

Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta – Tradução Comentada do Primeiro Artigo de Biot e Savart sobre Eletromagnetismo

A. K. T. ASSIS

J. P. M. C. CHAIB

*Instituto de Física ‘Gleb Watagbin’
Universidade Estadual de Campinas
13083-970 CAMPINAS, SP*

*assis@ifi.unicamp.br /
http://www.ifi.unicamp.br/~assis/*

*Instituto de Física ‘Gleb Watagbin’
Universidade Estadual de Campinas
13083-970 CAMPINAS, SP*

jopachaib@yahoo.com.br

Resumo: *É feita uma tradução comentada do primeiro trabalho de Biot e Savart sobre eletromagnetismo. Eles passaram uma corrente constante em um longo fio retilíneo e observaram a posição de equilíbrio de uma pequena agulha imantada colocada próxima ao fio. Depois mediram o período para pequenas oscilações da agulha ao redor desta posição de equilíbrio, para diferentes distâncias da agulha ao fio. Concluíram que o torque magnético exercido pelo fio sobre a agulha é inversamente proporcional à distância entre o fio e o centro da agulha. Expressaram este fato em termos da força magnética exercida pelo fio sobre moléculas magnéticas na agulha. A força que atua sobre as moléculas seria perpendicular à linha ligando cada molécula ao fio e perpendicular ao eixo do fio, com sua intensidade sendo inversamente proporcional à distância ao fio.*

Palavras-chave: *Lei de Biot e Savart. Oersted. Eletromagnetismo.*

Introdução

Em 1820 Oersted (1777-1851) descobriu a deflexão de uma agulha imantada causada por um fio conduzindo uma corrente constante.¹ Esta descoberta marca o início do eletromagnetismo, ou seja, do estudo sistemático da relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos.

¹ H. C. Ørsted, *Cad. Hist. Fil. Ci.*, v. 10, p. 115-122 (1986), “Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética.” Tradução de R. de A. Martins.

Oersted não publicou seu trabalho em nenhum periódico científico, mas redigiu-o em latim e o enviou na forma de um folheto a vários cientistas famosos em 21 de julho de 1820. Ele foi então traduzido e publicado por alguns editores de revistas científicas. Arago (1786-1853) descreveu o trabalho de Oersted perante a Academia de Ciências de Paris em 4 de setembro de 1820. Diante da descrença generalizada, repetiu a experiência de Oersted perante a Academia em 11 de setembro.

A partir desta data Ampère (1775-1836) passa a trabalhar intensamente sobre este tema. Ele supõe a existência de correntes elétricas no interior dos ímãs e da terra. Interpreta todos os fenômenos magnéticos, assim como a descoberta de Oersted, em termos de uma interação entre elementos de corrente. Nas reuniões de setembro e outubro descreve várias de suas descobertas perante a Academia de Ciências, apresentando seu primeiro trabalho escrito sobre o tema em 2 de outubro.²

Jean-Baptiste Biot (1774-1862) e Félix Savart (1791-1841) apresentam seu primeiro trabalho sobre eletromagnetismo perante a Academia em 30 de outubro de 1820.³ É este o trabalho que traduzimos aqui a partir do original em francês. Há uma tradução para o inglês no livro de Tricker.⁴ A explicação que eles fornecem para a deflexão da agulha é diferente da explicação de Ampère. Biot e Savart supõem que a passagem da corrente voltaica pelo fio o magnetiza. Falam também da força exercida por este fio magnetizado sobre as moléculas de magnetismo da agulha imantada. O que na época se chamava de pólo austral de um ímã é hoje em dia chamado de pólo norte, ou seja, é o pólo que se dirige

² A.-M. Ampère, Mémoire présenté à l'Académie royale des Sciences, le 2 octobre 1820, où se trouve compris le résumé de ce qui avait été lu à la même Académie les 18 et 25 septembre 1820, sur les effets des courants électriques. *Annales de Chimie et de Physique*, v. 15, p. 59-76 (1820). Disponível online em 2006 em: <http://www.ampere.cnrs.fr>

³ J.-B. Biot e F. Savart, Note sur le Magnétisme de la pile de Volta. *Annales de Chimie et de Physique*, v. 15, p. 222-223 (1820). Disponível online em 2006 em: <http://www.ampere.cnrs.fr>

⁴ Biot and Savart, Note on the magnetism of Volta's battery, in R. A. R. Tricker, *Early Electrodynamics – The First Law of Circulation* (Oxford: Pergamon Press, 1965), p. 118-119. O artigo de Biot e Savart foi traduzido do francês para o inglês por O. M. Blunn.

ao pólo norte geográfico da terra. Já o pólo boreal de um ímã é chamado hoje em dia de pólo sul, dirigindo-se ao pólo sul geográfico da terra. A concepção de Biot e de Savart é a de que a corrente no fio o magnetizaria, havendo então uma ação direta dos pólos magnéticos do fio imantado sobre os pólos do ímã. Ao contrário do que se afirma em muitos livros didáticos modernos, eles não falam de um campo magnético ao redor do fio.

