

ELETROTÉCNICA



Diogo Braga da
Costa Souza



S719e Souza, Diogo Braga da Costa.

Eletrotécnica [recurso eletrônico] / Diogo Braga da Costa Souza, Rodrigo Rodrigues. – Porto Alegre : SAGAH, 2017.

Editedo como livro em 2017.
ISBN 978-85-9502-055-9

1. Eletrotécnica. 2. Engenharia elétrica. I. Rodrigues, Rodrigo. II. Título.

CDU 621.3

Catalogação na publicação: Poliana Sanchez de Araujo – CRB 10/2094

Resistores e aplicações em eletrotécnica

Objetivos de aprendizagem

Ao final deste texto, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Identificar os diferentes tipos de resistores e as maneiras como são especificados.
- Utilizar o código de cores dos resistores para determinar o valor da resistência.
- Calcular a resistência total de diferentes configurações de resistores em série e em paralelo.

Introdução

Neste capítulo, você vai saber mais sobre os resistores, conhecendo seus principais tipos, suas utilizações, suas especificações, seu código de cores e suas configurações.

Os resistores comerciais

Os resistores são utilizados para regular o nível de corrente nos circuitos eletrônicos. Como é inviável produzir todos os valores de resistência, há valores comerciais de resistores os quais estão disponíveis na Tabela 1:

Tabela 1. Valores comerciais de resistores.

1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0
3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1
5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

Fonte: Adaptada de Boylestad (2011).

Os múltiplos e submúltiplos dos valores presentes na Tabela 1 são os valores de resistências dos resistores comerciais.

Como há uma vasta variedade de utilização dos resistores, há também diferentes tipos, e cada tipo possui especificações que atendem a utilizações específicas.

Resistores de resistência fixa

Os resistores de resistência fixa estão presentes em diversos circuitos eletrônicos. Sua principal característica é seu valor constante de resistência quando utilizado em suas condições nominais. Seus tipos são diferenciados pelas possíveis aplicações, pela potência nominal e pelo seu nível de tolerância (MARCUS, 2001). Você vai ver agora alguns dos mais utilizados:

- Resistor de filme de carbono: É o tipo de resistor mais antigo do mercado e comumente o mais barato. Sua composição é com grãos de carvão misturados com um material isolante (antigamente era a borracha vulcanizada, mas ela foi substituída pela cerâmica), conforme mostrado na Figura. Possui valores de tolerância que variam entre 5 e 10%, sendo um tipo de resistor de baixa precisão.

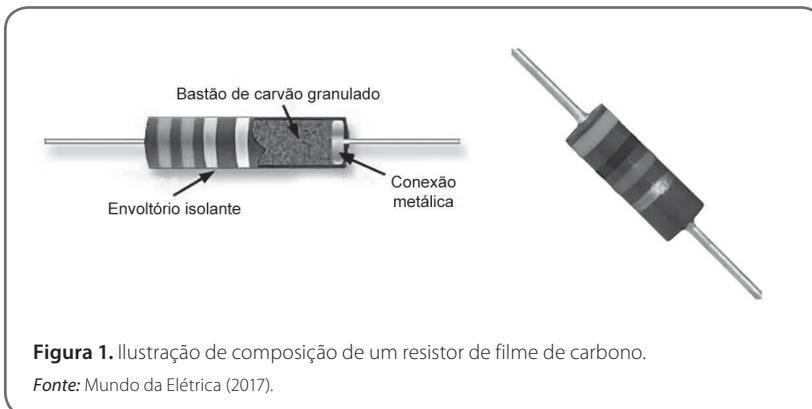


Figura 1. Ilustração de composição de um resistor de filme de carbono.

Fonte: Mundo da Elétrica (2017).

- Resistor de filme metálico: São resistores que constituem filmes metálicos enrolados junto a um bastão de cerâmica, conforme a Figura 2. Seu valor de resistência é definido pela espessura do filme metálico, conforme a segunda lei de Ohm. Estes resistores possuem valores de tolerância menores que os dos resistores de filme de carbono, variando de 1 a 5%.

