



## 1. Roteiros da Primeira Sequência

### Experimento 1: Resistores, Voltagem, Corrente e Lei de Ohm

#### 1.1.1 Objetivos

- ✓ Fundamentar os conceitos de resistência e resistor.
- ✓ Conhecer o código de cores, utilizado para especificar resistores de película.
- ✓ Esclarecer o real sentido da Lei de Ohm.
- ✓ Distinguir um resistor ôhmico dos demais.
- ✓ Criar Modelos para a variação da resistência de resistores não Ôhmicos com a corrente ou com o tempo.
- ✓ Associar resistores em série ou paralelo e deduzir as relações algébricas para a resistência equivalente de um circuito.
- ✓ Definir resistividade de um material.

#### 1.1.2 Materiais Necessários

- ✓ Placa protoboard contendo resistores, diodo e led;
- ✓ 1 Bobina de cobre e 1 diodo;
- ✓ Plugs banana-banana e banana-jacaré;
- ✓ Fonte de c.c ajustável;
- ✓ Multímetro digital;
- ✓ Termômetro.

#### 1.1.3 Fundamentação Teórica

A **resistência elétrica** de um meio material é a grandeza que expressa o grau de interferência deste meio material no transporte da carga elétrica, e em uma abordagem mais sofisticada ela expressa o grau de “não aproveitamento” da energia fornecida à carga para se mover (e assim pode ser identificada como uma *fonte de dissipação da energia elétrica fornecida*, fato este que discutiremos em futuro experimento). No *SI* a unidade de medida da resistência elétrica é o **ohm**, representado pela letra grega  $\Omega$ .

A tecnologia moderna faz uso da resistência elétrica (doravante denominada simplesmente “resistência”) desde o projeto de geradores a linhas de transmissão e “circuitos” que são utilizados em equipamentos elétricos. Portanto os **elementos resistivos**, ou simplesmente

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**  
 Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

**resistores** são fabricados e fornecidos comercialmente e em larga escala para exercerem o papel de componentes em um "circuito elétrico".

Resistores comerciais podem ser classificados em *fixos* ou *variáveis*. Resistores fixos podem ser fabricados por diferentes métodos, resultando nos seguintes tipos principais: Resistor de *Fio* (fio metálico fino enrolado em torno de cilindro cerâmico) ou de *Filme* (que consiste em uma Película de Carbono ou uma Película Metálica enrolada em torno de cilindro de porcelana).

Os fabricantes fornecem **valores nominais** dos resistores comerciais, bem como sua a tolerância ("incerteza"), advinda do método de fabricação dos mesmos. No caso de resistores de filme, emprega-se um conjunto de anéis coloridos que circundam o resistor, empregando um **código de cores**, conforme Figura abaixo.