O objetivo deste trabalho de Biot e de Savart é o de determinar a intensidade e a direção da força magnética exercida por um longo fio retilíneo conduzindo uma corrente constante ao atuar sobre um pólo de uma agulha imantada. Inicialmente magnetizaram uma pequena agulha de aço e a suspenderam em um plano horizontal.⁵ Uma barra imantada colocada a uma distância apropriada da agulha cancelava o efeito do magnetismo terrestre. Ligava-se uma bateria a um longo fio vertical por onde fluía uma corrente constante. Media-se a distância do fio ao centro da agulha. Quando o efeito do magnetismo terrestre havia sido eliminado, observava-se que a agulha ficava orientada perpendicularmente ao fio com corrente e à linha reta unido o fio ao centro da agulha, como já havia sido mostrado por Ampère à Academia de Ciências na reunião de 18 de setembro de 1820, utilizando a agulha astática que inventou. Para determinar como o torque exercido pelo fio sobre a agulha imantada variava com a distância, Biot e Savart mediram o período de pequenas oscilações da agulha em um plano horizontal ao redor de sua orientação de equilíbrio. No caso de um pêndulo sob a ação da gravidade terrestre vem que a força gravitacional é proporcional ao quadrado da frequência de oscilação ou inversamente proporcional ao quadrado do período de oscilação do pêndulo. Medindo o período de oscilação da agulha imantada em diferentes distâncias do fio obtiveram como o torque exercido pelo fio variava com a distância. Um método análogo já havia sido utilizado por Coulomb (1736-1806) em 1785 para determinar como a força

⁵ J. R. Hofmann, *André-Marie Ampère – Enlightenment and Electrodynamics* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996), p. 232.

atrativa entre cargas opostas variava com a distância.⁶ Biot chegou a trabalhar com Coulomb e havia aplicado este método em 1804 em uma viagem de balão junto com Gay-Lussac para tentar determinar se a ação magnética da terra variava com a altitude.⁷ Ao realizar esta experiência Biot e Savart concluíram que a força magnética exercida por um longo fio com corrente é inversamente proporcional à distância ao fio.

Como já ressaltado anteriormente, neste trabalho Biot e Savart não mencionam um campo magnético. Eles interpretam suas medidas em termos de uma ação direta do fio sobre as moléculas de magnetismo austral e boreal que supunham existir dentro da agulha imantada. Não mediram diretamente esta força, sendo que o que observaram de fato foi o torque exercido pelo fio sobre a agulha.

Todas as notas da tradução são dos tradutores. Algumas palavras entre colchetes foram introduzidas pelos tradutores para facilitar a compreensão de algumas frases.

Agradecimentos: Um dos autores (JPMdCC) deseja agradecer à Funcamp/Unicamp pela concessão de uma bolsa de doutorado que permitiu a realização deste trabalho.

⁶ C. A. Coulomb, in W. F. Magie (ed.). *A Source Book in Physics* (New York: McGraw-Hill, 1935), p. 408-420, ver especialmente a p. 413.

⁷ R. A. R. Tricker, *Early Electrodynamics – The First Law of Circulation* (Oxford: Pergamon Press, 1965), p. 14.

Tradução

Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta

Os Srs. Biot e Savart leram uma memória na seção de 30 de outubro de 1820 da Academia de Ciências cujo tema é a determinação, por medidas precisas, das leis físicas segundo as quais os fios metálicos colocados em contato com os dois pólos do aparelho voltaico agem sobre os corpos imantados. As experiências foram feitas suspendendo por fios de seda lâminas retangulares ou fios cilíndricos de aço temperado, imantadas pelo método de duplo contato,⁸ e