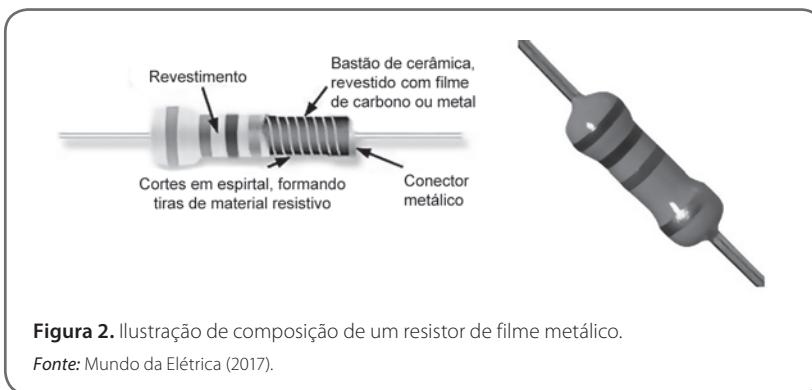
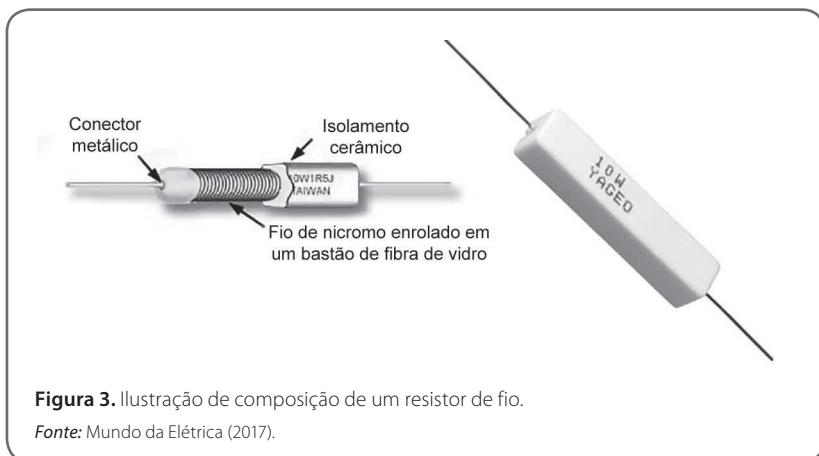


Figura 2. Ilustração de composição de um resistor de filme metálico.

Fonte: Mundo da Elétrica (2017).

- Resistores de fio: São resistores aplicados em circuitos de potências maiores, pois são o tipo de resistor fixo que suporta os maiores níveis de potência. Os resistores de fio são constituídos por um longo fio

condutor, normalmente de nicromo, conforme a Figura 3. Seu valor de resistência é determinado pelo comprimento e pela seção do fio utilizado, conforme a segunda lei de OHM. Diferentemente dos outros tipos descritos, este resistor não é especificado pelo código de cores, mas, sim, por um código impresso no dispositivo. Estes resistores possuem altos níveis de tolerância, que variam entre 5 e 20%.



- Resistores SMD: Todos os outros resistores citados anteriormente são do tipo PTH, os quais necessitam de furos na placa para fixação. Já os componentes SMD não necessitam destes furos, possibilitando uma menor ocupação de espaço físico, reduzindo muito o tamanho dos circuitos. Estes resistores possuem baixas tolerâncias, que variam entre 1 e 5%, devido a sua aplicação.

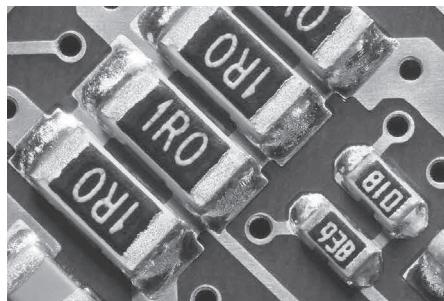


Figura 4. Resistores SMD.

Fonte: Szasz-Fabian Jozsef / Shutterstock.com.

