

Galvani *versus* Volta: a controvérsia esquecida nos livros de física

Galvani versus Volta: the forgotten controversy in physics textbooks

Daniel dos Anjos Silva | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

daniel.silva@afogados.ifpe.edu.br

<http://orcid.org/0000-0002-2987-0494>

Elisabeth Barolli | Universidade Estadual de Campinas

ebarolli@unicamp.br

<http://orcid.org/0000-0001-9736-107X>

RESUMO Este trabalho investiga se a controvérsia entre Alessandro Volta e Luigi Galvani, relacionada à existência da eletricidade animal, é abordada em livros didáticos, tanto de ensino médio, quanto superior. Na medida em que as obras focalizaram, efetivamente, a controvérsia, buscou-se, ainda, verificar de que forma ela foi abordada. Os dados foram obtidos de obras publicadas no período de 1980 a 2024. A análise foi realizada com base em cerca de sessenta títulos, entre livros de física de coleções do ensino médio, produzidos por editoras nacionais, incluindo várias edições do PNLD e outras produzidas antes da primeira edição desse programa. No caso das obras de ensino superior foram selecionados cinco livros dentre aqueles usualmente adotados nas últimas três décadas pela maioria dos cursos de física do país. Os resultados demonstraram que, em linhas gerais, as obras investigadas privilegiam uma abordagem conceitual e formal da eletricidade, sob uma perspectiva que enfatiza leis, equações e aplicações contemporâneas. A história da ciência, por sua vez, é tratada de forma secundária ou, em diversas situações, sequer mencionada. Isso revela uma orientação didática voltada para a eficácia técnica, em detrimento de uma formação mais ampla que integre aspectos históricos e epistemológicos da ciência. Nossa pesquisa revela, ainda, que o episódio histórico focalizado guarda riqueza de detalhes relacionados aos fazer científico que, certamente, poderiam ser explorados no ensino de ciências.

Palavras-chave: história da ciência – livro didático – controvérsia – ensino de ciências.

ABSTRACT This study investigates whether the controversy between Alessandro Volta and Luigi Galvani regarding the existence of animal electricity is addressed in high school and college textbooks. To the extent that the works effectively focused on the controversy, we also sought to understand how it was addressed. The data obtained came from works published between 1980 and 2024. The analysis was based on approximately sixty titles, including high school physics textbooks produced by Brazilian publishers, including several editions of the PNLD (National Program for the Supply of Textbooks) and others produced before the first edition of this

program. In the case of higher education works, five books were selected from among those usually adopted in the last three decades by most physics courses in the country. The results indicated that, in general, the books analyzed prioritize a conceptual and formal approach to electricity, from the perspective of "rhetoric of conclusions," focusing on laws, equations, and contemporary applications, relegating the history of science to a secondary level or, in many cases, completely absent. This reveals a didactic orientation focused on technical effectiveness, to the detriment of a broader education that integrates historical and epistemological aspects of science. Our research also reveals that the historical episode in question contains a wealth of details related to scientific practice that could certainly be explored in science education.

Keywords: *history of science – textbook – controversy – science education.*

Introdução

A essencialidade dos fenômenos da eletricidade na vida atual garante-lhes um lugar cativo no currículo do ensino das ciências naturais, seja na educação básica, seja no ensino superior. Ao mesmo tempo, não podemos deixar de reconhecer que, geralmente, a abordagem dos fenômenos elétricos, em boa parte dos materiais didáticos, se caracteriza por simplificações e omissões no âmbito da história da ciência (Silva e Pimentel, 2008). Noutras palavras, os materiais didáticos apresentam um foco excessivo naquilo que Schwab denominou "retórica das conclusões" (Schwab, 1958), isto é, a atenção exclusiva aos produtos da ciência (medidas de alta relevância, modelos, leis, teorias) sem uma devida atenção ao modo como se chegou a esses produtos (metodologias, objetivos, procedimentos).

A nosso ver, uma possibilidade de contribuir com a mudança desse foco é trazer para a educação científica a problematização de casos controversos. A abordagem desses casos tem o potencial de romper com a tradicional fragmentação dos conteúdos escolares e com sua abordagem descontextualizada, inclusive do ponto de vista da história da ciência (Reis e Galvão, 2005). O processo de produção do conhecimento científico é rico em controvérsias que marcaram determinados períodos históricos e que foram essenciais para se alcançar os produtos da ciência. Controvérsias essas que aqui entendemos como uma disputa pública que envolve correntes científicas, pela primazia da explicação de um conjunto de fenômenos, em sentido semelhante ao de McMullin (2003). Ao mesmo tempo, o uso de controvérsias no ensino tem sido defendido há algum tempo na literatura nacional e internacional: os portugueses Santo e Reis (2013), o estadunidense Kipnis (2001) e os brasileiros Farias e Barolli (2014), Silva (2019) e Raicik (2019) possuem trabalhos diretamente nesse sentido.

As controvérsias científicas que permitem uma exploração didática são essencialmente históricas, ou seja, inserem-se dentro do quadro geral da utilização da história da ciência, que, há cerca de 50 anos, tem presença ativa como um dos importantes suportes na educação científica (Matthews, 1994). Algumas controvérsias já fazem parte dos currículos das disciplinas científicas, como, por exemplo, biogênese *versus* abiogênese, a Terra milenar (proposta pela Bíblia) e o processo de formação da Terra, evolucionismo *versus* criacionismo, heliocentrismo *versus* geocentrismo.