⁸ Existiam, na época, três métodos principais de se magnetizar uma agulha de ferro ou de aço. O método de contato simples é a operação na qual se atrita o material que se quer imantar contra um ímã natural ou artificial. Para isto se desliza o material de uma extremidade à outra do ímã, sempre na mesma direção e sem alterar os pólos do ímã. No método de toque separado se coloca o material que se quer imantar horizontalmente entre as extremidades de dois ímãs naturais ou artificiais, também dispostos horizontalmente, que estão orientados com seus pólos opostos de frente um para o outro. Ou seja, o pólo norte de um ímã em contato com uma extremidade do material e o pólo sul do outro ímã em contato com a outra extremidade do material. Colocam-se então outros dois ímãs verticalmente sobre o centro do material, com pólos voltados para baixo do mesmo tipo que o pólo mais próximo do ímã horizontal. Isto é, o ímã vertical que está mais próximo do pólo norte de um ímã horizontal tem seu pólo norte voltado para baixo, enquanto que o outro ímã vertical que está mais próximo do pólo sul do outro ímã horizontal tem seu pólo sul voltado para baixo. Em seguida o material é atritado com os dois ímãs verticais deslocando-se em direção aos pólos de mesmo tipo dos ímãs horizontais. Ou seja, o pólo norte do ímã vertical desloca-se do centro do material em direção ao pólo norte do ímã horizontal, enquanto que o pólo sul do outro ímã vertical desloca-se do centro do material em direção ao pólo sul do outro ímã horizontal. Este procedimento é repetido até que se alcance a magnetização desejada. O método de duplo contato é semelhante ao anterior. O material que se quer magnetizar é preso horizontalmente entre dois suportes fixos. Neste caso utilizam-se dois ímãs verticais presos um ao outro, mas com uma pequena separação entre eles. Estes ímãs estão com seus pólos invertidos (em um o pólo norte aponta para baixo, enquanto que no outro o pólo norte aponta para cima). Estes ímãs verticais eram então atritados contra o material que se queria imantar movendo-os con-

observando as durações de suas oscilações, assim como suas posições de equilíbrio, enquanto estavam suspensas a várias distâncias e em direções diferentes em relação ao fio metálico que unia os dois pólos da pilha. Algumas vezes a ação do magnetismo terrestre era combinada com a ação do fio, e em outras vezes era compensada e destruída pela ação oposta [exercida] por um ímã artificial colocado à distância. O aparelho [voltaico] utilizado era de calha, com dez pares com uma área de um decímetro quadrado. As observações foram combinadas seguindo um método alternado que corrigia as variações progressivas que poderiam ocorrer. Os tempos foram medidos por um excelente cronômetro Bréguet de meio segundo e de parada dupla.⁹

Com o auxílio destes procedimentos os Srs. Biot e Savart foram conduzidos ao resultado seguinte que exprime rigorosamente a ação experimentada por uma molécula de magnetismo austral ou boreal colocada a uma distância qualquer de um fio cilíndrico muito fino e indefinido, tornado magnético pela corrente voltaica. Trace uma perpendicular ao eixo do fio pelo ponto onde se localiza esta molécula. A força que atua sobre a molécula é perpendicular a esta linha e ao eixo do fio. Sua intensidade é inversamente proporcional à distância. A natureza de sua ação é a mesma que a ação de uma agulha imantada que fosse colocada sobre o contorno do fio em um sentido determinado e sempre constante em relação à direção da corrente voltaica; de tal maneira que uma molécula de magnetismo boreal e uma molécula de magnetismo austral seriam assim solicitadas em sentidos contrários, embora sempre seguindo a mesma [linha] reta determinada pela construção precedente.

Por meio desta lei de forças, pode-se prever e calcular numericamente todos os movimentos impressos pelo fio de conexão sobre as agulhas imanta-

juntamente para um lado e para outro ao longo do material, até que se alcance a magnetização desejada. Fonte (disponível online em 2006):

<http://www.wbabin.net/science/ricker9.pdf> e <http://www.divirama.com/dico/dictionnaire-301.php>

⁹ A família Breguet teve uma firma de instrumentos científicos de precisão fundada em Paris em 1775 e que durou por cem anos. Ver J. Payen, “Breguet, Louis François Clément,” em C. C. Gillispie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography* (New York: Charles Scribner’s Sons, 1981), v. 2, p. 438-439.

das, qualquer que seja a direção deste fio em relação a elas. Pode-se igualmente deduzir, a partir das leis usuais da ação magnética, o sentido e o tipo de imantação que ele poderá imprimir aos fios de aço ou de ferro que fossem expostos à sua ação de uma maneira permanente em uma direção dada em relação ao seu comprimento.