46	1.9

Tabela 1: Comparação dos resultados teóricos, simulados e reais dos elementos do circuito

Elemento	Potência Teórica (mW)	Potência Simulada (mW)	Potência Real (mW)
Fonte	32.28	32.291	32.187
R1	10.06	10.113	9.933
R2	3.01	3.036	2.77
R3	1.11	1.122	1.027
R4	5.29	5.304	4.362
R5	12.82	12.765	12.274

Tabela 2: Comparação de potência dissipada nos resistores do circuito

## 6 Análise dos Resultados

Após realizar análises nas três modalidades, teórica, simulado e experimental, verificamos que os valores calculados entre si são bem próximos ou idênticos, o que serve como um grande indicativo que os nossos resultados são coerentes, contudo ao investigar as discrepâncias entre os valores obtidos, é possível observar alguns motivos pelo ocorrido.

Primeiramente, como já apontado na seção do experimento laboratorial, os resistores tem um nível de tolerância pelo qual pode variar sua resistência, isso por si só já implicaria numa diferença nas tensões e correntes do circuito dos experimento real, comparado com os cálculos teóricos e a simulação. Investigando mais a frente, podemos conferir que tanto os cálculos teóricos realizados quanto o modelo de simulação utilizado no *MATLAB* foram feitos sobre a consideração de que o circuito utilizado como objeto de estudo era ideal ou perfeito, isto é, seus resistores têm valor exato e sem tolerância, fontes de tensão/corrente são perfeitas com nenhuma resistência internas e fios e conexões têm resistência e indutância desprezíveis, o que não acontece num experimento real, onde todas essas limitações físicas inevitavelmente afetam a medição das grandezas de um circuito elétrico.

Além das diferenças derivadas de natureza física do circuito elétrico, existe também um ponto a ser levantando que é o dos métodos numéricos utilizados, que pode ser observado não só em contraste com o experimento real mas também o teórico e simulado, pois ao realizar a análise nodal foi feito diversas aproximações e trucamentos para viabilizar e facilitar os cálculos, enquanto o modelo matemático do *MATLAB* também, apesar de ser muito mais preciso, utiliza métodos como erros de discretização e arredondamentos numéricos como limitações da precisão de ponto flutuante, que pode alterar com certo nível de precisão, os valores esperados de até mesmo um sistema ideal.

E por fim, temos também as variáveis do ambiente onde se foi executado o experimento real, como instrumentos de medição (multímetros, osciloscópios) que têm precisão limitada, ruídos eletromagnéticos que podem interferir nas medidas e variações térmicas, pois resistores mudam de valor de acordo com a temperatura.

## 7 Conclusão

Podemos concluir que uma simulação computacional do circuito é útil para análise teórico mas ignora imperfeições do mundo real, enquanto o experimento em laboratório revela efeitos práticos (tolerâncias, ruído, etc), mas exige cuidado com medições e calibração, mas que ambos são ferramentas confiáveis de desenvolvimento do estudo de circuitos elétricos e que o resultado de ambos coincidiram, com certa taxa de variação, com os resultados teóricos esperados. Conferimos que seja adequado usar a simulação para validar o conceito, mas sempre ajustar o projeto com testes reais, considerando tolerâncias e efeitos não ideais.



## Referências

- [1] Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku. *Fundamentos de circuitos elétricos*. 3rd ed. São Paulo, SP: McGraw-Hill, 2008, pp. xxi, 901. ISBN: 9788585804977.
- [2] William Hart Hayt Junior, Jack E. Kemmerly, and Steven M. Durbin. *Análise de circuitos em engenharia*. 7th ed. São Paulo, SP: McGraw-Hill, 2008, pp. xxii, 858. ISBN: 9788577260218.
- [3] Robert L. Boylestad. *Introdução à análise de circuitos*. 12th ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2012, pp. xiii, 962. ISBN: 9788564574205.
- [4] James A. Svoboda and Richard C. Dorf. *Introdução aos circuitos elétricos*. 9th ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2016, pp. xx, 873. ISBN: 9788521630760.
- [5] James William Nilsson and Susan A. Riedel. *Circuitos elétricos*. 10th ed. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2016, p. 873. ISBN: 9788543004785.
- [6] J. David Irwin. *Análise de circuitos em engenharia*. 4th ed. São Paulo, SP: Makron Books, 2000, pp. xvi, 848. ISBN: 8534606935.