Uma das controvérsias mais notáveis e relevantes, que destacamos neste trabalho, é a disputa entre Luigi Galvani e Alessandro Volta em relação à existência da eletricidade animal. Esta

controvérsia teve, sem dúvida, grande importância no âmbito da produção de conhecimento, pois mobilizou a comunidade científica durante todo o final do século XVIII (1791-1800), ao colocar em debate a própria natureza da eletricidade. A questão girava em torno de um debate científico, com respostas e contrarrespostas, em que cada lado buscava manter sua posição, como ilustra, por exemplo, uma publicação da época, durante o período de 1792 a 1799: o *Giornale fisico medico per servire di seguito alla biblioteca fisica d'Europa de Brugnatelli*, que foi um dos principais palcos desse debate. Se consultarmos as várias edições dessa publicação, entre 1792 e 1797, encontraremos artigos de vários pesquisadores que se manifestaram sobre a eletricidade animal. Além disso, essa controvérsia resultou no desenvolvimento de um dos aparelhos mais importantes na história da eletricidade: a pilha elétrica, bem como em um ramo inteiro de pesquisa ligado à eletrofisiologia. Isso teve grande importância para a medicina e para as ciências da saúde.

Neste trabalho investigamos um conjunto de materiais didáticos, propostos tanto para o ensino básico quanto para o ensino superior, para verificar se neles essa controvérsia tem presença marcada e, ainda, como é contextualizada, contribuindo, entre outros fatores, para melhor compreensão da produção de conhecimento no âmbito da história da física. O material examinado foi analisado com auxílio de referências históricas originais e fontes especializadas sobre o tema, na perspectiva de identificar também imprecisões e simplificações de natureza histórica que podem favorecer uma visão ingênua acerca do processo de produção do conhecimento científico no campo da eletricidade.

A busca de Galvani pela compreensão da semelhança entre dois fenômenos: um físico e outro biológico

O incômodo gerado ao se tocar os denominados peixes torpedo era conhecido desde a Antiguidade. Turkel (2013), inclusive, relata o uso desses peixes como terapia em diversas culturas africanas e mediterrâneas há milhares de anos antes de Cristo. Romanos e gregos, no início da era cristã, realizavam experimentos e aplicações desses peixes sobre corpos humanos, com propósitos medicinais. Relata, ainda, que Francesco Redi (1626-1697), um integrante da Accademia del Cimento, realizou a primeira dissecação do peixe torpedo em 1666, que publicou em 1671. Pouco depois, em 1678, seu aprendiz Stefano Lorenzini (1652-?), médico e anatomista italiano, publicou o estudo “Observações acerca dos peixes torpedos”, um aprofundamento da anatomia e da fisiologia do animal. Esses trabalhos de Redi e Lorenzini já identificavam corretamente o órgão responsável por gerar o “torpor”, sua caracterização e localização no corpo do animal (Turkel, 2013). Redi e Lorenzini observaram e descreveram o fenômeno, mas não o identificaram como elétrico, pois na época ainda não havia uma teoria consolidada sobre eletricidade. Essa associação só foi feita um século depois, ou seja, no século XVIII.

De fato, foi com a invenção da garrafa de Leiden, em 1745, e de sua difundida utilização por cientistas e curiosos de toda sorte que os pesquisadores começaram a fazer comparações entre o efeito gerado por uma descarga desse instrumento e o incômodo causado pelo peixe. A garrafa de Leiden foi o primeiro dispositivo capaz de “armazenar eletricidade” e foi crucial para o desenvolvimento da eletrostática e da eletricidade moderna. Sua invenção foi apoiada por uma série de avanços científicos e tecnológicos, como a construção e o aprimoramento de máquinas eletrostáticas eficientes, o conhecimento sobre materiais isolantes e condutores,

além de um ambiente científico colaborativo por meio de correspondência “acelerada” entre cientistas europeus, acompanhado de um crescente interesse pelo estudo da eletricidade.

Esse instrumento surgiu a partir de pesquisas simultâneas na Alemanha e na Holanda. Embora os primeiros relatos sobre os efeitos que levaram à sua criação tenham se originado na Alemanha, tornou-se notório o acidente ocorrido no laboratório de Pieter van Musschenbroek (1692-1761), professor em Leiden. Para uma análise detalhada do episódio, podem ser consultadas as discussões de Moura (2019) e o relato contemporâneo de Priestley (1757), que oferece uma perspectiva próxima ao contexto histórico da época.

Na segunda metade do século XVIII, os efeitos da garrafa de Leiden e os choques provocados por peixes elétricos passaram a ser comparados, deflagrando um momento crucial na história da ciência e, em particular, da eletricidade (Walker, 1937). John Walsh (1726-1795) foi um dos primeiros a sugerir explicitamente que o mecanismo por trás do choque da raia elétrica poderia ser elétrico, assim como aqueles provocados pela garrafa de Leiden. Ele realizou uma série de experimentos com um torpedo vivo, testando sua condutividade e observando seu comportamento dentro de um circuito. Esses testes foram comunicados em uma carta de Walsh dirigida a Benjamin Franklin (1706-1790), datada de 12 de julho de 1772 (Walsh, 1773).

Como se nota, a experimentação constituía um procedimento privilegiado nesse período do século XVIII para estudar a semelhança entre um fenômeno físico e um biológico. Walsh, por exemplo, realizou experimentos variados, de diversas maneiras, e os repetiu inúmeras vezes, concluindo que todos determinaram que as sensações causadas tanto por um fenômeno quanto pelo outro no corpo humano eram precisamente semelhantes (Walsh, 1773, p. 463-464).