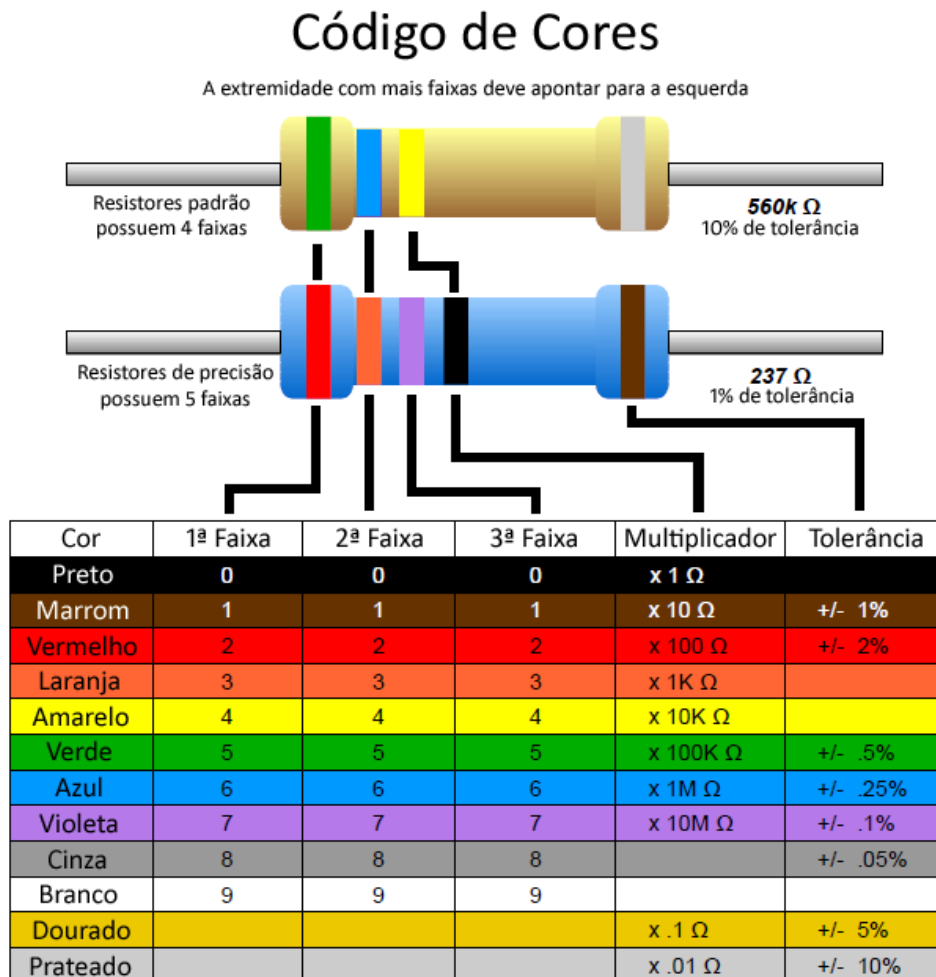


Figura 1 - Códigos de cores para resistores



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Definimos a Resistência de um condutor entre dois pontos quaisquer, aplicando a diferença de potencial  $V$  entre estes dois pontos e medindo a corrente  $i$  resultante. A resistência  $R$  é, então:

$$R=V/i$$

Após algum trabalho algébrico, esta relação pode ser reescrita na forma:

$$R=\rho L/A$$

Onde  $\rho$  é a resistividade do material,  $L$  é o comprimento do condutor e  $A$  a seção reta do condutor. Esta Relação é válida para condutores isotrópicos homogêneos de seção reta uniforme.

***Lei de Ohm: "Um dispositivo obedece a Lei de Ohm quando a sua resistência entre dois pontos quaisquer for independente do módulo e da polaridade da diferença de potencial aplicada entre aqueles pontos".***

## 1.2.4 Procedimentos Experimentais

### ***Parte 1 – Leitura e associação de Resistores***

Para realizarmos ***medidas diretas*** da resistência, podemos usar o ohmímetro, que pode ser fornecido como parte de um instrumento versátil: o multímetro ("multiteste"). No uso deste equipamento, é importante utilizarmos sua incerteza de medida (lendo no manual fornecido pelo fabricante ou registrado no próprio aparelho). Usualmente, a incerteza é expressa em porcentagem do valor lido, que pode variar de acordo com a faixa de medida selecionada no aparelho. Segue abaixo, um exemplo para multímetros digitais:

Para o caso do multímetro, existem duas fontes de erro possíveis:

- a) O último algarismo ( $z$ ) pode flutuar em torno do valor mais estável e neste caso a incerteza devido à flutuação é calculada, estimando-se a flutuação média em torno do valor mais provável do último algarismo, da seguinte forma:

$$\Delta x_f = (z_{\max} - z_{\min}) / 2$$

- b) O limite de erro instrumental ( $\Delta x_i$ ) fornecido pelo fabricante que possui a forma:

$$\Delta x_i = a\% \text{ da leitura} + b \text{ dígitos no último algarismo}$$

A incerteza absoluta resultante das duas contribuições é:

$$\Delta x = \Delta x_f + \Delta x_i$$



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Como exemplo, se uma leitura mais estável no amperímetro foi 33,04 mA e flutuou entre 33,02 e 33,05 mA na escala de 200 mA, que por sua vez, possui uma incerteza de 0,05% da leitura + 2 dígitos, então:

$$\Delta x_f = (0,05 - 0,02) / 2 = 0,015$$

$$\Delta x_i = 0,0005 \cdot 33,03 + 0,02 = 0,036515$$

$$\Delta x = 0,015 + 0,036515 = 0,051515 = 0,05$$

O valor da medida é então:  $i = (33,04 \pm 0,05) \text{ mA}$ .

**A operação do multímetro será explicada pelo professor em aula.**

O objetivo desta primeira parte do experimento será medir a resistência de resistores e comparar com os valores nominais. Também mediremos a associação de resistores em série e paralelo, comparando com os valores teóricos. Portanto, neste experimento devemos tomar o cuidado de calcular corretamente as incertezas na leitura do ohmímetro.

1. Dispomos para este experimento, de cinco resistores e um diodo. Escolha três resistores e, realize a leitura nominal da resistência (R) de cada um deles e da incerteza ( $\Delta R$ ). Represente os valores como  $R_N \pm \Delta R_N$ . Anote os valores obtidos na Tabela 1.
2. Utilize o ohmímetro do multímetro para medir o valor da resistência e da incerteza. Sugestão: denomine este valor de "valor medido", e represente-o por  $R_M \pm \Delta R_M$ . Anote os valores obtidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores nominais e medidos de resistência.

