

Ficha Técnica 1

Introdução à Eletrónica

Parte 1

1. Grandezas fundamentais dos circuitos eletrónicos

1.1 Diferença de potencial

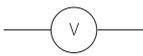
Entre dois corpos carregados eletricamente existe sempre uma força elétrica que será atrativa ou repulsiva. Dois corpos de sinais iguais repelem-se, enquanto dois corpos com sinais opostos atraem-se. A região do espaço onde este efeito se faz sentir chama-se campo elétrico. A unidade que define a **carga elétrica** é o **Coulomb (C)** e representa-se por **Q**.

Quando um corpo se encontra carregado eletricamente diz-se que possui um determinado potencial elétrico. Este potencial será tanto mais elevado quanto maior for o número de cargas elétricas e maior for a quantidade de cargas por unidade de volume (densidade de carga). A unidade que define o **potencial elétrico** é o **Volt (V)** e representa-se por **V**.

Se considerarmos dois corpos A e B a que correspondem os potenciais V_A e V_B , apresentando o corpo A uma carga positiva e o corpo B uma carga negativa, teremos entre os pontos A e B uma diferença de potencial definida como V_{AB} e que será dada por: $V_A - V_B$.

A unidade que define a **diferença de potencial ou tensão** é o **Volt (V)** e representa-se por **U**. O aparelho de medida utilizado para medir a diferença de potencial (d.d.p.) entre dois pontos é o **voltímetro e liga-se em paralelo**.

Tabela 1. Definição da grandeza diferença de potencial ou tensão.

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE	APARELHO MEDIDA	SIMBOLOGIA	MODO DE LIGAÇÃO
Diferença de potencial ou tensão	U	Volt (V)	Voltímetro		Paralelo

Como exemplo de diferença de potencial pode-se analisar uma bateria utilizada nos telemóveis (modelo BL-4B A) com a ajuda do voltímetro. Esta diferença de potencial poderá ser positiva ou negativa dependendo se o potencial final é maior ou menor do que o potencial inicial. Concretizando:

- A tensão V_{AB} será dada por: $V_{AB} = V_A - V_B = 3,7 - 0 = 3,7V$
- A tensão V_{BA} será dada por: $V_{BA} = V_B - V_A = 0 - 3,7 = -3,7V$

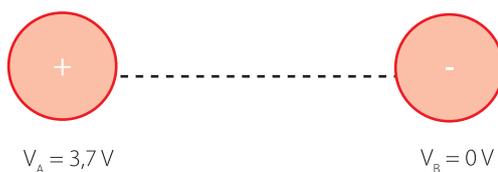


Figura 1. Análise da diferença de potencial entre os pontos A e B.

Na realização da medição com o voltímetro dever-se-á ter em atenção o terminal positivo (terminal no qual a ponta de prova deverá ser vermelha) e o terminal negativo (cujas pontas de prova deverão ser preta) que deverão ser ligados ao terminal positivo da bateria (potencial mais elevado) e ao terminal negativo, respetivamente.



- a) Bateria modelo BL-4BA
- b) Multímetro que está a ser utilizado na função de voltímetro
- c) Medição em paralelo

Figura 2. Medição da diferença de potencial numa bateria.

1.2 Intensidade de corrente elétrica

1.2.1 Natureza da corrente elétrica

É o movimento dos eletrões livres num condutor metálico que produz a corrente elétrica. Para validar esta afirmação, iremos considerar duas cargas elétricas colocadas uma perto da outra, onde a carga A será positiva e a carga B será negativa. Como analisado anteriormente, cria-se um campo elétrico nesta região orientado da carga A para a carga B (do potencial mais elevado para o potencial menos elevado). Se ligarmos estas duas cargas através de um fio metálico, o campo elétrico fica concentrado neste condutor e passará a existir um movimento de eletrões de B para A até que os dois condutores fiquem com o mesmo potencial. Neste momento, o potencial de A é igual ao potencial de B, não existindo diferença de potencial AB, acabando o movimento de eletrões. Podemos fazer uma analogia desta

experiência com recurso a dois recipientes A e B com diferentes níveis de água (A tem mais líquido comparativamente a B) e que se interligam entre si através de um tubo. O que se irá suceder é a passagem de líquido do recipiente com maior quantidade (A) para o de menor quantidade (B). O deslocamento de água terminará quando ambos os recipientes estiverem com o mesmo nível de líquido. Este conceito está ilustrado na Figura 3 e na Tabela 2.

Após a análise destes exemplos podemos constatar a afirmação inicial. Neste caso ocorreu uma corrente elétrica de curta duração ou transitória. Para prolongarmos a duração da corrente elétrica teremos de gerar um campo elétrico que se mantenha estável para garantir a diferença de potencial necessária. Isto é possível com recurso a geradores elétricos como, por exemplo, uma pilha ou bateria.

Define-se a **corrente elétrica como o movimento orientado, contínuo e estável de elétrons livres sob o efeito de um campo elétrico exterior aplicado a um material condutor.**

Tabela 2. Analogia entre as grandezas de um sistema elétrico e hidráulico.

ANALOGIA ENTRE OS SISTEMAS		
Sistema elétrico	Diferença de potencial	Movimento de eletrões
Sistema hidráulico	Diferença de nível de líquido	Deslocamento do líquido

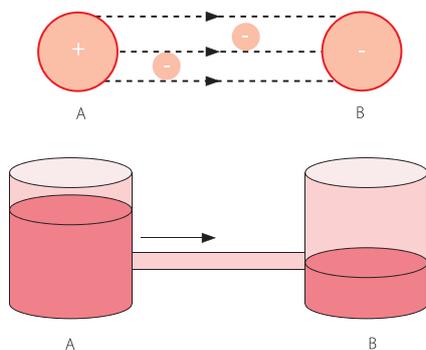


Figura 3. Analogia entre um sistema elétrico e um sistema hidráulico.