Dentre os pesquisadores dessa época, encontrava-se Luigi Galvani (1737-1798), um médico de formação e estudioso do sistema neuromuscular, que investigava, também por meio de procedimentos experimentais, como os músculos se contraem e relaxam. Com essa intenção, Galvani realizava experimentos em sapos e rãs dissecados, submetidos a descargas elétricas, geradas por máquinas eletrostáticas que estimulavam contrações musculares.

Muitos experimentos foram realizados por Galvani, variando alguns parâmetros que poderiam influenciar a ocorrência e a intensidade das contrações. Em 26 de janeiro de 1781, Galvani se deparou com um resultado por ele considerado como um “notável fenômeno” de interação entre a eletricidade gerada por uma máquina elétrica e o corpo de uma rã dissecada sob condições especiais: cortada pela metade, de modo que a parte superior havia sido removida, restando apenas a coluna vertebral ligada aos membros inferiores por meio dos nervos crurais, como apresentado na Figura 1.

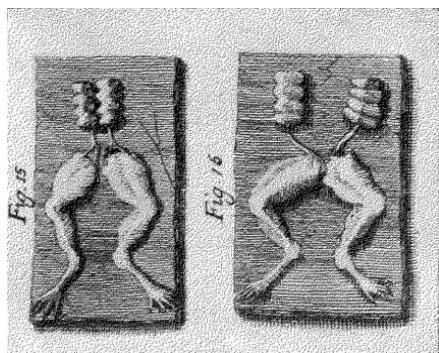


Figura 1: Rã dissecada, preparada para os experimentos de Galvani, restando apenas os membros inferiores ligados pelo nervo crural à coluna vertebral. A figura da esquerda representa a coluna vertebral intacta e a da direita a coluna dividida ao meio.

Fonte: Galvani ([1791] 1967, prancha VII).

A rã dissecada desse modo desempenhou um papel importante em seus experimentos e estabeleceu um padrão seguido pelos pesquisadores do campo da eletrofisiologia. Nesse modo de dissecação, Galvani já apresentava uma de suas marcas metodológicas, pois a clara separação entre o nervo e o músculo permitiu observar qual dos dois era o responsável pelo movimento de um membro, questão que não estava clara. A rã preparada com a coluna partida em dois, como aparece do lado direito da Figura 1, fornecia a Galvani acesso direto ao controle de um dos membros a partir do nervo em relação ao qual esse membro se encontrava ligado.

A surpresa de Galvani na experiência de 1781 foi causada por um evento particular no qual um assistente de Galvani (que algumas fontes históricas afirmam ter sido sua esposa, Lucia Galeazzi (1743-1790))¹ tocava o nervo crural interno da rã com uma lanceta, ao mesmo tempo em que, acidentalmente, uma descarga elétrica era liberada por uma máquina elétrica. Uma faísca se acendeu no ar e, para surpresa geral, os músculos da perna da rã imediatamente se contraíram. Ele descreveu esse evento como um “fenômeno maravilhoso”, que mais tarde detalhou em seu trabalho *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*, de 1791.

Eu tinha dissecado e preparado uma rã [...] e, para um propósito completamente diferente, eu a havia colocado sobre uma mesa, onde havia uma máquina elétrica, deixando-a, porém, completamente separada do condutor dessa máquina, aliás colocado a uma considerável distância; assim que um dos meus ajudantes, por acaso, tocou com a ponta de uma lanceta, mesmo que ligeiramente, os nervos crurais internos da rã, imediatamente todos os músculos dos membros se contraíram de tal forma, que pareciam ter caído em violentas e ritmadas convulsões. Um dos que nos auxiliavam nesses experimentos elétricos teve a impressão de que o fenômeno ocorria no momento em que uma faísca era disparada pelo condutor da máquina. Impressionado com a novidade da observação, ele imediatamente me avisou, enquanto eu pensava em outra coisa e raciocinava em silêncio. Então fui tomado por uma incrível curiosidade e desejo de reproduzir o experimento e explicar o mistério do fenômeno. Então, eu pessoalmente, toquei um ou outro nervo crural com a ponta da lanceta, enquanto um dos presentes fazia a máquina disparar a faísca. O fenômeno se repetia exatamente da mesma forma: no mesmo instante, em que a faísca era desencadeada, contrações verdadeiramente violentas apareciam em cada músculo dos membros da rã, como se o animal preparado tivesse sido atingido pelo tétano (Galvani [1791] 1967, p. 242).²

O inesperado para Galvani foi o fato de que uma máquina elétrica ao descarregar, pôde influenciar os movimentos de uma rã morta, sem que essa máquina estivesse em contato direto com o animal. Mais especificamente, Galvani observou que músculos de rãs mortas se contraíam quando:

- (a) Uma faísca elétrica externa (de uma máquina eletrostática ou garrafa de Leiden) era produzida;
- (b) Um bisturi metálico tocava o nervo da rã sem uma fonte elétrica externa, um resultado que, mais tarde, após novos experimentos, levou Galvani a acreditar que a própria rã produzia “eletricidade animal” (uma forma intrínseca de eletricidade biológica).

