

ELETROMAGNETISMO



Guilherme de Lima Lopes

Campo magnético e fontes de campo magnético

Objetivos de aprendizagem

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

- Explicar o conceito de campo magnético e suas propriedades.
- Exemplificar as diferentes fontes de campo magnético.
- Relacionar a forma funcional do campo magnético em regiões do espaço dependente da geometria da fonte que gera o campo.

Introdução

O magnetismo está presente em muitas situações cotidianas, seja de forma explícita — como no caso dos ímãs de geladeira, no uso de bússolas, etc. — seja de forma menos evidente — como no funcionamento de aparelhos de alto-falantes, televisões, telefones, entre outras (Válio, 2016).

Desde as primeiras descobertas do material magnetita, na Grécia, capaz de atrair certos metais, até o desenvolvimento da teoria do eletromagnetismo, passou-se um grande período. Hoje, somos capazes de criar eletroímãs, dispositivos que utilizam corrente elétrica para gerar campos magnéticos, capazes de elevar toneladas de metais por vez.

Dos ímãs permanentes, como a magnetita, até os eletroímãs, comportam-se segundo algumas leis, como a de atração e repulsão magnética, lei de Ampère e outras que serão discutidas aqui.

Neste capítulo, você vai entender o que é o campo elétrico, quais as propriedades do campo que é possível gerar campos magnéticos de diferentes fontes e, por fim, como traçar as linhas de campo magnético e encontrar a intensidade dele em algumas configurações geométricas definidas.

Campo magnético

Em uma região da Magnésia (na Grécia central), os gregos antigos encontraram diversos tipos de minerais naturais capazes de atrair e repelir uns aos outros e certos tipos de metal, como o ferro (BAUER, 2012).

Aos materiais que, em seu estado natural, produzem campo magnético, damos o nome de “ímãs permanentes”.

As interações entre ímãs permanentes e agulhas de bússolas podem ser explicadas por meio do conceito de polos magnéticos. Dessa maneira, quando suspenso pelo centro de gravidade, um ímã permanente tende a se orientar com os polos terrestres. Assim, definimos polo norte como a parte do ímã que aponta próximo ao norte geográfico da Terra; utilizando o mesmo raciocínio, a parte que aponta ao sul geográfico é denominada polo sul. Esse é o princípio de funcionamento de uma bússola, que aponta sempre ao norte geográfico da Terra. Observe a Figura 1.

Agora, vamos analisar as forças de atração e repulsão magnéticas que ocorrem entre os polos e, depois, aprofundaremos o estudo do campo magnético terrestre e suas orientações geográficas.

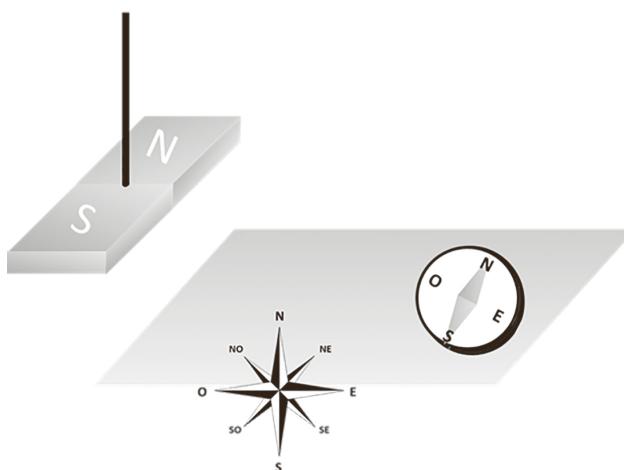


Figura 1. Definição de polo norte e polo sul.

A partir desses ímãs permanentes, e semelhante ao observado com as cargas elétricas, podemos definir a Lei de Atração e Repulsão Magnética. Desta maneira, os polos diferentes atraem-se, e polos iguais repelem-se. Ainda sobre a atração e repulsão magnética, um material ferromagnético é atraído por um ímã permanente ou temporário, independentemente da polaridade em que o ímã é posicionado. Veja a representação na Figura 2.