1.2.2 Sentido da corrente elétrica

Como o movimento de corrente elétrica se deve à deslocação de eletrões, o seu sentido será dos potenciais com mais eletrões para os que têm menos eletrões ou seja do **potencial negativo para o potencial positivo**. Este é o **sentido real da corrente elétrica**.

Contudo, quando *André-Marie Ampère*¹ estudou o fenómeno, e devido à escassez de informação nesta matéria, fez a analogia com os circuitos hidráulicos onde a água flui das zonas mais elevadas para as mais baixas dizendo que o sentido da corrente elétrica se faz dos **potenciais mais altos para os potenciais mais baixos**. Este é o **sentido convencional da corrente elétrica**. Ainda hoje é o sentido convencional que normalmente é utilizado na análise de circuitos elétricos e eletrónicos. Será também este o sentido que iremos utilizar ao longo destas Fichas Técnicas, desde que nada seja referido em contrário.

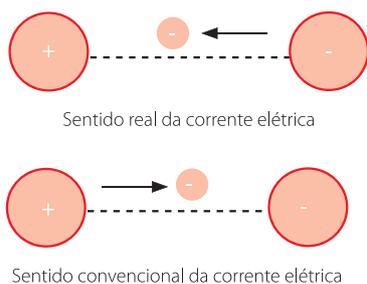


Figura 4. Sentidos da corrente elétrica.

¹ André-Marie Ampère (1775-1836). Físico e matemático francês. É autor de importantes teorias sobre a corrente elétrica e o eletromagnetismo.

1.2.3 Intensidade da corrente elétrica

Em análise de alguns exemplos do dia-a-dia podemos concluir que as correntes elétricas não são todas iguais. No caso de um telemóvel a corrente será, evidentemente, mais fraca quando comparado com um comboio elétrico. Efetivamente, a intensidade de uma corrente elétrica está relacionada com o número de carga que atravessam uma dada secção transversal de um condutor por unidade de tempo (Figura 5). Quanto maior for este número mais forte será a corrente elétrica. O seu valor é definido pela seguinte expressão matemática:

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \quad (1)$$

em que:

- I – Intensidade da corrente elétrica - Ampére (A)
- Q – Carga elétrica - Coulomb (C)
- Δt – Intervalo de tempo - segundo (s)

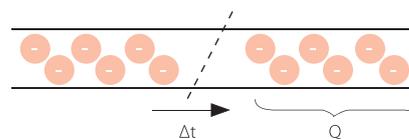


Figura 5. Definição de intensidade de corrente elétrica.

A unidade que define a **intensidade de corrente elétrica** é o **Ampére (A)** e representa-se por I. O aparelho de medida utilizado para medir a intensidade de corrente elétrica que atravessa um circuito é o **amperímetro e liga-se em série**.

Para exemplificar a medição de uma corrente elétrica constrói-se um pequeno circuito elétrico. Como analisado anteriormente, para gerar uma corrente elétrica permanente teremos de utilizar um gerador elétrico que nos forneça uma diferença de potencial constante nos seus terminais. Para tal, utiliza-se uma pilha de 9 V usada em inúmeros equipamentos do dia-a-dia. Para completar o circuito será necessário um elemento que receba a energia elétrica gerada pelo gerador e a transforme noutro tipo de energia. A este dispositivo dá-se o nome de **recetores**². Exemplos de

² Recetor é um dispositivo que utiliza a energia elétrica transformando-a noutras formas de energia. A lâmpada, por exemplo, utiliza a energia elétrica transformando-a em energia luminosa (útil) e energia calorífica (perdas).

Tabela 3. Definição da grandeza intensidade de corrente elétrica.

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE	APARELHO MEDIDA	SIMBOLOGIA	MODO DE LIGAÇÃO
Intensidade de corrente elétrica	I	Ampére (A)	Amperímetro		Série

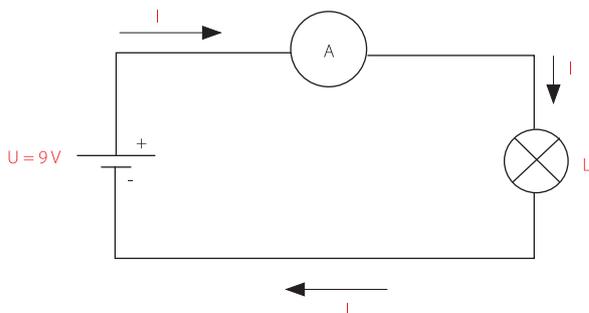
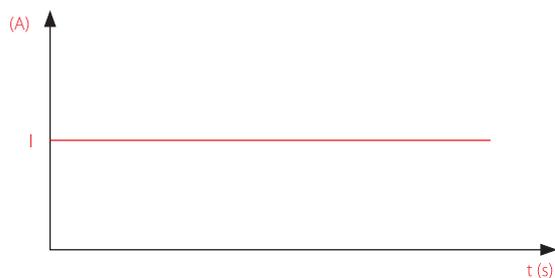
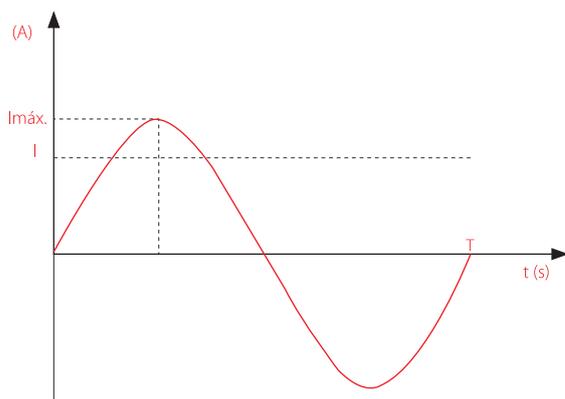


Figura 6. Medição da intensidade de corrente elétrica.