1 Pera (1986) e Galvani ([1791] 1967) são exemplos.

2 Todas as traduções foram feitas pelos autores.

No caso dos experimentos com o peixe torpedo, os pesquisadores concluíram que ele possuía órgãos elétricos especializados (células que hoje chamamos eletrócitos) que geravam descargas ativamente. Assim, o choque produzido pelo peixe está associado à eletricidade intrínseca, produzida por processos fisiológicos e que, portanto, não dependia de estímulos externos. O peixe elétrico foi considerado uma fonte natural de eletricidade, enquanto a rã de Galvani “parecia” produzir eletricidade apenas sob certas condições. Essa era uma possibilidade inusitada que acenava para Galvani com a promessa de um novo conhecimento sobre a eletricidade animal, que merecia uma investigação mais cuidadosa.

Durante quase uma década, entre 1782 e 1789, Galvani realizou diversos experimentos que foram apresentados à Academia de Ciências de Bolonha, na forma de memórias. Em 1791, Galvani compilou praticamente a totalidade de seus experimentos no *Commentarius*, uma publicação que alinhou todas essas memórias e, ainda, considerações de natureza teórica que ele até então não havia se proposto a fazer.

Na primeira e na segunda parte dessa publicação, Galvani focalizou o estudo das contrações geradas nos membros de uma rã devido a fontes externas: artificiais (máquinas elétricas e garrafas de Leiden) e naturais (relâmpagos e eletricidade atmosférica). A terceira parte apresenta suas observações sobre contrações produzidas em rãs que se encontravam penduradas por um gancho de cobre nas grades de ferro que cercavam um jardim suspenso de sua casa de veraneio. Essas observações foram feitas enquanto ele esperava por uma mudança de tempo. As palavras de Galvani são esclarecedoras do fenômeno.

Tendo experimentado a força da eletricidade atmosférica tempestuosa, surgiu em nós o desejo de investigar o poder da eletricidade diurna e plácida. Portanto, tendo por vezes notado que as rãs, preparadas e equipadas com ganchos de cobre fixados na medula espinhal, quando eram colocadas nas grades de ferro que cercavam um jardim suspenso de nossa casa, manifestavam as contrações habituais, não apenas sob céus tempestuosos, mas às vezes também sob céus claros, estimei que essas contrações se originavam de variações, que durante o dia ocorrem na eletricidade atmosférica. Então, não sem esperança, comecei a investigar diligentemente os efeitos dessas variações nos movimentos musculares e a fazer vários experimentos. Portanto, por várias horas, e isso por muitos dias, observei animais especialmente preparados para isso; mas quase nenhum movimento se manifestava em seus músculos. Finalmente, cansado da espera inútil, comecei a me aproximar e a pressionar contra as grades de ferro os ganchos de cobre inseridos na medula espinhal, para ver se as contrações musculares se manifestavam dessa forma, ou se algo novo ou diferente se manifestaria de acordo com a situação variada da atmosfera e da eletricidade: e realmente eu frequentemente notava contrações, mas sem qualquer referência ao estado diferente da atmosfera e da eletricidade (Galvani [1791] 1967, p. 261).

Esse fenômeno foi de fato impressionante para Galvani, pois, se revelou de um tipo diferente dos observados anteriormente por ele; não havia nenhuma uma fonte externa evidente produtora de eletricidade, nem uma máquina elétrica, garrafa de Leiden ou eletricidade atmosférica. As contrações apareceram apenas devido ao contato entre uma rã, uma barra de ferro e um gancho de cobre. Após essa descoberta, ele realizou testes com arcos metálicos e bimetálicos, observando que, no caso destes últimos, eram produzidas contrações semelhantes àsquelas observadas anteriormente com a descarga de uma garrafa de Leiden. Esse experimento, conhecido

na literatura como o “segundo experimento” de Galvani, foi, de fato, o que o levou a confirmar sua hipótese da existência da eletricidade animal – não apenas por ele, mas também por toda a comunidade científica que o seguiu após a publicação do seu *Commentarius*.

Na quarta e última parte do *Commentarius*, Galvani propõe que os animais possuíam uma fonte de energia elétrica em seus corpos, produzindo eletricidade constantemente, e essa por sua vez, se armazenava nos músculos e nervos, que ele modelou como sendo armaduras semelhantes àsquelas de uma garrafa de Leiden. Em síntese, segundo Galvani, um corpo animal, como o de uma rã, era análogo a uma garrafa de Leiden que possuía um mecanismo interno de carregamento.

A teoria de Galvani, devido aos seus já reconhecidos méritos como pesquisador e professor, se tornou rapidamente um dos assuntos mais debatidos pelas sociedades científicas, não só italianas, mas também de vários países da Europa, alguns com entusiasmo e outros com ceticismo (Pera, 1986).

A contestação de Volta e a disputa em torno da teoria da eletricidade animal proposta por Galvani

Um dos pesquisadores que responderam primeiramente com entusiasmo em relação às ideias de Galvani, foi Alessandro Volta que na época já era conhecido por seus trabalhos com eletricidade. Volta, instado por um de seus colegas fisiologistas da Universidade de Pavia, reproduziu os experimentos de Galvani, publicando-os em 1792, com o título “Memória primeira: sobre a eletricidade animal: a descoberta do senhor Galvani e o confronto desta com os conhecimentos que temos até o momento sobre a eletricidade animal”, no *Giornale fisico medico*, de mesma data. Nessa publicação, Volta ressalta o mérito de os animais preparados se converterem em eletrômetros extremamente sensíveis, como uma grande e luminosa descoberta. Uma rã dissecada nos moldes galvânicos sofria contrações vívidas à descarga de uma garrafa de Leiden fracamente carregada, que sequer movia o eletrômetro mais sensível que se tinha notícia (Volta [1792] 1967).