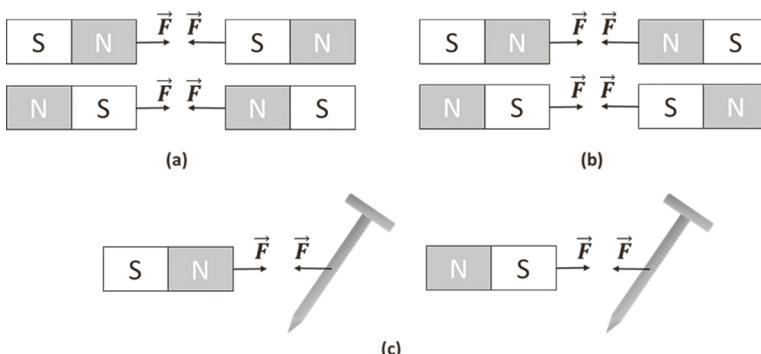


Figura 2. (a) Polos opostos atraem-se; (b) Polos iguais repelem-se; e (c) Qualquer polo de um ímã atraí um objeto não imantado.

No século 18, o físico dinamarquês, Hans Christian Oersted, fez as primeiras observações de campos magnéticos gerados por corrente elétrica. Em uma demonstração aos seus alunos, Oersted mostrou que uma bússola variava sua indicação quando um condutor, próximo a ela, era percorrido por corrente elétrica.

Mas foi somente o físico francês André-Marie Ampère que propôs que toda partícula carregada em movimento gera um campo magnético próprio. Ou seja, cargas elétricas em movimento geram campos magnéticos.

O campo magnético \vec{B} pode ser definido como a região em volta de um ímã, onde ocorrem interações magnéticas. O campo magnético, similar ao campo elétrico, consegue produzir forças magnéticas em um corpo a distância, ou seja, existe uma força de interação mesmo sem o contato dos corpos.

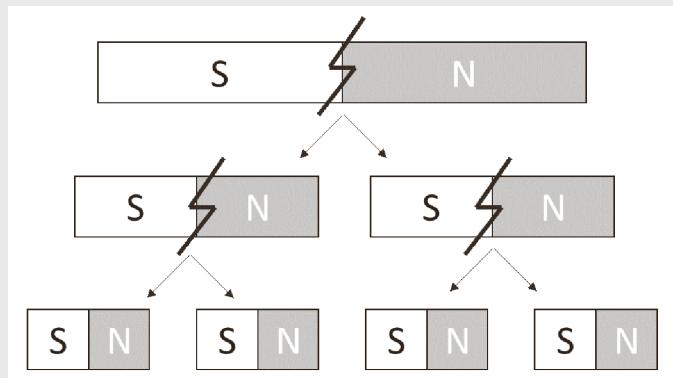
Cargas elétricas em movimento geram campos magnéticos. Portanto, correntes elétricas, percorrendo condutores, são capazes de gerar campo

magnético. Aos componentes que produzem campo magnético a partir de corrente elétrica dá-se o nome de eletroímã.



Fique atento

O conceito de polo magnético pode parecer semelhante ao de carga elétrica. O polo norte e o polo sul podem parecer análogos a uma carga positiva e uma negativa. Porém, essa analogia é capaz de causar confusão. Embora existam cargas negativas e positivas isoladas, não existe nenhuma evidência experimental da existência de um polo magnético isolado. Os polos magnéticos sempre existem formando pares. Quando uma barra imantada é partida ao meio, cada extremidade de cada pedaço constitui um polo (YOUNG, 2012).



Fontes de campo magnético

A Terra possui um campo magnético próprio. Dessa maneira, as agulhas das bússolas são imantadas e alinham-se com as posições geográficas da Terra.

Conforme já mencionado, os polos iguais repelem-se e polos diferentes atraem-se. Dessa maneira, quando definimos a parte da agulha da bússola que aponta para o norte geográfico como sendo o polo norte, temos que os polos magnéticos na Terra são contrários aos polos geográficos. Assim, o polo norte geográfico é o polo sul magnético da Terra, e o polo sul geográfico é o polo norte magnético.

O campo magnético da Terra já é conhecido há muitos séculos, porém, a explcação dele não é conhecida precisamente e constitui um tema de pesquisa corrente.

Com maior probabilidade, ele é causado por correntes elétricas intensas no interior da Terra, devido à rotação do núcleo líquido de ferro e níquel. A rotação é chamada com frequênciade efeito geodinamo (BAUER, 2012).