Resistores de resistência variável

São resistores que variam o seu valor de resistência mesmo em condições nominais de acordo com um estímulo externo (MARCUS, 2001). Os tipos de resistores variáveis manualmente são:

- Potenciômetros: São resistores variáveis manuais que podem ser rotativos ou deslizantes. Estes dispositivos são utilizados como interface de equipamentos com o usuário, como no controle de volume de equipamentos sonoros.



Figura 5. Potenciômetro rotativo.

Fonte: Optimarc / Shutterstock.com.

- *Trimpot*: Possui funcionamento similar ao dos potenciômetros, mas com intuios diferentes. Os *trimpots* são utilizados em aplicações que exigem ajustes internos, realizados apenas por profissionais qualificados, não sendo acessíveis ao usuário.



Figura 6. Trimpots.

Fonte: Lefteris Papaulakis / Sutterstock.com.

- Reostato: É um tipo de resistência variável manualmente que se diferencia dos potenciômetros e dos *trimpots* pelos seus altos níveis de potências nominais. Este equipamento é utilizado para controle em motores.

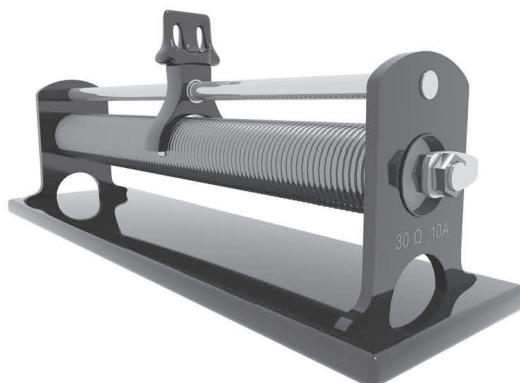


Figura 7. Reostato.

Fonte: Egorcos / Shutterstock.com.

- Década resistiva: É um equipamento que possui vários ajustes para a determinação de valores de resistência com muita precisão. Este tipo de equipamento é utilizado em laboratórios de calibração.



Figura 8. Década resistiva.

Fonte: Bagarel (c2006-2017).



Saiba mais

Para conhecer mais sobre a aplicação de décadas resistivas nos processos de calibração de equipamentos de medição de resistência, consulte o *Manual de instruções técnicas* (COPEL, 2007).

Código de cores

Para determinar as características do resistor, é impresso em cada componente um código que representa os seus valores nominais. Um dos tipos mais comuns de código para resistores é o código de cores, em que cada cor representa um valor, conforme a Figura 9. Com a leitura correta, é possível determinar a especificação do resistor (MARCUS, 2001).

4 Bands **1.2 Ω 10%**
5 Bands **68 KΩ 5%**
6 Bands **560 KΩ 5%**

1st Digit	2nd Digit	3rd Digit	Multiplier	Tolerance	Temperature Coefficient
0	0	0	1	1%	100ppm
1	1	1	10	2%	50ppm
2	2	2	100	0.5%	15ppm
3	3	3	1 K	0.25%	25ppm
4	4	4	10 K	0.1%	
5	5	5	100 K	0.05%	
6	6	6	1 M		
7	7	7	10 M		
8	8	8			
9	9	9			
			0.01	10%	
			0.1	5%	

Resistor Color Codes

1K = 1 000
1M = 1 000 000

Para visualizar os códigos de cores de resistores com mais detalhes, utilize o código abaixo.

Figura 9. Valores correspondentes às cores.

Fonte: Fouad A. Saad / Shutterstock.com

No comércio existem resistores de 4 faixas, 5 faixas e 6 faixas, sendo que cada um destes possui uma leitura adequada. Com base na Figura 8, você vai ver agora como é feita essa leitura.

Resistores de 4 faixas

Os resistores de 4 faixas possuem os maiores valores de tolerância de seus valores de resistência, de 5 a 10%, e o menor preço. Assim, essas características o tornam o tipo mais utilizado em equipamentos simples, com baixa precisão (BOYLESTAD, 2011).