A concordância de Volta com as ideias de Galvani, no entanto, começou a fraquejar logo em seguida. Isso foi devido ao fato de o arco condutor ser necessariamente bimetálico ou que as armaduras fossem de metais distintos para que a rã expressasse as convulsões desejadas; fato que foi negligenciado por Galvani e inicialmente por ele próprio. Na “Memória segunda sobre a eletricidade animal” publicada em maio de 1792 no mesmo *Giornale fisico medico*, Volta inicia uma série de experiências evidenciando esse fato. Com isso ele começa a se afastar da proposição de Galvani, como ilustra o trecho expresso em sua segunda memória:

Não se entende muito, nem como se move o dito fluido elétrico de um lugar para o outro, assim tão perto do próprio nervo, somente pela aplicação dessas armaduras e comunicação externa com elas, nem porque se requer que tais armaduras sejam distintas; mas esse é um fato que se prova por experiências diretas (Volta [1792] 1967, p. 410).

Em duas memórias subsequentes, Volta rompe com o arcabouço galvaniano. Essas duas memórias foram intercaladas com réplicas de Galvani, de Giovanni Aldini (1762-1834), sobrinho e de um dos maiores defensores das ideias de Galvani, de Eusébio Valli (1755-1816), que já havia trabalhado com Volta anteriormente, mas que agora se encontrava no campo oposto.

A disputa entre as ideias de Galvani e Volta continuou, ora com a comunidade científica da época tomando partido de um dos ideários, ora do outro (Pera, 1986, p. 115-128). A cruzada de Volta contra a eletricidade animal se apoiava nos seguintes argumentos:

1. para se obter contrações efetivas em um corpo animal dissecado é necessário o estímulo com materiais externos, não qualquer material;
2. são necessários condutores metálicos, não apenas um simples, mas pelos menos dois de diferentes elementos químicos (isso ficava evidente na necessidade dos arcos bimetálicos, ou nas armaduras de metais distintos);
3. metais diferentes, quando colocados em contato com uma parte sensível do corpo humano, produzem estímulos nessas partes, como é o caso de um gosto ácido ou de certo formigamento que ocorre ao colocar metais distintos (principalmente moedas) em contato com a língua;
4. contrações musculares ocorriam em três situações: excitadas por eletricidade artificial externa (por meio de máquina elétrica ou garrafa de Leiden), por meio de eletricidade natural externa (eletricidade atmosférica) e na presença de metais distintos;
5. as rãs por si só, ou em contato com materiais não metálicos, não exibiam contrações.

Com atenção a esses fatos, Volta propôs a sua teoria do contato entre condutores (Volta [1795] 1967), para explicar os experimentos realizados por Galvani e por ele mesmo. Nessa teoria, Volta criou as categorias de *condutores de primeira classe* (ou secos) e *condutores de segunda classe* (ou úmidos), os primeiros correspondendo aos metais e os outros aos condutores líquidos. Volta renomeia aquilo que Galvani chamou de eletricidade animal de “eletricidade metálica” e apontou os metais como os verdadeiros motores do fluido elétrico, relegando à rã um papel passivo no circuito. A empreitada teórica de Volta seguia o princípio:

o contato entre condutores distintos, pertencentes à primeira classe, interposto por um condutor de segunda classe possui a capacidade de gerar movimento do fluido elétrico. Essa teoria explicativa ganhou, inclusive, muitos adeptos entre os cientistas italianos, como aponta o próprio Volta em sua *Nova memória* (Volta [1795] 1967, p. 452).

Porém, um experimento de Eusébio Valli demonstrou a existência de contrações ao encostar o nervo da perna da rã no músculo da coxa (Pera, 1986; Galvani [1791] 1967; Volta [1795] 1967; Piccolino e Bresadola, 2013). O próprio Galvani, pouco tempo depois, publica o *Tratado sobre a utilização e ação do arco condutor nas contrações dos músculos* (Galvani [1794] 1967), que contém vários experimentos que mostram contrações das rãs obtidas sem a utilização de nenhum metal ou fontes externas, apenas o corpo do animal.



Figura 2: Imagem de um dos experimentos realizados por Galvani em seu “Sobre a utilização do arco condutor”, em que o nervo crural ‘a’ toca na coxa ‘b’ e produz contrações fracas, porém visíveis. **Fonte:** Albertoni (1888, p. 7).

Volta revida, tentando explicar a experiência realizada por Valli como uma extensão da sua teoria do contato. Para esse fim ele escreve uma memória de caráter teórico, “Sobre o galvanismo, ou seja, sobre a eletricidade excitada por condutores diferentes” (Volta [1796] 1967), na qual apresenta o esboço de circuitos formados pela combinação de condutores de primeira e de segunda classe, de modo a determinar as condições necessárias para o estabelecimento de uma corrente elétrica. Ou seja, admitindo que não só o contato entre metais, mas também entre condutores úmidos poderia gerar a força motriz da eletricidade.

Volta, em 1799, já depois da morte de Galvani, que havia ocorrido em dezembro de 1798, utilizou um arranjo instrumental que unia um condensador a um eletrômetro de garrafa para demonstrar que o simples contato metálico possuía o “poder de causar o desbalanço elétrico” (Martins, 1999; Volta [1796] 1967). Com esse arranjo Volta demonstra que encostando várias vezes um par de pequenos pratos de metais distintos em um fio ligado ao eletrômetro é possível identificar a presença de cargas elétricas. Embora esse tenha sido um fato experimental novo que contribuía para o fortalecimento da posição defendida por Volta, o que realmente mudaria novamente a tendência de apoio científico em direção às ideias de Volta seria a invenção do que ele denominou “órgão elétrico”.