Esse campo magnético é importantíssimo, pois nos protege de um tipo de energia radiante de alta energia oriunda do espaço. Essa energia radiante é constituída principalmente de partículas eletrizadas que são desviadas da superfície terrestre devido ao seu campo magnético.



Saiba mais

O campo magnético da Terra é distorcido por vento solar, um fluxo de partículas ionizadas, principalmente prótons, emitidas pelo Sol a cerca de 400 km/s. Duas faixas dessas partículas carregadas que foram capturadas do vento solar circulam em volta da Terra. Elas são denominadas cinturões de radiação de Van Allen, em homenagem a James A. Van Allen (1914-2006). Os cinturões de radiação de Van Allen são mais próximos da superfície da Terra ao redor dos polos magnéticos norte e sul, onde as partículas carregadas mantidas dentro dos cinturões colidem com frequência com os átomos da atmosfera do planeta, excitando-os. Esses átomos excitados emitem luz de cores diferentes e perdem energia; o resultado é a fabulosa Aurora Boreal ("luzes do Norte"), em altas latitudes norte, e Aurora Austral ("luzes do Sul"), em altas latitudes sul. As auroras não são exclusivas da Terra; elas também têm sido observadas em planetas externos dotados de campos magnéticos intensos, como Júpiter e Saturno.



Fonte: Euro Dicas, c2018 (texto) e Simone Gramegna/Shutterstock.com (imagem).

Temos, então, as fontes de campo magnético, os ímãs permanentes, como a magnetita, os eletroímãs, como sendo qualquer condutor percorrido por corrente elétrica, os astros e planetas, com os ventos solares e o campo magnético terrestre.

Assim, para calcular o campo magnético resultante, causado por mais de uma fonte de campo magnético, ou, então, pelo movimento de conjuntos de cargas elétricas, devemos entender o princípio de superposição dos campos magnéticos.

Analogamente ao campo elétrico, o campo magnético total produzido por diversas fontes de campo magnético é a soma vetorial dos campos produzidos pelas fontes individuais. Dessa maneira, temos:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$$

As semelhanças entre o campo elétrico e o campo magnético não se restringem apenas a isso. Vamos relembrar que o campo elétrico total, associado a uma distribuição genérica de cargas, pode ser encontrado calculando o campo elétrico elementar produzido por cada elemento de carga, sendo em geometrias complexas, mas com distribuições simétricas podem ser encontradas pelo uso da lei de Gauss.

O campo magnético produzido por uma distribuição de elementos com simetria pode ser calculado pela lei de Ampère, análoga à lei de Gauss, que diz o seguinte:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{env}$$

Sendo assim, é possível encontrar o campo magnético em distribuições de corrente, necessitando conhecer a geometria de invólucro das cargas e a intensidade da corrente envolvida.



Exemplo

A Figura 3 mostra um fio longo retilíneo percorrido por uma corrente i . O campo magnético produzido pela corrente tem o mesmo módulo em todos os pontos situados a uma distância do fio, com uma simetria cilíndrica em relação a este.

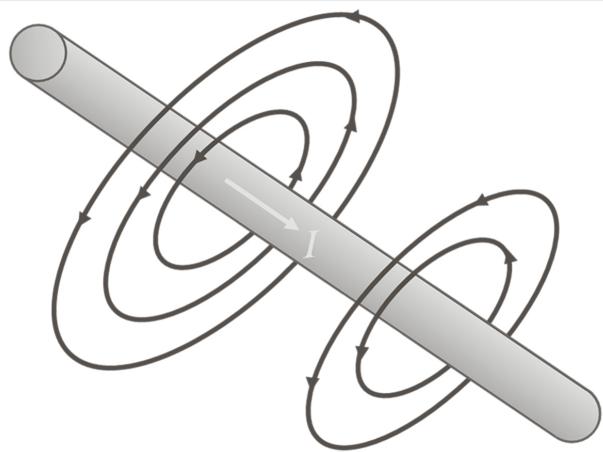


Figura 3. Corrente elétrica e campo magnético em um fio.