Sua leitura é realizada de acordo com os seguintes passos:

1. As cores das duas primeiras faixas são lidas juntas, formando um número de dois algarismos decimais.
2. A cor da terceira faixa é o expoente de 10, o qual representará o fator multiplicador para o valor encontrado nas duas primeiras faixas.

3. A cor da quarta faixa representa o valor de tolerância da resistência do resistor. Se o resistor possuir apenas 3 faixas, isso significa que não há faixa de tolerância, considerando-se, assim, +/-20% como valor de tolerância.



Exemplo



- 1^a Faixa: marrom = 1
2^a Faixa: vermelho = 2
3^a Faixa: dourado = -1
4^a Faixa: prata = 10%

4. Unimos os valores das duas primeiras faixas:

12

5. Aplicamos o expoente de 10, presente na terceira faixa, para formar o fator multiplicador:

$$12 \cdot 10^{-1}$$

6. Aplicamos o valor da tolerância, representado pela cor da quarta faixa:

$$12 \cdot 10^{-1} +/ - 10\%$$

Com a leitura realizada, o valor da resistência do resistor do exemplo é $1,2 \Omega$, com tolerância de +/-10%. Assim, este resistor pode possuir qualquer valor de resistência entre $1,08$ e $1,32 \Omega$.

Resistores de 5 faixas

Esses resistores possuem maior precisão (daí sua classificação como “resistores de precisão”), e seu valor de tolerância comumente é menor, de 1 a 2%.

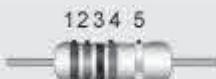
As aplicações desse tipo de resistor incluem os equipamentos utilizados em instrumentação e os equipamentos hospitalares, que exigem alta precisão (BOYLESTAD, 2011).

A leitura do seu valor de resistência é realizada de acordo com os seguintes passos:

1. As cores das três primeiras faixas são lidas juntas, formando um número de três algarismos decimais, o que possibilita uma maior precisão do valor de resistência.
2. A cor da quarta faixa é o expoente de 10, o qual representará o fator multiplicador para o valor encontrado nas duas primeiras faixas.
3. A cor da quinta faixa representa o valor de tolerância da resistência do resistor. Se o resistor possuir apenas 3 faixas, isso significa que não há faixa de tolerância, considerando-se, assim, +/-20% como valor de tolerância.



Exemplo



- 1^a Faixa: azul = 6
- 2^a Faixa: prata = 8
- 3^a Faixa: preto = 0
- 4^a Faixa: vermelho = 2
- 5^a Faixa: dourado = 5%

4. Unimos os valores das três primeiras faixas:

680

5. Aplicamos o expoente de 10, presente na quarta faixa, para formar o fator multiplicador:

$$680 \cdot 10^2$$

6. Aplicamos o valor da tolerância, representado pela cor da quinta faixa:

$$680 \cdot 10^2 \text{ } +/- 5\%$$

7. Com a leitura realizada, o valor da resistência do resistor do exemplo é $68 \text{ k}\Omega$, com tolerância de $+/-5\%$. Assim, este resistor pode possuir qualquer valor de resistência entre 64,6 e 71,4 $\text{k}\Omega$.

Resistores de 6 faixas

Estes resistores são muito parecidos com os de 5 faixas, mas com uma informação que torna o seu valor de resistência mais preciso. A sexta faixa determina a variação de resistência referente à variação de temperatura (BOYLESTAD, 2011).

A leitura desse tipo de resistor é feita de acordo com os seguintes passos:

1. As cores das três primeiras faixas são lidas juntas, formando um número de três algarismos decimais, o que possibilita uma maior precisão do valor de resistência;
2. A cor da quarta faixa é o expoente de dez, o qual representará o fator multiplicador ao valor encontrado nas duas primeiras faixas;
3. A cor da quinta faixa representa o valor de tolerância da resistência do resistor. Se o resistor possuir apenas 3 faixas significa que não há faixa de tolerância, sendo assim, considera-se $+/-20\%$ como valor de tolerância.
4. A cor da sexta faixa representa o coeficiente de temperatura da resistência cuja unidade representa parte por milhão por grau Kelvin.