Em 1800 Volta escreve uma carta, dirigida a Joseph Banks, presidente da Royal Society em Londres, intitulada “Sobre a eletricidade excitada pelo simples contato entre substâncias condutoras de tipos diferentes”, na qual comunica essa invenção e suas potencialidades experimentais. A denominação “órgão elétrico artificial” foi atribuída em alusão ao “órgão elétrico natural” dos peixes elétricos. De fato, o que Volta pretendeu fazer foi a modelagem do órgão elétrico desses peixes com materiais inorgânicos, seguindo a trilha que já havia sido aberta por Cavendish.

Este aparelho, semelhante em substância, como mostrei, e mesmo tal como acabei de construí-lo, em forma, ao órgão elétrico natural do torpedo, da enguia trêmula etc. muito mais que a garrafa de Leiden e as conhecidas baterias elétricas, gostaria de chamá-lo de Órgão elétrico artificial. E na verdade, não é, como este, composto apenas de corpos condutores? Não é também ativo por si mesmo, sem qualquer carga prévia, sem a ajuda de qualquer eletricidade excitada por qualquer dos meios conhecidos até agora [...]? (Volta, 1800, p. 405).

Essa modelagem deixava caracterizada a possibilidade de produção de eletricidade pelo contato de condutores (os metais distintos e o condutor úmido), sem a necessidade de um corpo orgânico como um intermediador. Esse resultado colocava em questão a visão galvanista, qual seja, a presença indispensável de um elemento orgânico como um intermediador para a manifestação de eletricidade nos seus pares metálicos. Apesar dessa clara conquista da posição de Volta, foi mesmo pela utilidade e pela novidade de seu invento que a comunidade científica da época mudou o foco: de compreender a natureza e a origem da eletricidade produzida para a exploração dos potenciais do novo instrumento. Essa mudança pode ser constatada com base nos principais jornais científicos da Europa na primeira década do século XIX (*Giornale fisico medico...*, *Philosophical Transaction of the Royal Society*, *Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts*). Tomando como exemplo o *Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts*, um dos primeiros periódicos científicos mensais da Europa, ainda no mesmo ano de 1800, foram publicados dez trabalhos sobre esse tema específico, todos abordando aplicações ou melhorias no dispositivo criado por Volta.

Embora a teoria de Volta se encontrasse alicerçada em fortes evidências experimentais e o sucesso da pilha fornecesse clara evidência de aceitação geral pela comunidade, os defensores das ideias de Galvani continuaram a realizar experimentos e a manter viva a ideia de que o corpo animal não era só influenciado pela eletricidade, mas podia gerá-la, como defendiam os trabalhos de Aldini, de 1804 e 1812 (Parent, 2004). Essa visão, que se fortaleceu a partir de 1827 com os trabalhos de Leopoldo Nobili (1784-1835), consolidou a eletrofisiologia como aglutinadora de uma área que denominamos hoje biofísica, além de impulsionar avanços na medicina.

Nobili, um dos físicos italianos mais importantes do século XIX, desenvolveu o primeiro galvanômetro de deflexão magnética. Esse instrumento, dotado de grande sensibilidade, captou uma corrente elétrica existente no corpo de uma rã preparada ao estilo de Galvani (Nobili, 1828 e 1830). A corrente foi denominada por Nobili de “corrente da rã”. O estudo dessa corrente foi um passo fundamental para a compreensão do funcionamento do sistema neuromuscular e, ainda, para o reconhecimento de que havia uma corrente elétrica no corpo animal produzida sem o auxílio direto de uma fonte externa.

De acordo com os estudos que aqui relatamos, é possível concluir que ambos os lados da controvérsia tinham razão. Volta tinha razão porque atribuiu um papel central aos pares de metais distintos para a produção de eletricidade, o que de certo modo o levou a produzir a pilha; esse instrumento contribuiu de maneira decisiva para um sem-número de atividades científicas e foi absolutamente central na segunda revolução industrial. A proposição do simples contato entre condutores para a produção de corrente elétrica, entretanto, não é mais aceita pela comunidade científica, que adota a explicação eletroquímica, que veio logo nas duas décadas seguintes à invenção da pilha. O que se admite como relevante no funcionamento da pilha são as reações de oxirredução entre as espécies metálicas e a solução iônica intermediária; em outras palavras, o “condutor úmido” intermediário desempenha um papel essencial.

Da parte de Galvani a razão está em ele ter intuído corretamente que o corpo animal tem a capacidade de gerar internamente corrente elétrica e que os movimentos musculares são, em si, determinados por efeitos elétricos; essa é a base da eletrofisiologia e da medicina moderna. Curiosamente um dos efeitos relevantes que o levou a fazer essa postulação foram as contrações observadas em rãs preparadas ao serem tocadas com metais de espécies diferentes, ou seja, o “efeito pilha”.