Corrente Contínua: o valor da corrente elétrica é sempre constante ao longo do tempo. É usual utilizar a abreviadamente DC para designar esta corrente.

Figura 7. Gráfico de uma Corrente Contínua.



Corrente Alternada Sinusoidal: O valor da corrente elétrica apresenta valores positivos e negativos (bidirecional). É usual utilizar a abreviadamente AC para designar esta corrente.

Figura 8. Gráfico de uma Corrente Alternada sinusoidal.

recetores são as lâmpadas e os motores. O Amperímetro deverá ser integrado no circuito (ligação em série) para que os eletrões possam ser devidamente medidos.

1.2.4 Tipos de corrente elétrica

Na experiência anterior a corrente elétrica segue sempre uma única direção, do terminal (ou pólo) positivo para o pólo negativo. Esta corrente elétrica é constante ao logo do tempo con-

forme se representa no Gráfico seguinte e denomina-se de **Corrente Contínua** (Figura 7).

Por outro lado, pela análise da corrente elétrica que está disponível nas tomadas das nossas habitações verifica-se que o seu valor não será constante ao longo do tempo, pelo contrário varia entre valores positivos e valores negativos e é designada de **Corrente Alternada sinusoidal** (Figura 8). Esta corrente elétrica apresenta caraterísticas específicas.

Em termos gerais podemos dividir as **correntes elétricas em unidireccionais**, onde está incluída a Corrente Contínua e onde os eletrões se movimentam sempre na mesma direção, e **bidireccionais** onde está integrada a Corrente Alternada sinusoidal e onde o movimento dos eletrões ocorre nos dois sentidos.

1.3 Resistência elétrica

Para analisar o conceito de resistência elétrica de um condutor iremos realizar uma experiência na qual iremos construir dois circuitos elétricos constituídos por um gerador, que irá gerar uma diferença de potencial constante, um recetor que poderá ser uma lâmpada e um interruptor. A única diferença entre os circuitos é o condutor metálico colocado entre os pontos identificados na Figura. Iremos ainda ligar em série com o circuito um Amperímetro para a medição da intensidade de corrente elétrica.

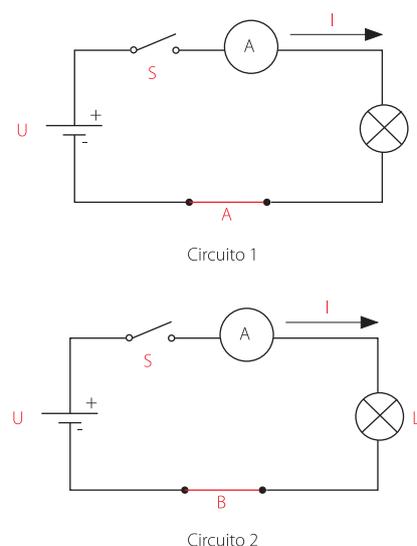


Figura 9. Circuitos elétricos para estudo da resistência elétrica.

Antes de ligarmos o interruptor S podemos verificar que o Amperímetro regista uma **corrente elétrica nula**. Isto verifica-se já

que temos um circuito aberto, logo os elétrons não podem circular entre o terminal positivo e negativo do gerador. Após ligarmos o interruptor estabelece-se uma corrente elétrica. Nesta circunstância estamos perante um **circuito fechado**. Por análise dos dois Amperímetros registamos as seguintes medições:

Tabela 4. Valores de intensidade de corrente elétrica obtidos na experiência.

IDENTIFICAÇÃO DO CIRCUITO	INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA
Circuito 1	$I_1 = 0,2 \text{ A}$
Circuito 2	$I_1 = 0,1 \text{ A}$

Dos valores obtidos podemos inferir que o Circuito 2 apresenta uma maior dificuldade à passagem da corrente elétrica, uma vez que a corrente elétrica que nele circula é menor. Podemos introduzir uma nova grandeza que se denomina de resistência elétrica e define-se como a maior ou menor dificuldade que os materiais apresentam à passagem da corrente elétrica. Para uma mesma diferença de potencial aplicada a vários condutores quanto maior a resistência menor será a intensidade de corrente elétrica que o percorre.

Na experiência realizada podemos tirar a seguinte conclusão:

$$I_1 > I_2 \Rightarrow R_1 < R_2$$

Analisaremos no tema seguinte que além do material existem outros fatores que afetam a resistência de um condutor. O valor da resistência elétrica é definido pela seguinte expressão matemática:

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

em que:

- R – Resistência elétrica – Ohm (Ω)
- U – Diferença de potencial ou tensão (V)
- I – Intensidade da corrente elétrica (A)

A unidade que define a **resistência elétrica** é o **Ohm (Ω)** e representa-se por **R**. O aparelho de medida utilizado para medir esta grandeza é o **ohmímetro** e **liga-se em paralelo**.

Tabela 5. Definição da grandeza resistência elétrica.

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE	APARELHO MEDIDA	SIMBOLOGIA	MODO DE LIGAÇÃO
Resistência elétrica	R	Ohm (Ω)	Ohmímetro		Paralelo

2. Lei fundamentais - Lei de Ohm e Lei de Joule

2.1 Lei de Ohm

Vamos considerar o circuito esquematizado na Figura seguinte onde o gerador é uma fonte de alimentação variável. Este equipamento eletrônico cria uma diferença de potencial entre os seus terminais podendo, assim, substituir uma pilha ou bateria. A fonte que iremos utilizar varia entre 0 V e 30 V. No símbolo do gerador fixo é acrescentada uma seta diagonal com o significado de variável.

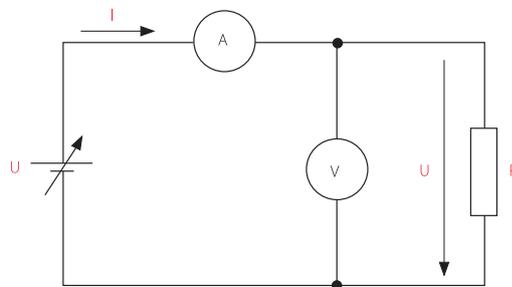


Figura 10. Circuito para verificação da Lei de Ohm.