Resistor	R1	R2	R3
R Nominal ( $R_N \pm \Delta R_N$ )			
R Medido ( $R_M \pm \Delta R_M$ )			

3. Compare os resultados de  $R_N \pm \Delta R_N$  com  $R_M \pm \Delta R_M$ . Responda: O que pode ser concluído desta comparação?
4. Denomine agora, estes resistores por R1, R2 e R3. Associe R1 e R3, R2 e R3 e R1, R2 e R3 em série, meça e registre a Resistência equivalente  $R_{eqs}$  de cada associação na Tabela 2 (lembre-se da incerteza).



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**  
 Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Tabela 2 – Valores medidos da associação em série de resistores.

R1 e R3	R2 e R3	R1, R2 e R3

5. Associe os mesmos resistores em paralelo, meça e registre a Resistência Equivalente  $R_{eqp}$  de cada associação.

Tabela 3 – Valores medidos da associação em paralelo de resistores.

R1 e R3	R2 e R3	R1, R2 e R3

**Parte 2 – Lei de Ohm**

Nesta parte do experimento, aplicaremos diferentes tensões em um resistor e um diodo, e faremos um gráfico de corrente em função ou, vice versa, para verificarmos a lei de Ohm em cada um destes dispositivos.

1. Importante. Nunca posicionar o seletor do multímetro em uma escala inferior ao valor que deve ser medido.
2. Selecione um resistor da placa de associação.
3. Monte um circuito, como o da Figura 2, utilizando a fonte de tensão contínua, um resistor (R), um voltímetro (V) e um Amperímetro (A).

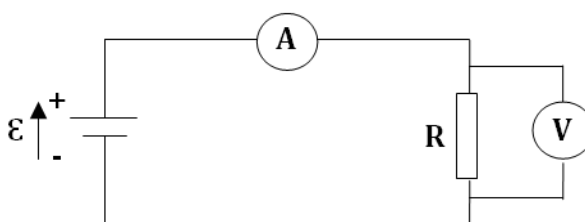


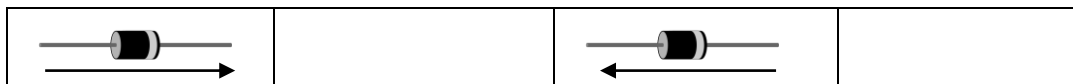
Figura 2 – Representação simbólica de um circuito com resistor, amperímetro e voltímetro.

4. Aplique diferentes tensões sobre o resistor selecionado, medindo e registrando estes valores e os da concomitante corrente elétrica. Organize seus resultados e os apresente na Tabela 4. Lembre-se de escolher valores positivos e negativos de tensão. As medidas para o resistor deve variar entre - 5V e + 5V.
5. Coloque o seletor do multímetro no teste de continuidade de diodos. Meça a continuidade do diodo nos dois sentidos (se houver continuidade, aparecerá na tela



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

do multímetro, um valor em mV; caso contrário, o número 1 aparecerá), anote os resultados nos espaços abaixo:



- 6. Para o diodo, faça uma leitura da corrente para uma tensão de - 0,2 V. Depois, anote os valores de corrente para a tensão variando de 0 V a + 1 V. Anote os dados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores medidos de tensão e corrente para o resistor e diodo.

Table with 4 rows and 14 columns. Rows are labeled 'Resistor' and 'Diodo' with sub-rows for 'U(V)' and 'I (A)'. The table is currently empty for data entry.

Parte 3 – Resistência Elétrica em Função da Temperatura

Neste experimento você medirá como a resistência elétrica de uma bobina (enrolamento com N espiras) de cobre (Cu) e, um diodo varia com a temperatura. Observe os componentes e a montagem deste experimento, na Figura 3.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**  
 Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

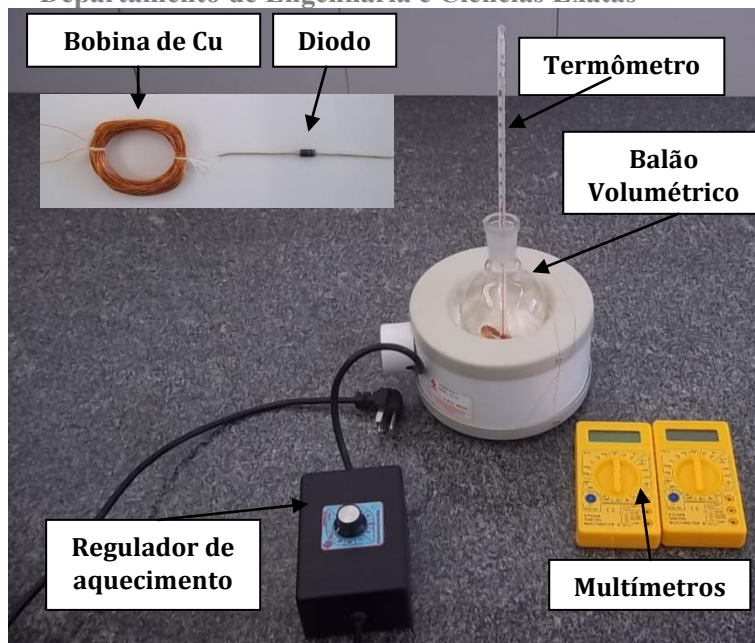


Figura 3 – Montagem experimental para o estudo da resistência em função da temperatura.