A narrativa desenvolvida até aqui nos permite sumarizar ao menos quatro pontos que se encontram imbricados num importante processo de produção de conhecimento, decorrente de uma controvérsia que se desenvolveu no âmbito da história da ciência e, em particular, no desenvolvimento da eletricidade:

1. a disputa entre grupos de cientistas que buscaram a primazia da interpretação sobre a causa dos movimentos musculares de animais mortos, da eletricidade animal ou do efeito decorrente do contato entre metais;
2. a complexidade dos trabalhos de Volta e de Galvani, sobretudo pelo fato de que em suas épocas de produção não existiam grandezas elétricas mensuráveis, que mais tarde e em larga medida, foram essenciais para o desenvolvimento de conceitos como corrente elétrica, tensão e circuito elétrico; mesmo sem entender completamente o mecanismo, Galvani abriu caminho para a neurofisiologia e a invenção da pilha;

3. a não existência de um vencedor definitivo de uma controvérsia, que foi resolvida apenas no século XX. Embora a pilha de Volta tenha sido um sucesso, as ideias de Galvani continuaram vivas, e os equipamentos baseados na invenção de Volta foram fundamentais para novos estudos em corpos animais e para o estabelecimento da existência de corrente elétrica em organismos vivos ("corrente da rã");
4. o fato de que ambos os litigantes estavam corretos do ponto de vista dos elementos que podem provocar a existência de corrente elétrica: correntes elétricas são produzidas internamente aos corpos de animais vivos devido a processos físico-químicos como se sabe atualmente; diferentes tipos de metais, quando colocados em contato, podem produzir uma diferença de potencial, suficiente para o surgimento de uma corrente elétrica, mesmo que muito pequena.

Esses quatro pontos expressam a complexidade e a relevância dessa controvérsia e, ao mesmo tempo, apontam para possíveis problematizações que podem ser exploradas no ensino de ciências.

Procedimentos da pesquisa

Como mencionado, este trabalho se organizou na perspectiva de verificar se a controvérsia entre Alessandro Volta e Luigi Galvani, relacionada à existência da eletricidade animal, é abordada em livros didáticos, tanto de ensino médio quanto superior. Em concomitância, quando as obras focalizam, efetivamente, a controvérsia, buscou-se, ainda, conhecer de que forma ela foi abordada.

Os procedimentos metodológicos que orientaram este trabalho apoiam-se na pesquisa bibliográfica, entendida aqui como um processo investigativo que busca em obras ou materiais já publicados elementos que permitam produzir conhecimentos sobre questões estabelecidas no âmbito de objetivos previamente definidos (Sousa, Oliveira e Alves, 2021). Assim, os dados obtidos foram provenientes de fontes convenientemente escolhidas que, no nosso caso, referem-se aos livros didáticos de física do ensino básico e superior publicados no período de 1980 a 2024. Esse período reúne uma gama de publicações importantes no que diz respeito à produção de livros didáticos nacionais e abrange tanto o período de formação quanto o de atuação dos autores como professores de física. Além disso, contempla o material disponível no Centro de Documentação para o Ensino de Ciências da Unicamp (Cedoc/Unicamp), com longa tradição na curadoria de materiais de ensino de ciências e integrado à biblioteca da Faculdade de Educação da Unicamp. Esse centro conta com um acervo de teses, dissertações e materiais didáticos a respeito do ensino de ciências naturais, que compreende um período que vai desde as primeiras publicações consideradas como pertencentes ao campo de ensino de ciências, até os tempos atuais. Fazem parte do acervo várias coleções de livros didáticos nacionais avaliadas pelo Programa Nacional de Livro Didático (PNLD), que constituem a principal fonte de livros didáticos que atendem o ensino médio brasileiro.

Além dessas obras, foram consultados livros comumente adotados nos cursos de física básica do ensino superior, que fazem parte do acervo da Biblioteca Prof. Marcello Damy, do Instituto de Física Gleb Wataghin da Unicamp.

A análise foi realizada em cerca de sessenta títulos, entre livros de física de coleções do ensino médio, produzidos por editoras nacionais, compreendendo, inclusive, várias edições do PNLD e outros produzidos antes da primeira edição desse programa. No caso das obras de ensino superior foram selecionados cinco livros dentre aqueles usualmente adotados nas últimas três décadas pela maioria dos cursos de física do país.

O campo de análise foi organizado com base numa leitura cuidadosa para identificar nas obras as sessões que comumente abordam tópicos referentes à eletroquímica, à história da ciência, à eletricidade e ao magnetismo, particularmente no que se refere a circuitos elétricos e a fontes de energia elétrica.

O apagamento da controvérsia acerca da existência da eletricidade animal nos livros didáticos e imprecisões sobre seu conteúdo

Os cinco livros-textos de ensino superior amplamente utilizados em cursos de física e engenharias no Brasil e que foram analisados, são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Livros-texto de ensino superior

Título do livro	Autor	Ano
<i>Física III, Sears e Zemansky: eletromagnetismo</i>	Hugh Young e Roger Freedman	2004
<i>Fundamentos de Física vol. 3: eletromagnetismo</i>	David Halliday, Robert- Resnick e Jearl Walker	2009
<i>Física para cientistas e engenheiros Vol. 2: eletricidade e magnetismo/óptica</i>	Paul Tipler e Gene Mosca	2009
<i>Princípios de Física vol. 3: eletromagnetismo</i>	Raymond Serway e John Jewett	2013, 2015
<i>Curso de Física Básica: eletromagnetismo</i>	H. Moysés Nussenzveig	1997, 2006

Fonte: quadro organizado pelos autores.

