



**INSTITUTO  
FEDERAL**

Santa Catarina

---

Câmpus  
São José

# **Estudo Experimental de Associações de Resistores e Efeito Joule**

Relatório de Laboratório

**Arthur Cadore Matuella Barcella, Faber Bernardo Junior  
Gabriel Luiz Espindola Pedro**

Junho de 2025

Engenharia de Telecomunicações - IFSC-SJ

# Sumário

<b>1. Introdução:</b>	<b>3</b>
<b>2. Revisão de literatura:</b>	<b>3</b>
<b>3. Resistores Comerciais</b>	<b>3</b>
3.1. Série E12	3
3.2. Série E24	4
<b>4. Materiais e métodos:</b>	<b>4</b>
<b>5. Cálculos e resultados obtidos:</b>	<b>4</b>
5.1. Distribuição normal dos valores medidos:	4
5.2. Associação de resistores (série, paralelo e mista):	5
5.3. Efeito Joule: aquecimento de água	6
<b>6. Discussão:</b>	<b>7</b>
<b>7. Conclusão:</b>	<b>7</b>
<b>8. Referências:</b>	<b>8</b>

# 1. Introdução:

Este experimento tem como objetivo analisar o comportamento de associações de resistores em série e paralelo, utilizando cinco resistores de 1kΩ e cinco de 1MΩ. Serão realizadas medições em corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA), empregando multímetro e osciloscópio para observar as respostas dos circuitos.

## 2. Revisão de literatura:

A associação de resistores é fundamental em circuitos elétricos. Em série, a resistência equivalente é a soma dos valores individuais. Em paralelo, o inverso da resistência equivalente é a soma dos inversos das resistências. Em CA, além da resistência, pode haver influência de capacitâncias e indutâncias parasitas, especialmente em altas frequências. O multímetro permite medir resistência, tensão e corrente em CC e CA, enquanto o osciloscópio possibilita a análise de formas de onda e resposta dinâmica dos circuitos.

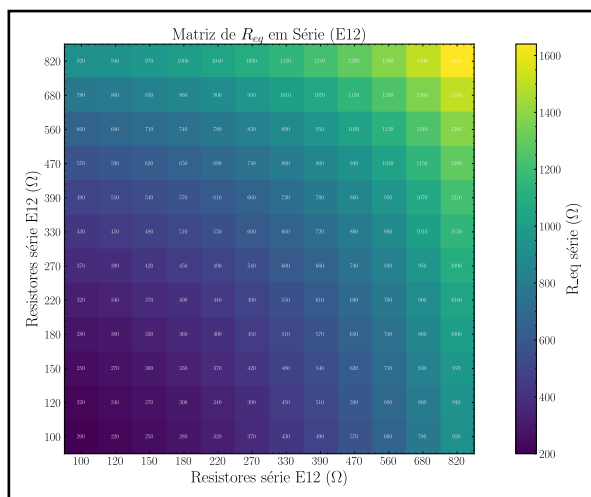
## 3. Resistores Comerciais

### 3.1. Série E12

$$R_{eq} = \left( \sum_{i=1}^n R_i \right) \quad (1)$$

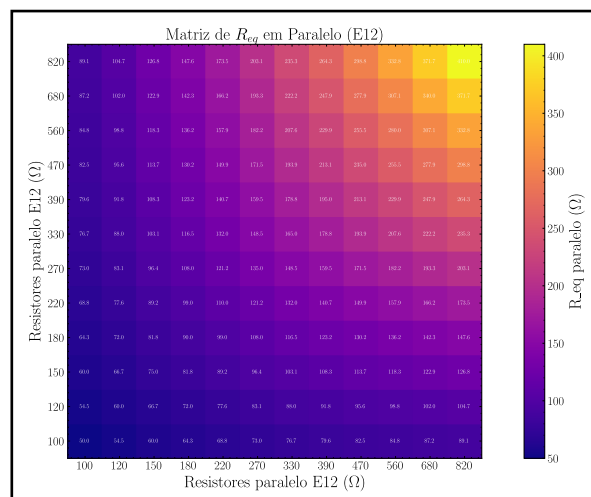
$$\frac{1}{R_{eq}} = \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \right) \quad (2)$$