Aplicando as devidas simetrias, vemos que a integral do campo magnético dá-se por:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint \vec{B} \cdot \cos \theta ds = B \oint ds = B(2\pi r)$$

Sendo a corrente envolvida pela curva igual a i , temos o lado direito da lei de Ampère dado por:

$$B(2\pi r) = \mu_0 \cdot i$$

Então, o campo magnético, produzido por uma corrente elétrica em um fio condutor retilíneo a uma distância r , é dado por:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

Linhas de campo magnético e campo magnético em geometria definidas

Assim como no caso do campo elétrico, podemos representar o campo magnético por meio de linhas de campo. As regras são as mesmas: (1) a direção da tangente a uma linha de campo magnético em qualquer ponto fornece a direção de \vec{B} neste ponto; (2) o espaçamento das linhas representa o módulo de B — quanto mais intenso o campo, mais próximas estão as linhas e vice-versa (HALLIDAY, 2012).

Observe as Figuras 4 e 5, que representam, respectivamente, a direção do campo magnético, que é tangente às linhas de campo, e a relação entre a quantidade de linhas de campo e a intensidade do campo magnético.

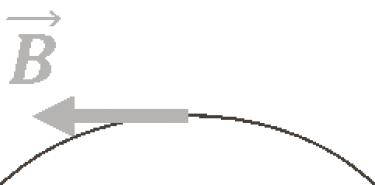


Figura 4. Campo magnético e linhas de campo.

O módulo de \vec{B}_1 é maior que o módulo \vec{B}_2

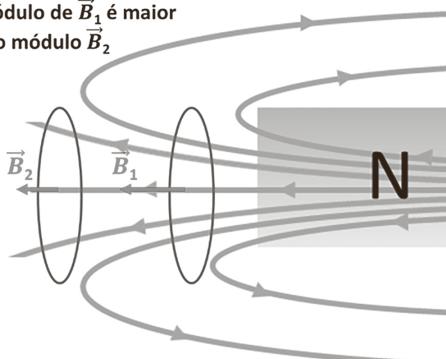


Figura 5. Distribuição de linhas de campo.

As linhas de campo magnético são sempre fechadas. O sentido das linhas de campo é saindo dos polos norte e entrando nos polos sul. Dessa maneira, é simples fazer uma analogia entre as linhas de campo elétrico e as polaridades das cargas elétricas envolvidas.

Observe as linhas de campo em um ímã permanente do tipo barra: as linhas são fechadas e saem do polo norte do ímã e entram no polo sul, como visto na Figura 6, a seguir.

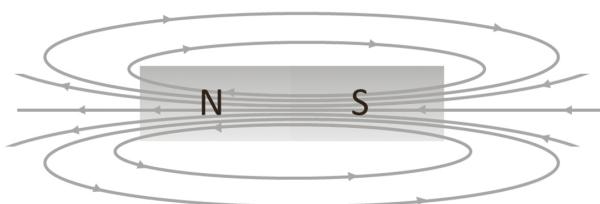


Figura 6. Linhas de campo em um ímã da barra.

Para um ímã do tipo U, os mesmos princípios devem ser seguidos. Dessa maneira, podemos verificar que o campo magnético produzido por um ímã permanente do tipo U é dado conforme representação da Figura 7.

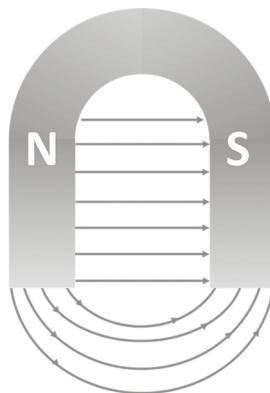
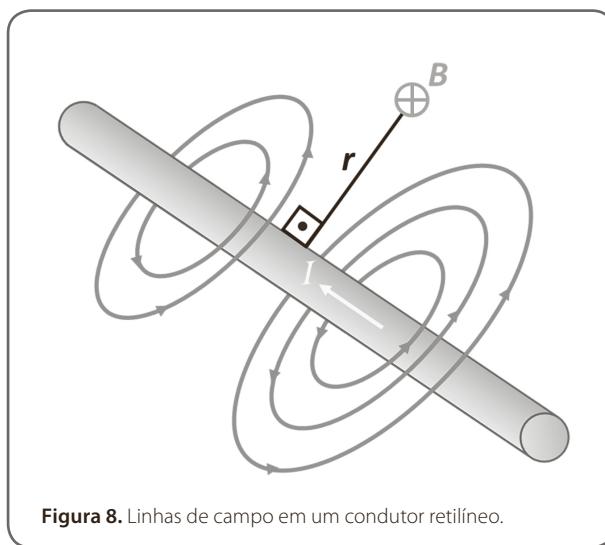


Figura 7. Linhas de campo em um ímã do tipo U.