Tabela 6. Medição da tensão e corrente elétrica no circuito.

U (V)	I (A)	R=U/I
0	0	0
5	0,01	500 Ω
10	0,02	500 Ω
15	0,03	500 Ω
20	0,04	500 Ω
25	0,05	500 Ω
30	0,06	500 Ω

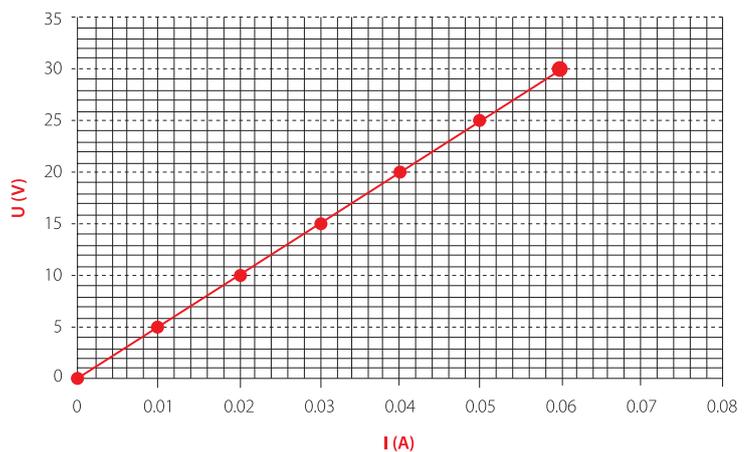


Figura 11. Gráfico da relação entre a tensão e a resistência no circuito.

Efetou-se a variação da tensão da fonte e para cada valor registou-se a intensidade de corrente elétrica e a tensão aos terminais da resistência. Pela análise da Tabela 6 podemos verificar que o quociente entre a tensão e a corrente é constante, ou seja, sempre que se aumenta a tensão aplicada a corrente elétrica aumenta proporcionalmente. A Figura 11 representa graficamente esta correlação.

O resultado obtido foi estabelecido por George Simon Ohm³ e ficou conhecida pela Lei de Ohm. E pode ser enunciada do seguinte modo:

Há condutores (ou recetores resistivos e lineares como o caso da resistência utilizada) em que a diferença de potencial aplicada nos seus terminais é, a uma dada temperatura, diretamente proporcional à intensidade de corrente elétrica que os percorre.

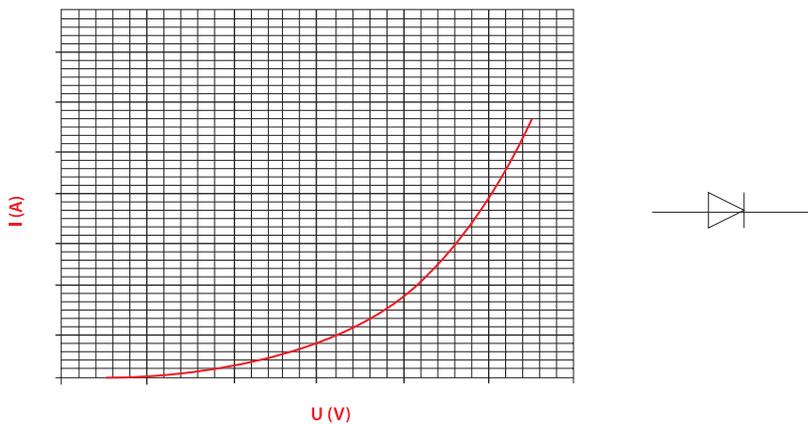


Figura 12. Gráfico de um componente não ôhmico. Aspeto de um diodo e símbolo.

A resistência elétrica é, como analisado, um componente onde se verifica a Lei de Ohm, diz-se, portanto, que é um elemento ôhmico. O Gráfico da Figura 12 mostra o comportamento não ôhmico de um semiconductor (diodo) utilizado no circuito eletrónico das fontes de alimentação.

A Lei de Ohm pode ser traduzida pela expressão matemática já analisada anteriormente (equação 2):

$$R = \frac{U}{I}$$

Podem-se retirar importantes conclusões desta análise:

1. Para uma mesma resistência se aumentamos a tensão a intensidade de corrente aumenta proporcionalmente:

$$U \uparrow \quad I \uparrow$$

Exemplo:

Consideremos: $R = 500 \Omega$; $U = 10 \text{ V}$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10}{500} = 0,02 \text{ A}$$

Se a tensão passar para o dobro teremos um aumento na mesma proporção na intensidade de corrente elétrica:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{20}{500} = 0,04 \text{ A}$$

2. Para uma mesma tensão se aumentarmos a resistência, a intensidade de corrente diminui proporcionalmente:

$$R \uparrow \quad I \downarrow$$

Exemplo:

Consideremos: $U = 10 \text{ V}$; $R = 10 \Omega$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$$

Se a resistência passar para o dobro, a intensidade de corrente elétrica irá diminuir proporcionalmente. Diz-se que estas grandezas são inversamente proporcionais. A explicação é simples já que com o aumento da resistência aumenta o obstáculo à passagem dos eletrões, logo a corrente elétrica irá diminuir.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ A}$$

2.2 Lei de Joule

2.2.1 Potência elétrica

Iremos estudar a Lei de Joule com a introdução de uma nova grandeza, a potência elétrica. Tomemos como exemplo dois circuitos, cada um constituído por uma lâmpada incandescente e um interruptor ligado à tensão da rede elétrica nacional (tensão alternada sinusoidal de 230 V).