Figura 2: Elaborada pelo Autor



Matriz de resistores em série

Figura 3: Elaborada pelo Autor



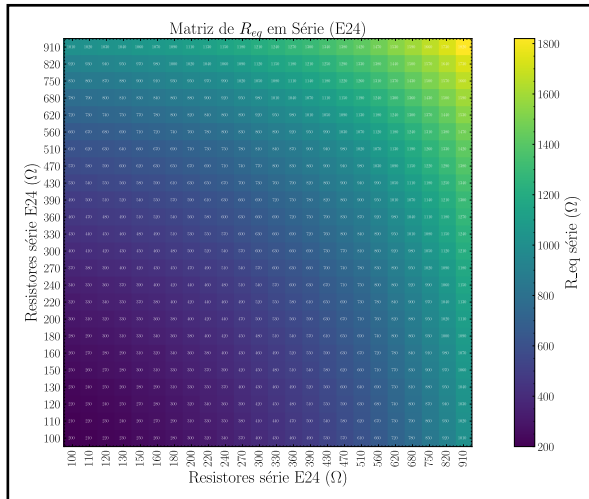
Matriz de resistores em paralelo

### 3.2. Série E24

$$R_{eq} = \left( \sum_{i=1}^n R_i \right) \quad (3)$$

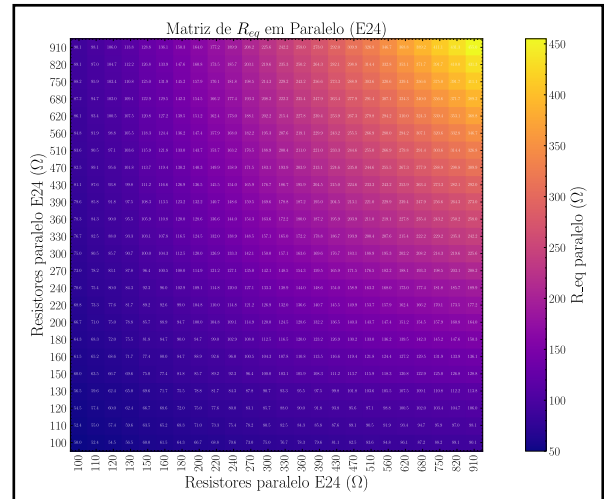
$$\frac{1}{R_{eq}} = \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \right) \quad (4)$$

Figura 5: Elaborada pelo Autor



Matriz de resistores em série

Figura 6: Elaborada pelo Autor



Matriz de resistores em paralelo

## 4. Materiais e métodos:

- 10 resistores de 1kΩ
- 10 resistores de 1MΩ
- Fonte de alimentação CC
- Multímetro digital
- Protoboard e cabos

Foram montados circuitos com resistores em série, paralelo e mista. As medições de resistência, tensão e corrente foram realizadas com o multímetro.

## 5. Cálculos e resultados obtidos:

### 5.1. Distribuição normal dos valores medidos:

A análise estatística dos valores medidos permite determinar a média, desvio padrão e erro médio dos resistores:

- Média:

$$R = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n R_i \right) \quad (5)$$

Onde:

- $R$  é a média
- $n$  o número de resistores.
- Desvio padrão:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{(R_i - R)^2}{n} - 1 \right)} \quad (6)$$

Onde:

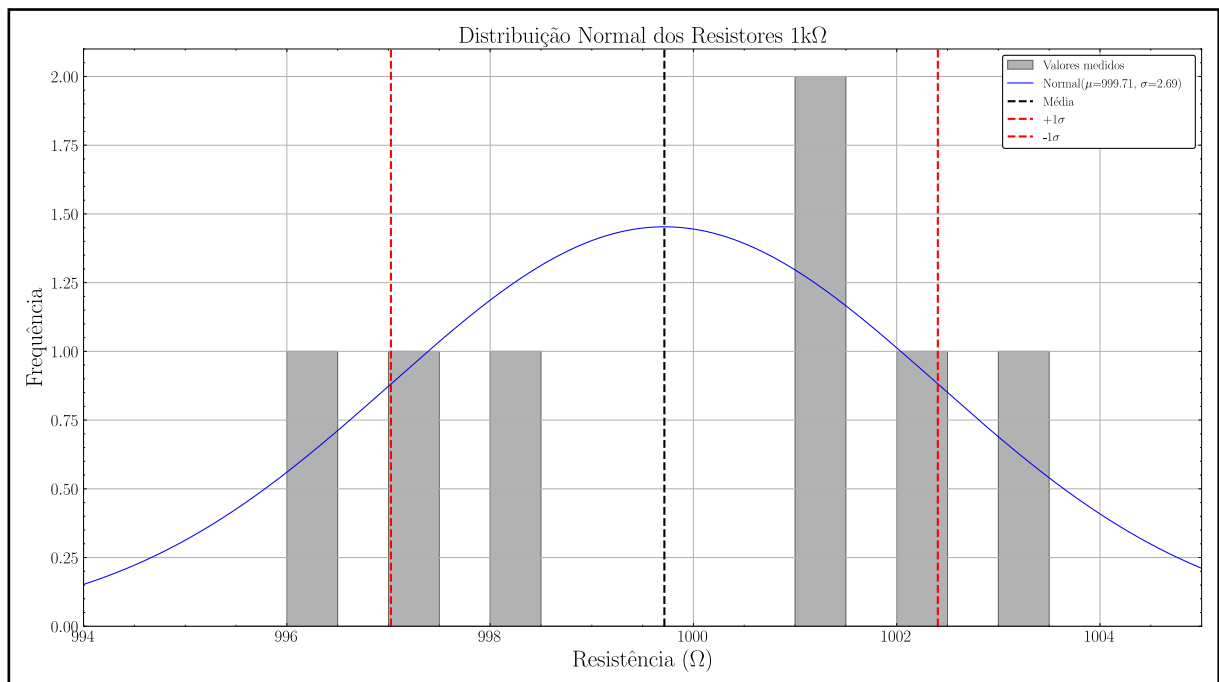
- $\sigma$  representa a dispersão dos valores em relação à média.
- Erro médio:

$$\Delta R = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

Onde:

- $\Delta R$  é o erro médio
- $\sigma$  é o desvio padrão
- $n$  é o número de resistores.

Figura 7: Elaborada pelo Autor



Distribuição normal dos valores medidos

## 5.2. Associação de resistores (série, paralelo e mista):

O erro absoluto na associação em série é:

$$\Delta R_{eq} = \sum_{i=1}^n \Delta R_i \quad (8)$$

Onde:

- $\Delta R_{eq}$ : é a incerteza total
- $\Delta R_i$ : são as incertezas individuais de cada resistor.

A propagação de erro para paralelo:

$$\Delta R_{eq} = R_{eq}^2 \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\Delta R_i}{R_i^2} \right)^2} \quad (9)$$

Onde:

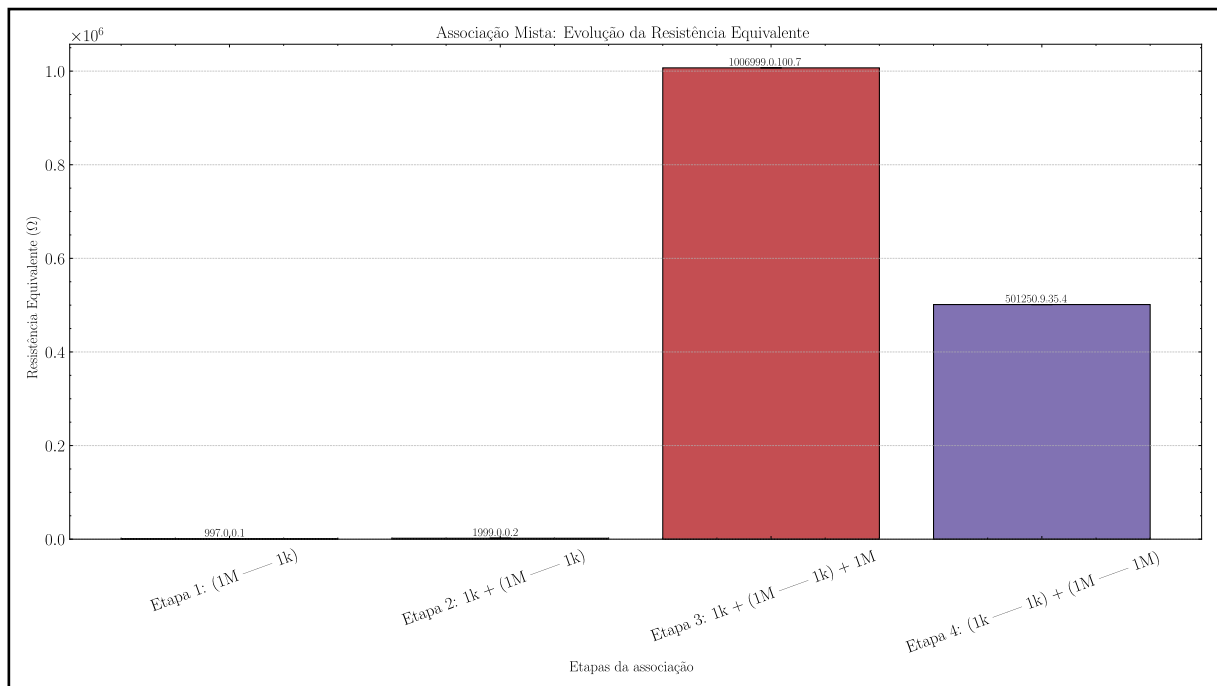
- $\Delta R_{eq}$ : é a incerteza total da associação em paralelo.
- $\Delta R_i$ : são as incertezas individuais de cada resistor.
- $R_{eq}$ : é a resistência equivalente.