Exemplo



1^a Faixa: verde = 5

2^a Faixa: azul = 6

3^a Faixa: preto = 0

4^a Faixa: alaranjado = 3

5^a Faixa: dourado = 5%

6^a Faixa: vermelho = 50 ppm

1. Unimos os valores das três primeiras faixas:

560

2. Aplicamos o expoente de 10, presente na quarta faixa, para formar o fator multiplicador:

$$560 \cdot 10^3$$

3. Aplicamos o valor da tolerância, representado pela cor da quinta faixa:

$$560 \cdot 10^3 \text{ } +/- 5\%$$

4. Aplicamos o valor do coeficiente de temperatura sobre o valor do resistor, representado pela cor da sexta faixa. Isso significa que, com a variação de temperatura, sua resistência variará:

$$50 \cdot 560 \cdot 10^3 / 106 = 28 \Omega/K$$

5. Haverá variação de 28Ω a cada grau Kelvin de variação de temperatura.

Com a leitura realizada, o valor da resistência do resistor do exemplo é $560 \text{ k}\Omega$, com tolerância de $+/-5\%$. Assim, este resistor pode possuir qualquer valor de resistência entre 532 e $588 \text{ k}\Omega$, com uma variação de $28 \Omega/\text{K}$ (isto é, uma variação de $0,005\%$ por grau Kelvin).



Saiba mais

Para saber mais sobre a influência da variação de temperatura na resistência dos resistores, consulte o livro *Introdução à Análise de Circuitos* (BOYLESTAD, 2011).

Associação de resistores

Os resistores podem ser associados de diversas formas, possibilitando a obtenção de circuitos cuja resistência equivalente seja um valor diferente dos valores comerciais de resistências. A associação de resistores é feita de duas formas básicas: associação série e associação paralela. Qualquer outra associação diferente consiste na junção das duas, e é denominada associação mista (BOYLESTAD, 2011).

Associação série

Os resistores estão em série se estiverem no mesmo ramo, não havendo nós entre eles, conforme o circuito da Figura 10. A mesma corrente circula em todos os resistores (BOYLESTAD, 2011).

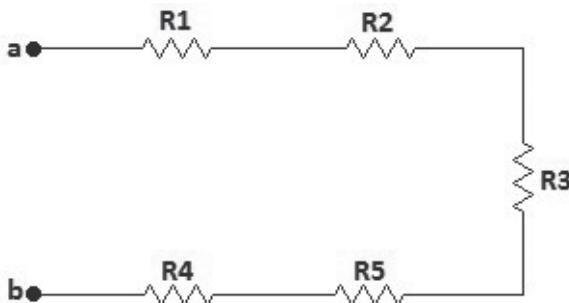


Figura 10. Circuito de associação série de resistores.

O cálculo da resistência total dos circuitos em série é realizado por meio da soma dos valores de resistência dos resistores associados. Para o circuito da Figura 10, obtemos o valor de resistência total, R_{ab} , por:

$$R_{ab} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

Veja um exemplo:



Exemplo

No circuito da Figura 10, considerando os valores dos resistores R₁, R₂, R₃, R₄ e R₅ como 4,7 kΩ, 5,1 kΩ, 10 kΩ, 2,2 kΩ e 300 Ω, respectivamente, qual será o valor da resistência equivalente, R_{ab}, do circuito?

Resolução: como as resistências estão em série, o valor de resistência total é obtido pela soma das resistências dos resistores. Assim:

$$R_{ab} = 4700 + 5100 + 10000 + 2200 + 300$$

$$R_{ab} = 22,3 \text{ k}\Omega$$

Associação paralela

Nesse tipo de associação, os resistores estão em paralelo, e todos eles estão ligados nos mesmos nós, como mostrado na Figura 11. Observe que todos os resistores estão ligados diretamente aos pontos “a” e “b” (BOYLESTAD, 2011).