Um condutor elétrico percorrido por corrente elétrica possui um campo magnético circular a ele e que pode ter sua direção e seu sentido determinados pela regra da mão direita. Se apontarmos o dedo polegar na direção da corrente e fecharmos os demais dedos, teremos que o campo magnético é circular ao condutor e tem o mesmo sentido que apontam os dedos fechados. Veja a representação da Figura 8.



A intensidade do campo magnético em um ponto que dista r do condutor pode ser determinada por:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot r}$$

As linhas de campo em uma espira condutora podem ser determinadas também pela regra da mão direita, sendo que o campo magnético resultante é a soma dos campos magnéticos de cada segmento do fio condutor. Assim, o campo magnético no centro de uma espira tem a direção do seu eixo central, e sentido saindo para cima, quando a espira é percorrida por uma corrente elétrica no sentido anti-horário. Veja na Figura 9.

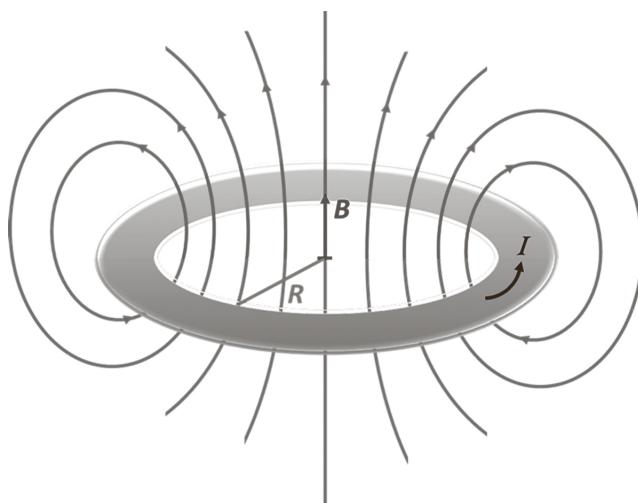


Figura 9. Linhas de campo em uma espira.

A intensidade do campo magnético no centro da espira geralmente é o valor mais importante para um projeto com esse dispositivo. Sendo assim, a intensidade do campo magnético no centro da espira circular é:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot r}$$

Ao unirmos várias espiras, criamos um dispositivo chamado solenoide. O campo magnético produzido por este componente é de grande aplicação. No interior do dispositivo, o campo magnético tem intensidade praticamente constante e pode ser determinado por:

$$B = \mu_0 \cdot i \cdot \frac{N}{L}$$

Esse dispositivo é muito utilizado, pois o seu intenso campo magnético é capaz de produzir forças magnéticas também muito intensas, sendo aplicadas em relés eletromecânicos, disjuntores termomagnéticos, entre outras aplicações. A Figura 10, a seguir, apresenta um exemplo de linhas de campo em um solenóide.

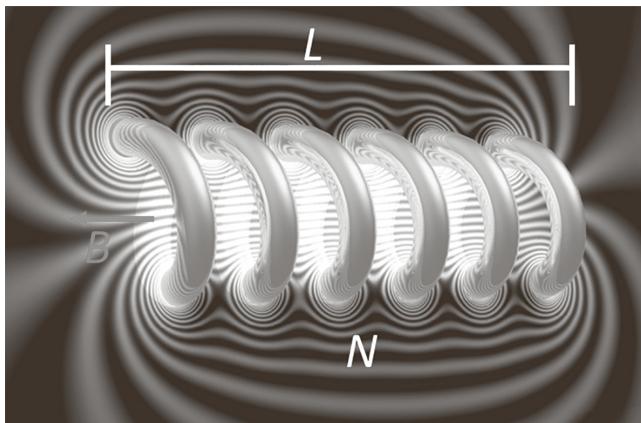


Figura 10. Linhas de campo em um solenoide.