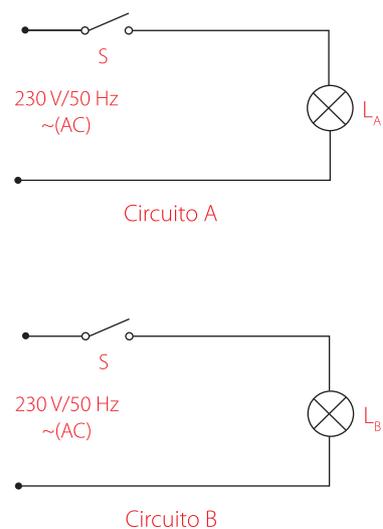


Figura 13. Circuitos elétricos para o estudo da potência elétrica.

Após a ligação do interruptor S notamos que a luminosidade emitida pela lâmpada A é superior à emitida pela lâmpada B. Podemos concluir que as lâmpadas são diferentes

³ George Simon Ohm (1787 – 1854). Físico e matemático alemão, publicou obras sobre geometria antes de se dedicar à eletricidade, área a que deu um enorme contributo.

uma vez que, segundo as mesmas condições, uma apresenta mais luminosidade que a outra. Neste caso afirmamos que a lâmpada A é mais potente do que lâmpada B.

Iremos introduzir uma nova grandeza denominada de **potência elétrica**, que está relacionada com a capacidade de um recetor realizar um determinado trabalho. A expressão que define é apresentada de seguida:

$$P = U \cdot I \quad (3)$$

em que:

- P – Potência elétrica – Watt (W)
- U – Diferença de potencial ou tensão (V)
- I – Intensidade da corrente elétrica (A)

Recorrendo à utilização da Lei de Ohm é possível escrever a expressão da potência de formas diferentes para melhor adaptação aos dados dos problemas. Assim, se na expressão da potência substituirmos U pela sua expressão $R \cdot I$ obtemos:

$$P = U \cdot I = R \cdot I \cdot I = R \cdot I^2 \quad (4)$$

Se substituirmos I por U/R teremos:

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \Rightarrow P = \frac{U^2}{R} \quad (5)$$

A unidade da **potência elétrica é o Watt⁴ (W)** e representa-se por **P**. O aparelho de medida utilizado para medir esta grandeza é o **wattímetro e liga-se, simultaneamente, em série e em paralelo** uma vez que o cálculo da potência pressupõe o produto da tensão e da corrente.

2.2.2 Efeito térmico da corrente elétrica - Lei de Joule

A passagem de corrente elétrica num condutor metálico provoca o seu aquecimento. Este fenómeno deve-se às colisões dos eletrões com os átomos no interior do material condutor e é designado por efeito de Joule.

Uma resistência, elemento elétrico que se opõe à passagem da corrente elétrica e que será analisado no próximo tema, ao ser percorrida por uma corrente elétrica irá dissipar uma determinada potência.

Tabela 7. Definição da grandeza de potência elétrica.

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE	APARELHO MEDIDA	SIMBOLOGIA	MODO DE LIGAÇÃO
Potência elétrica	P	Watt (W)	Wattímetro		Série + Paralelo

O enunciado da Lei de Joule⁵ diz: **A energia elétrica dissipada em calor por efeito de Joule, num recetor, é proporcional à resistência do recetor, ao quadrado da intensidade de corrente que o atravessa e ao tempo de passagem da corrente elétrica.**

$$W = R \times I^2 \times t \quad (6)$$

em que:

- W – Energia elétrica – Joule (J)
- R – Resistência elétrica (Ω)
- I – Intensidade da corrente elétrica (A)
- t – Tempo – segundo (s)

3. A resistência como recetor elétrico

Todos os recetores apresentam uma determinada resistência elétrica. Existe ainda um recetor que é denominado de resistência elétrica, e que é largamente utilizado em circuitos eletrónicos. Uma das aplicações deste componente é limitar a passagem da corrente elétrica num circuito.

O símbolo utilizado para representar este componente em circuitos elétricos e eletrónicos é representado na Figura 14. O esquema mostra uma aplicação da resistência num circuito eletrónico, onde limita a corrente elétrica para o componente semiconductor não se danificar. O semiconductor representado é um diodo emissor de luz, do inglês *Light Emitting Diode* – LED, sendo um componente eletrónico semiconductor utilizado nos atuais televisores com tecnologia LED. A Figura 15 mostra uma resistência elétrica num circuito eletrónico.

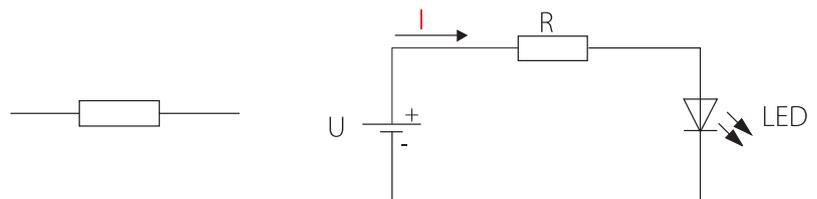


Figura 14. Símbolo da resistência elétrica e exemplo de utilização num circuito.

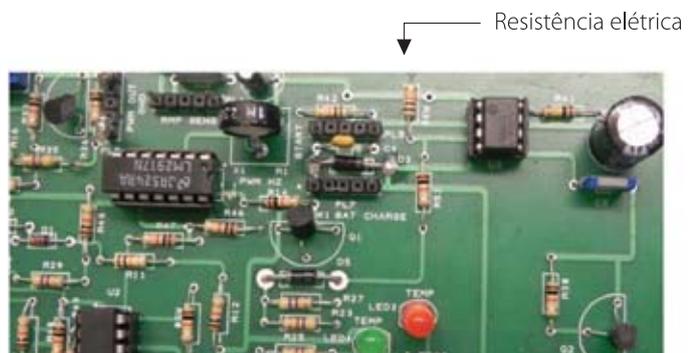


Figura 15. Resistências elétricas inseridas num circuito eletrónico.