Considerando o circuito misto de exemplo abaixo:

$$R_{eq} = 1K\Omega + (1M\Omega \parallel 1k\Omega) + (1M\Omega \parallel 1M\Omega) + 1M\Omega + (1k\Omega \parallel 1k\Omega) \quad (10)$$

Podemos calcular a resistência equivalente das etapas do circuito misto, como mostrado abaixo:

Figura 8: Elaborada pelo Autor



Calculo das resistências do circuito misto

### 5.3. Efeito Joule: aquecimento de água

O efeito Joule é a conversão de energia elétrica em calor pela passagem de corrente em um resistor. O aquecimento da água pode ser descrito pela equação diferencial:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{P}{mc} - k(T - T_{amb}) \quad (11)$$

Onde:

- $T$ : é a temperatura da água,
- $P$ : é a potência dissipada,
- $m$ : a massa da água,
- $c$ : o calor específico,
- $k$ : a constante de resfriamento,
- $T_{\text{amb}}$ : a temperatura ambiente.

A solução discreta utilizada na simulação é:

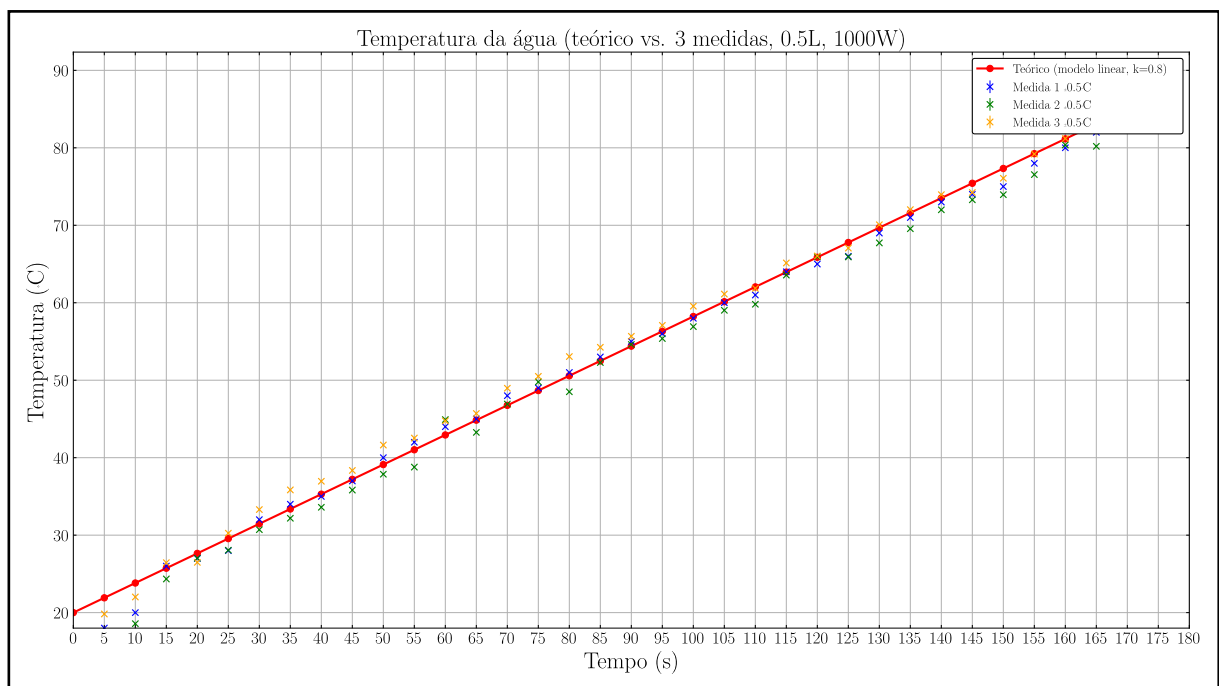
$$T_{i+1} = T_i + \left( \frac{P}{mc} - k(T_i - T_{\text{amb}}) \right) d_t \quad (12)$$

Onde:

- $d_t$ : é o passo de tempo da simulação.

O gráfico a seguir compara o modelo teórico com dados experimentais simulados:

Figura 9: Elaborada pelo Autor



Curva de aquecimento da água por efeito Joule

## 6. Discussão:

Analise as diferenças entre os valores teóricos e experimentais, possíveis causas de erro (tolerância dos resistores, contatos, instrumentos).

## 7. Conclusão:

Resuma os principais resultados e aprendizados do experimento, destacando a importância da associação de resistores e do uso dos instrumentos de medição.

## 8. Referências:

- BOYLESTAD, R. L.; NASHELSKY, L. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. 11. ed. São Paulo: Pearson, 2014.
- HAYT, W. H.; KEMMERLY, J. E.; DURBIN, S. M. Análise de Circuitos em Engenharia. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2019.
- Manuais dos instrumentos utilizados.