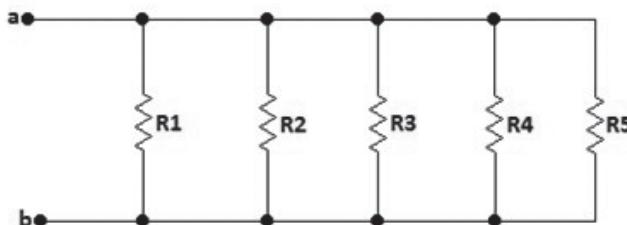


Figura 11. Circuito de associação paralela de resistores.

O cálculo da resistência total do circuito de associação paralela é realizado por meio da seguinte expressão:

$$\frac{1}{R_{ab}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

Essa expressão calcula a resistência total de qualquer circuito paralelo que tenha qualquer quantidade de resistores.

Veja um exemplo.



Exemplo

No circuito da Figura 11, considerando os valores dos resistores R₁, R₂, R₃, R₄ e R₅ como 4,7 kΩ, 5,1 kΩ, 10 kΩ, 2,2 kΩ e 300 Ω, respectivamente, qual será o valor da resistência total, R_{ab}, do circuito?

Resolução: Como as resistências estão em paralelo, o valor do inverso da resistência total é obtido pela soma dos inversos das resistências dos resistores.

$$\frac{1}{R_{ab}} = \frac{1}{4700} + \frac{1}{5100} + \frac{1}{10000} + \frac{1}{2200} + \frac{1}{300}$$
$$R_{ab} = 232,74 \Omega$$

Associação mista

Na associação de resistores mista, utilizamos parte do circuito em série, e parte em paralelo, formando um circuito diferente dos tipos série e paralelo (BOYLESTAD, 2011).

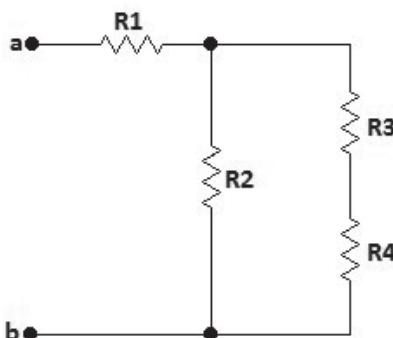


Figura 12. Circuito de associação mista de resistores.

O melhor método para a resolução desse tipo de associação é utilizar as expressões de solução dos métodos básicos, série e paralelo, unindo as resistências. Assim, primeiro calculamos as resistências equivalentes série; depois, calculamos as resistências paralelas, até que o circuito seja reduzido a apenas um valor de resistência, a resistência total.

Veja um exemplo.



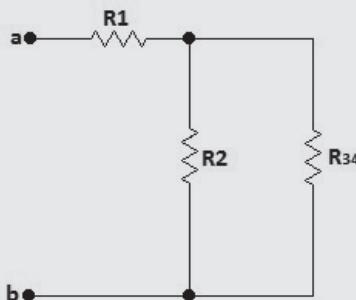
Exemplo

No circuito da Figura 12, considerando os valores dos resistores R₁, R₂, R₃ e R₄ como 4,7 kΩ, 5,1 kΩ, 10 kΩ, 2,2 kΩ, respectivamente, qual será o valor da resistência total, R_{ab}, do circuito?

Resolução: Iniciamos a análise dos circuitos mistos por meio da associação de resistores em série, como os resistores R₃ e R₄:

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 10000 + 2200 = 12,2 \text{ k}\Omega$$

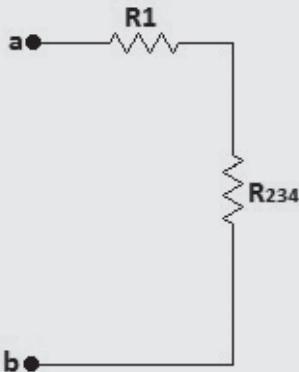
O valor equivalente à associação série de R₃₄ é 12,2 kΩ, reduzindo o circuito inicial ao circuito equivalente 1, mostrado a seguir.



A partir do circuito equivalente 1, é possível verificar a associação paralela entre R₂ e R₃₄. Assim, o próximo passo é calcular R₂₃₄:

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{5100} + \frac{1}{12200} = 3596,53 \Omega$$

O valor equivalente à associação série de R_{234} é 3596,53 Ω , reduzindo o circuito equivalente 1 ao circuito equivalente 2, mostrado a seguir.