⁴ James Watt (1736 – 1819). Matemático e engenheiro escocês, a unidade Watt recebeu este nome em sua homenagem pelas suas contribuições para o desenvolvimento do motor a vapor.

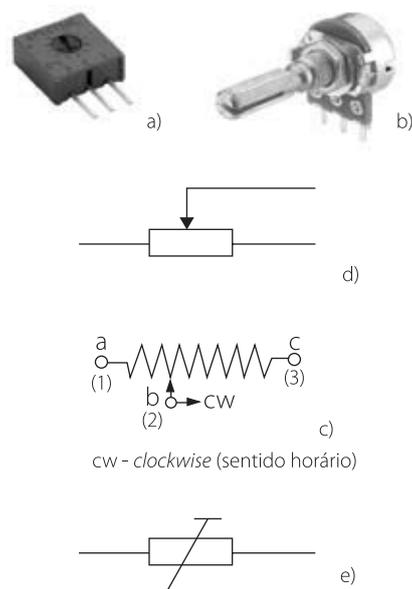
⁵ James Prescott Joule (1818 -1889). Físico britânico, estabeleceu a relação matemática entre o calor (energia), a resistência elétrica, a intensidade de corrente elétrica que a percorre e o tempo de passagem (Lei de Joule).

Existem vários tipos de resistências elétricas das quais se destacam:

1. Resistências fixas (representadas na Figura 15)
2. Resistências variáveis
3. Resistências não lineares: NTC, PTC, LDR e VDR

3.1 Resistências variáveis

Estas resistências apresentam a particularidade de variar o seu valor de 0Ω até ao seu valor nominal, valor para o qual foi concebido. Existem os *trimmer*, normalmente utilizados para fazer pequenos ajustes em circuitos eletrónicos e os potenciômetros utilizados em diversas aplicações como, por exemplo, na variação do volume de um rádio.



- a) *Trimmer*
- b) Potenciômetro
- c) Diagrama interno
- d) Símbolo resistência variável
- e) Símbolo de uma resistência ajustável

Figura 16. Resistências variáveis - Fonte das Figuras a) e c): www.vishay.com.

O princípio de funcionamento é simples: o cursor movimenta-se de forma circular numa face de carvão ou numa camada de metal. Se for medido com um ohmímetro o valor de resistência entre os dois terminais fixos (1) e (3) obtém-se o seu valor nominal. Se efetuarmos a medição entre os terminais (1) e (2) ou entre os terminais (2) e (3) o valor da resistência altera-se em função do ângulo de rotação do cursor. A Figura 17 descreve esta variação.

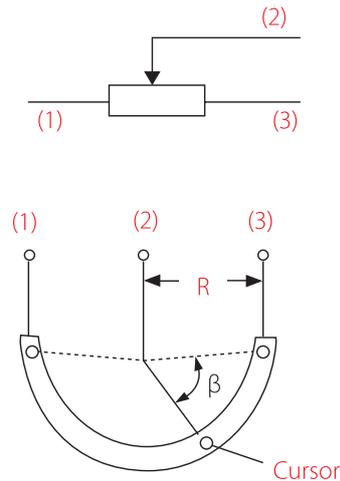


Figura 17. Princípio de funcionamento de uma resistência variável.

Além das resistências variáveis, existem outras que são denominadas de resistência multi-volta, normalmente construídas em CERMET (cerâmica e metal) cuja variação é conseguida através do parafuso integrado e que poderá dar, por exemplo, 20 volts.

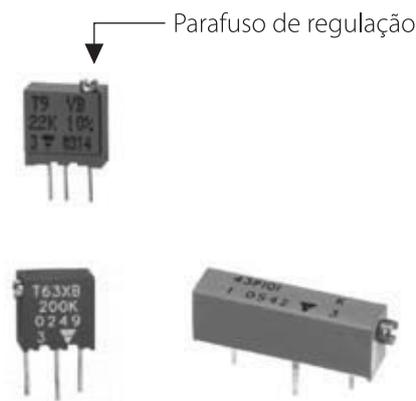


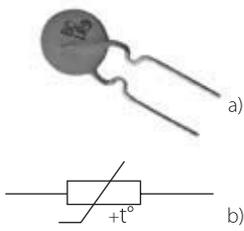
Figura 18. Trimmers multivolta - Fonte das Figuras: www.vishay.com.

3.2 Resistências não lineares

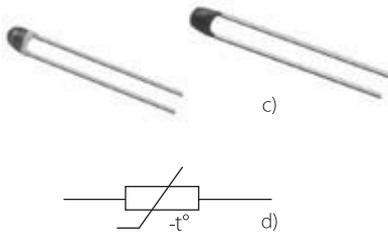
Estas resistências não seguem uma relação linear entre a tensão e corrente, logo não obedecem à Lei de Ohm. São utilizadas para obter respostas a diferentes estímulos: temperatura, tensão ou intensidade luminosa.

Tabela 8. Descrição do funcionamento das resistências não lineares.

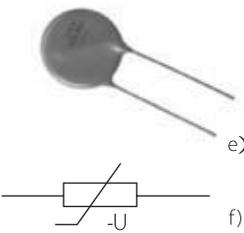
COMPONENTE	DESCRIÇÃO	ESTÍMULO	OPERAÇÃO
Termístor PTC	Positive Temperature Coefficient (Resistência com Coeficiente de Temperatura)	Temperatura	$T \uparrow R \uparrow$
Termístor NTC	Negative Temperature Coefficient (Resistência com Coeficiente de Temperatura)	Temperatura	$T \uparrow R \downarrow$
VDR (varístor)	Voltage Dependent Resistor (Resistência Dependente da Tensão)	Tensão	$U \uparrow R \downarrow$
LDR	Light Dependent Resistor (Resistência Dependente da Luz)	Luz	$Luz \uparrow R \downarrow$



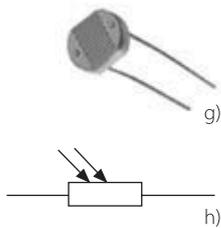
Exemplo de aplicação:
Proteção contra sobreintensidades



Exemplo de aplicação:
Detetores de temperatura



Exemplo de aplicação:
Proteção conta transitórios de tensão



Exemplo de aplicação:
Detetor de luz

- a) Termistor PTC
- b) Símbolo do termistor PTC - Fonte da Figura: www.vishay.com
- c) Termistor NTC
- d) Símbolo do termistor NTC - Fonte da Figura: www.vishay.com
- e) VDR (Varistor)
- f) Símbolo da VDR - Fonte da Figura: www.vishay.com
- g) Light Dependent Resistor (LDR)
- h) Símbolo da LDR

Figura 19. Resistências não lineares.