1. Encha o balão volumétrico com água e insira o termômetro no mesmo.
2. Conecte as extremidades da bobina de Cu, nas pontes de um dos multímetros e faça o mesmo com o diodo (tome cuidado com a ligação correta do diodo).
3. Mergulhe a bobina de Cu e o diodo no balão volumétrico com água. Deixe a parte inferior do termômetro, o mais próximo possível da bobina e o diodo.
4. Antes de ligar o regulador de aquecimento, você deverá anotar a temperatura ambiente e, as resistências da bobina e do diodo nesta temperatura. Avalie a incerteza do termômetro e, do multímetro (no manual) e anote estes valores.
5. Ligue o regulador de aquecimento na marcação 9 e anote os valores das resistências da bobina de Cu e do diodo função da temperatura. Faça estas medidas de 5 em 5 °C. Anote os dados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores de resistência elétrica da bobina de Cu e do diodo em função da temperatura.

Temperatura (°C)	Resistência da Bobina de Cu ( $R_{Cu} \pm \Delta R_{Cu}$ )	Resistência do Diodo ( $R_D \pm \Delta R_D$ )



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas


### 1.1.4 O que Incluir no Relatório do Experimento

#### *Parte 1 – Leitura e Associação de Resistores*

- Comparação dos resultados de  $R_N \pm \Delta R_N$  com  $R_M \pm \Delta R_M$ , para cada uma das resistências escolhidas. O que pode ser concluído desta comparação?
- Verifique se dentro das faixas de incerteza, os valores medidos para as associações em série e paralelo (Tabelas 2 e 3) são iguais aos valores equivalentes, quando aplicado às expressões para associação em série e em paralelo de resistores.

$$\text{Série: } R_{eq}^{Série} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$\text{Paralelo: } \frac{1}{R_{eq}^{Paralelo}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

#### *Parte 2 – Lei de Ohm*

- Construa um gráfico de **V em função de i** para o resistor. Para o diodo, faça um gráfico de **I em função de V** utilizando programas de computador. Se para um dado dispositivo observa-se um intervalo no gráfico que evidencia um comportamento





UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

linear, então, em tal intervalo, ele é dito "ôhmico". Os gráficos podem ser feitos em computador ou papel milimetrado.

- Obtenha o coeficiente angular  $m$ , do **gráfico do resistor**, assumindo  $V = m I$  (ajuste linear). Verifique se dentro da faixa de incerteza o coeficiente angular ( $m \pm \Delta m$ ), obtido do ajuste, é numericamente igual ao valor da resistência nominal ( $R_N \pm \Delta R_N$ ) e medida ( $R_M \pm \Delta R_M$ ).
- **Para o diodo** utilize um programa de computador e tente também ajustar uma curva exponencial e um polinômio de grau 2 aos dados experimentais. Responda qual ajuste se adéqua mais ao gráfico? Por que? (procure na literatura).
- Qual dos dois componentes, resistor ou diodo são materiais ôhmicos? Justifique.
- Explique o que é um diodo e quais suas principais aplicações práticas.
- Explique o que é um led e quais suas principais aplicações práticas.

**Parte 3 – Resistência Elétrica em Função da Temperatura**

- Faça dois gráficos utilizando um programa de computador: um para a resistência da bobina de Cu em função da temperatura e, outro para a resistência do diodo em função da temperatura.
- Os gráficos obtidos possuem comportamento linear? Explique para qual faixa de temperatura o comportamento da resistência com a temperatura é linear para os metais e os semicondutores (no caso o diodo).
- Através de um ajuste linear, escreva as funções que representam a variação da resistência com a temperatura para a bobina de Cu e o diodo.
- Através do ajuste feito no item anterior, estime a resistência elétrica ( $R_o$ ) da bobina de Cu a  $T_o = 20^\circ\text{C}$ . Com isto, determine, com incerteza, o coeficiente da temperatura da resistividade ( $\alpha \pm \Delta\alpha$ ) do o cobre para  $20^\circ\text{C}$ . Compare os valores obtidos com o da literatura.

$$\alpha = \frac{1}{\rho_o} \frac{\rho - \rho_o}{T - T_o}$$

- Explique qualitativamente porque a resistência do resistor aumenta enquanto a do diodo diminui, como função da temperatura.