A partir do circuito equivalente 2, é possível determinar a última associação necessária ao exemplo. Neste caso, é uma associação série entre R1 e R₂₃₄.

$$R_{ab} = R1 + R_{234} = 4700 + 3596,53 =$$

$$R_{ab} = 8296,53 \Omega$$



Fique atento

O resultado do cálculo do valor da resistência total do circuito representa um valor de resistência que pode substituir todos os resistores do circuito, possuindo a mesma resposta de corrente se aplicado o mesmo nível de tensão nos dois circuitos.



Exercícios

1. O valor da resistência elétrica de um condutor ôhmico não varia se mudarmos somente:

 - a) O material de que ele é feito.
 - b) Seu comprimento.
 - c) A diferença de potencial a que ele é submetido.
 - d) A área de sua seção reta.
 - e) A sua resistividade.
2. Dispõe-se de três resistores de resistência 300 Ohms cada um. Para obter uma resistência de 450 Ohms, utilizando os três resistores, como devemos associá-los?

 - a) Dois em paralelo, ligados em série com o terceiro.
 - b) Os três em paralelo.
 - c) Dois em série, ligados em paralelo com o terceiro.
 - d) Os três em série.
 - e) Nenhuma resposta anterior.
3. Temos três resistores ligados em série com as resistências de 120, 330 e 470 Ohms. Qual é a resistência total?

 - a) 450 Ohms.
 - b) 920 Ohms.
- c) 800 Ohms.

d) 590 Ohms.

e) 120 Ohms.
4. Um resistor tem as cores amarelo, violeta, vermelho e dourado. Determine a resistência e a tolerância desse resistor.

 - a) 3300 Ohms e 10% de tolerância.
 - b) 4300 Ohms e 10% de tolerância.
 - c) 5300 Ohms com 20 % de tolerância.
 - d) 3900 Ohms com 10% de tolerância.
 - e) 4700 Ohms com 5% de tolerância.
5. Temos quatro alto-falantes de 8 Ohms e 50 Watts de potência. Para termos uma associação total dos quatro alto-falantes também de 8 Ohms, como devemos ligar e qual é a potência resultante?

 - a) Série, 100 Watts
 - b) Série/paralelo, 200 Watts
 - c) Paralelo, 100 Watts
 - d) Paralelo, 200 Watts
 - e) Nenhuma das respostas anteriores.



Referências

BAGAREL. *Década Resistiva MDR-611 Minipa*. Bagarel, c2006-2017. Disponível em: <<http://loja.bagarel.com.br/decada-resistiva-mdr-611-minipa-p186>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

BOYLESTAD, R. L. *Introdução à análise de circuitos*. 10. ed. São Paulo: Pearson Education, 2011.

COPEL DISTRIBUIÇÃO. *Manual de instruções técnicas*. [S.I.]: Copel, 2007. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/CFBB161F21D48B81032574F1005C9003/\\$FILE/MIT_161705-Procedimentos_de_Ensaios_Mecanicos_de_Equipamentos_e_Ferramentas.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/CFBB161F21D48B81032574F1005C9003/$FILE/MIT_161705-Procedimentos_de_Ensaios_Mecanicos_de_Equipamentos_e_Ferramentas.pdf)>. Acesso: 27 jan. 2017.