3.3 Identificação das resistências elétricas fixas

As resistências fixas não bobinadas são identificadas através de um código de cores que é pintado no seu corpo. Através deste código de cores é possível identificar os seguintes parâmetros:

1. Valor da resistência nominal,
2. Tolerância,
3. Coeficiente de temperatura (em algumas resistências).

Nas resistências mais comuns, onde a tolerância é de 5%, o código de cores é constituído por 4 anéis de cor da seguinte forma:

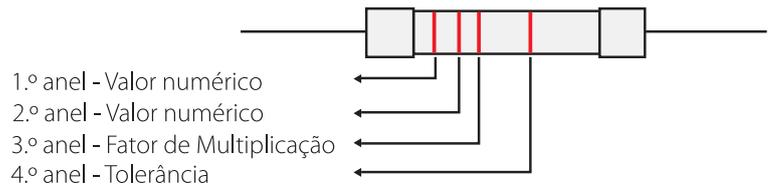


Figura 20. Código de cores para resistências de 4 anéis.

Existem, no entanto, resistências cuja tolerância é inferior e são designadas por resistências de precisão. Nestes casos o código de cores é composto por 5 anéis garantindo, assim, mais exatidão no valor.

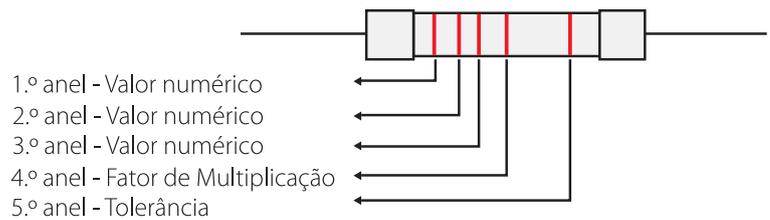


Figura 21. Código de cores para resistências de 5 anéis.

Tabela 9. Código de cores para identificação de resistências fixas não bobinadas.

COR DO ANEL	VALOR NUMÉRICO	FATOR DE MULTIPLICAÇÃO	TOLERÂNCIA
RESISTÊNCIAS COM 4 CORES			
	1.º ANEL / 2.º ANEL	3.º ANEL	4.º ANEL
RESISTÊNCIAS COM 5 CORES			
	1.º ANEL / 2.º ANEL / 3.º ANEL	4.º ANEL	5.º ANEL
Preto	0	10 ⁰ (x 1)	-
Castanho	1	10 ¹ (x 10)	± 1%
Vermelho	2	10 ² (x 100)	± 2%
Laranja	3	10 ³ (x 1000)	
Amarelo	4	10 ⁴ (x 10.000)	
Verde	5	10 ⁵ (x 100.000)	± 0,5%
Azul	6	10 ⁶ (x 1.000.000)	± 0,25%
Violeta	7	10 ⁷	
Cinzento	8	10 ⁸	
Branco	9	10 ⁹	
Dourado	-	10 ⁻¹ (x 0,1)	± 5%
Prateado	-	10 ⁻² (x 0,01)	± 10%

Nas resistências de precisão de filme metálico (corpo da resistência verde escuro) encontra-se pintado ainda um sexto anel que indica o coeficiente de temperatura.

A cor do corpo da resistência define o tipo de material de que é constituída:

- **Cor Bege** - Filme de carbono (CR)
- **Verde claro** - Filme metálico (SFR)
- **Azul** - Filme vítreo metalizado (VR)
- **Verde escuro** - Filme metálico (MR) precisão

Apresenta-se, de seguida, o código de cores para uma análise do valor nominal das resistências fixas não bobinadas (Tabela 9).

Tomemos como exemplo uma resistência com o seguinte código de cores: Castanho, Preto, Vermelho, Dourado.

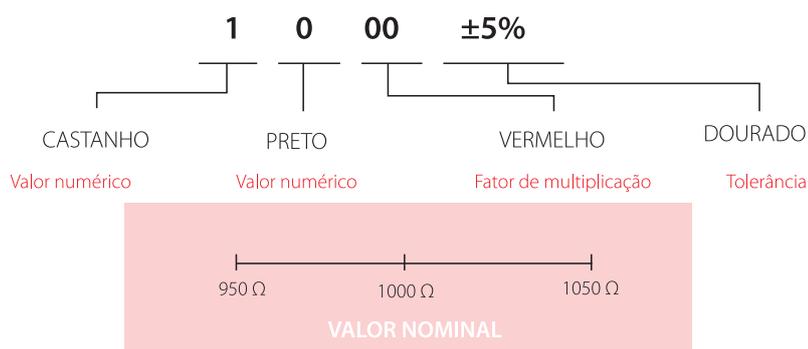


Figura 22. Análise do valor óhmico de uma resistência.