Referências

BAUER, W.; WESTFALL, G.; DIAS, H. *Física para universitários: eletricidade e magnetismo*. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. *Fundamentos de física, volume 3:eletromagnetismo*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

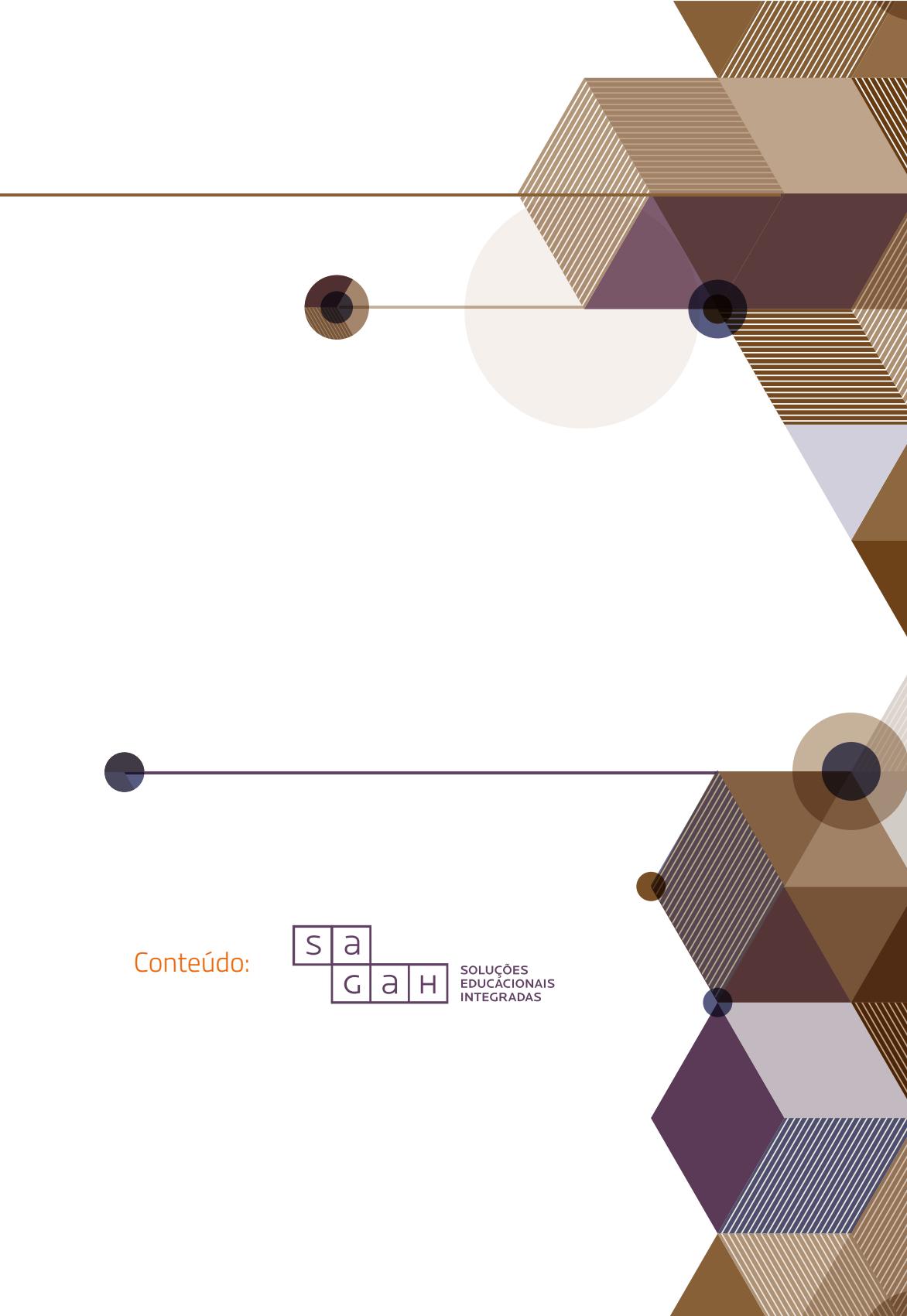
YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *FÍSICA II: eletromagnetismo*. São Paulo: Pearson, 2012.

Leituras recomendadas

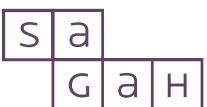
FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; FOGO, R. *FÍSICA básica*. São Paulo: Atual, 2009.

VÁLIO, A. B. M.; FUKUI, A.; FERDINIAN, B.; OLIVEIRA, G. A. ; MOLINA, M. M.; VENÉ. *Ser protagonista: física – 3*. São Paulo: Edições SM, 2016.

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