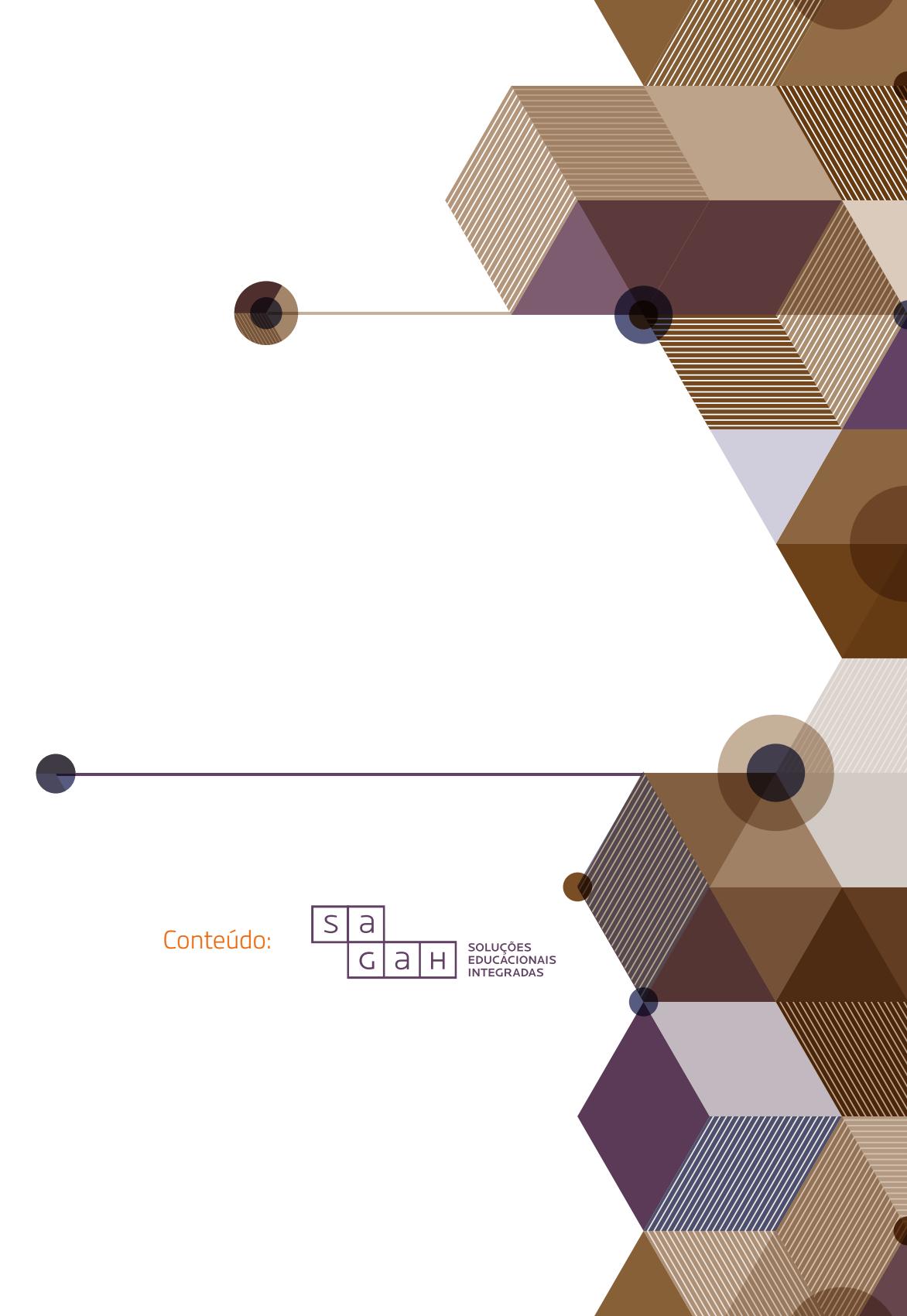
MARKUS, O. *Circuitos elétricos: corrente contínua e corrente alternada*. São Paulo: Érica, 2001.

MUNDO DA ELÉTRICA. *Resistores fixos*. [S.I.]: Munda da elétrica, 2017. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/resistores-fixos/>>. Acesso em: 01 fev. 2017.

Leitura recomendada

NILSSON, J.; RIELDEL, S.; *Circuitos elétricos*. 8. ed. São Paulo: Pearson Education, 2009

Encerra aqui o trecho do livro disponibilizado para esta Unidade de Aprendizagem. Na Biblioteca Virtual da Instituição, você encontra a obra na íntegra.



Conteúdo:



SOLUÇÕES
EDUCACIONAIS
INTEGRADAS