O valor óhmico indicado pelo código de cores é expresso em ohm (Ω), logo a resistência apresenta o valor de $1000 \Omega \pm 5\%$. O fator de multiplicação é, dito de uma forma simples, o número de zeros a colocar após o valor numérico. A tolerância representa o afastamento máximo entre o valor nominal e o valor real:

$$R = 1000 \Omega \pm 5\% \Leftrightarrow R = 1000 \pm \left(\frac{5}{100} \times 1000 \right)$$

$$\Leftrightarrow R = 1000 \Omega \pm 50 \Leftrightarrow$$

$$R = \begin{cases} R_{min.} = 1000 - 50 = 950 \Omega \\ R_{max.} = 1000 + 50 = 1050 \Omega \end{cases}$$

Considerando agora uma resistência de precisão com o seguinte código de cores:

- **Vermelho, Amarelo, Laranja, Laranja, Castanho**
- Valores numéricos (1.º, 2.º e 3.º anel): Vermelho, Amarelo, Laranja - **243**
- Fator de multiplicação (4.º anel): Laranja - **10^3**
- Tolerância (5.º anel): Castanho - **$\pm 1\%$**

PUB.

CIE comunicação e imprensa especializada, lda.
GRUPO PUBLINDÚSTRIA

especialista em
comunicação industrial



addlink

o serviço publicitário online que falta à sua empresa

Divulgue o link dos seus produtos no website das nossas revistas especializadas.

Já disponível

elevare

Manutenção

robótica

o electricista

renováveis magazine

jornadas tecnológicas

$$R = 243 \text{ k}\Omega \pm 1\% \Leftrightarrow R = 243 \left(\pm \frac{5}{100} \times 243 \right)$$

$$\Leftrightarrow R = 243 \pm 2,43$$

$$R = \begin{cases} R_{\min.} = 243 - 2,43 = 240,57 \text{ k}\Omega \\ R_{\max.} = 243 + 2,43 = 245,43 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

3.4 Código alfanumérico

Normalmente, as resistências fixas bobinadas e as variáveis apresentam a identificação do valor ôhmico através de um código alfanumérico que é formado por 2 ou 3 dígitos e 1 caráter que representa o múltiplo respetivo. Este caráter substitui a vírgula decimal.

Tabela 10. Código alfanumérico.

MÚLTIPLO	LETRA RESPETIVA
Ω	R
k Ω	K
M Ω	M

Na Figura 23 estão representadas resistências com a identificação através do código alfanumérico.

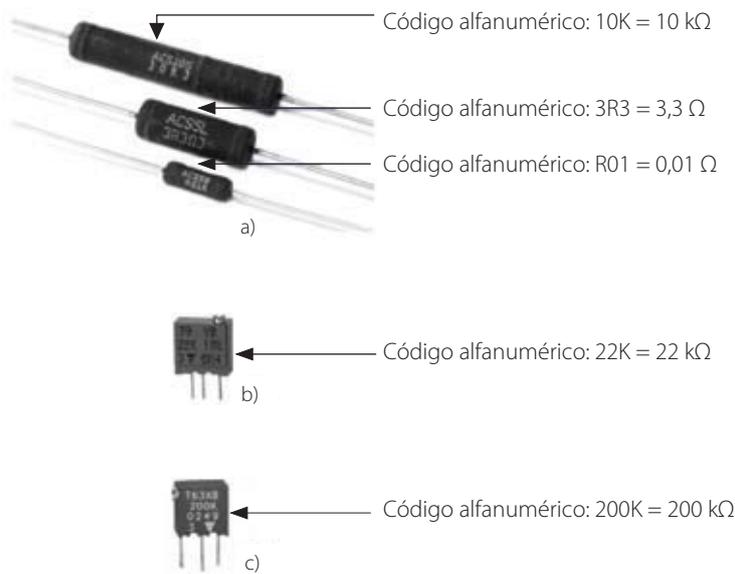


Figura 23. Resistências identificadas pelo código alfanumérico. Fonte da Figura a): www.arcolresistors.com. Fonte da Figura b) e c): www.vishay.com.

3.5 Potência de uma resistência

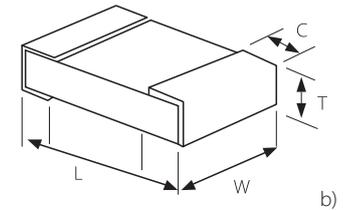
Sempre que uma resistência é percorrida por uma intensidade de corrente elétrica cria um obstáculo à sua passagem e, por conseguinte, produz calor que será libertado para o exterior.

Além do seu valor nominal e tolerância, características já analisadas, é importante caracterizar este componente quanto à sua potência nominal. Esta grandeza define-se como a máxima potência que a resistência pode dissipar em regime de funcionamento normal, sem que sofra destruição ou alterações irreversíveis das suas propriedades.

Na Figura 24 analisamos a diferença entre resistências de potências diferentes. Poderemos, por exemplo, encontrar resistências de $\frac{1}{8}$ W, $\frac{1}{4}$ W, $\frac{1}{2}$ W, 1 W, 2 W até centenas de watts. Quanto maior a potência nominal maior será o corpo da resistência.

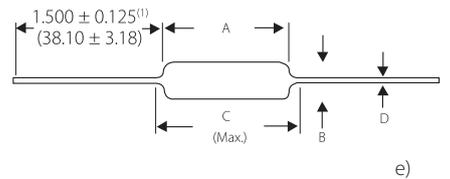
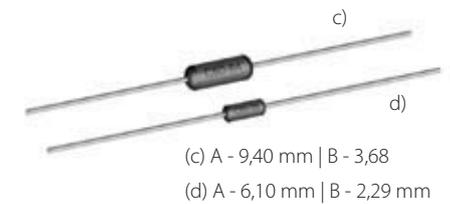


Resistência SMD (Surface Mounting Device) Componente de montagem na superfície das placas de circuito



P (W)	L (mm)	W (mm)
0,1	2	1,25
0,125	3,2	1,6
0,25	4,9	2,4

W - Width (largura) L - Length (comprimento)



As resistências de potência apresentam valor nominal de potência desde dezenas de Watts a centenas de Watts

Figura 24. Resistências de diferentes potências. Fonte da Figura b), f) e g): www.arcolresistors.com. Fonte da Figura c), d) e e): www.vishay.com.