A partir dessa amostra de livros-texto de ensino superior, observa-se uma tendência majoritária à ausência de contextualizações históricas, em especial quando se trata da controvérsia entre Luigi Galvani e Alessandro Volta, mesmo em capítulos que abordam diretamente os conceitos de corrente elétrica, potencial elétrico e, em um caso específico, noções de eletrofisiologia.

As exceções a essa tendência são os livros de Nussenzveig (1997; 2006) e de Serway e Jewett (2013; 2015). Nussenzveig é o autor que mais se diferencia por incorporar em sua abordagem

um tratamento histórico mais elaborado sobre o surgimento da eletricidade como ciência, especialmente no período que antecede a formalização matemática das interações elétricas. No entanto, mesmo essa obra, que apresenta referências a figuras históricas como Gilbert e Coulomb, silencia sobre o debate entre Galvani e Volta e sua implicação no surgimento da eletrofisiologia e da eletrodinâmica.

O autor discorre em detalhes sobre os principais eventos históricos até a utilização da balança de Coulomb para a formulação da lei de interação entre cargas elétricas e, em seguida, inicia uma abordagem matemática da qual só se afasta brevemente para retomar à discussão histórica quando aborda introdução do magnetismo. Em outras palavras, a introdução da eletrodinâmica e das fontes de tensão – momento mais oportuno para a apresentação de aspectos da controvérsia entre Volta e Galvani – é trabalhada no livro de forma dissociada da questão histórica.

Serway e Jewett ocasionalmente introduzem temas de eletricidade com alguma contextualização histórica, porém de forma superficial e predominantemente centrada em aspectos biográficos dos cientistas envolvidos nas descobertas – como é o caso das leis de indução de Faraday e da lei de Ohm. No entanto, não há qualquer menção ao episódio da controvérsia entre Galvani e Volta.

Embora os demais livros analisados não apresentem elementos históricos significativos, nem mencionem a controvérsia entre Volta e Galvani, há um caso que merece destaque: o livro de Young e Freedman da coleção Sears e Zemansky. Nele não há referências a Galvani ou a Volta nos capítulos dedicados à energia elétrica ou à corrente elétrica, mesmo contendo uma seção intitulada “Efeitos fisiológicos da corrente” (seção 26.8, p. 154-155), na qual se discute, entre outros aspectos, a diferença de potencial em uma sinapse. Esse capítulo também apresenta um exercício envolvendo a arraia elétrica (torpedo) (Q 27.11), embora não contextualize a importância desse peixe e dos estudos realizados sobre ele no século XVIII que, como vimos, motivaram as discussões sobre eletricidade animal – um dos elementos centrais da controvérsia entre Volta e Galvani.

De modo geral, os livros analisados priorizam uma abordagem conceitual e formal da eletricidade, sob a perspectiva da “retórica das conclusões”, com foco em leis, equações e aplicações contemporâneas, relegando a história da ciência a um plano secundário ou, em muitos casos, a uma ausência total. Isso revela uma orientação didática voltada para a eficácia técnica, em detrimento de uma formação mais ampla que integre aspectos históricos e epistemológicos da ciência.

Esse enfoque é amplamente adotado também pelos livros didáticos do ensino médio. A análise das obras desse nível de escolaridade indica que o episódio histórico da controvérsia Galvani-Volta não se mostrou relevante em relação aos elementos destacados anteriormente, desconsiderando a complexidade e a relevância dessa controvérsia na produção do conhecimento científico.

No caso do ensino médio, em particular, embora tenham sido analisados cerca de sessenta títulos no total, optamos por apresentar uma amostra reduzida, que consideramos representativa dos resultados obtidos na amostra completa. Foram priorizados, nessa seleção, os livros que constam em outras bibliotecas da Unicamp, além do Cedoc, como a Biblioteca Central, a biblioteca do Instituto de Física da Unicamp, do Colégio Técnico de Campinas e do Colégio Técnico de Limeira, que também abrigam materiais voltados para o ensino médio.

Ao analisarmos os livros-texto de nossa amostra relativa ao ensino médio, verificamos que a controvérsia entre Galvani e Volta é frequentemente omitida ou mencionada de maneira fragmentária e imprecisa. Com base nessa análise pudemos classificar a abordagem do tema em quatro recortes, como exposto no Quadro 2.

Quadro 2: Livros-texto de ensino médio

Recorte	Livros / Autores (Ano)	Observações sobre a abordagem
Omitem Galvani e Volta	Santos (1990); Bonjorno e Ramos (1992); Scolfaro, Ramalho Junior e Herskowicz (1981); Pauli, Mauad e Simão (1980)	Não mencionam os dois cientistas e não abordam a controvérsia.
Mencionam apenas Volta	Gaspar (2005); Pietrocola, Pogibin, Andrade e Romero (2009); Máximo e Alvarenga (1997); Sampaio e Calçada (2005); Yamamoto e Fuke (2010)	Destacam apenas a invenção da pilha elétrica, sem contextualização histórica ou experimental.
Mencionam apenas Galvani	Kantor, Paoliello, Menezes, Bonetti, Canato e Alves (2010); Ramalho Jr., Ferraro e Soares (2007)	Apresentam Galvani isoladamente, sem abordar o debate conceitual com Volta, ou mesmo outros elementos da história da controvérsia.
Mencionam ambos (Galvani e Volta)	Biscuola, V. Bôas e Doca (2010); Silva e Barreto Filho (2010)	Há referência direta à disputa, mas com tratamento superficial, descrições breves e muitas vezes anacrônicas.

Fonte: quadro elaborado pelos autores.

Das mais de sessenta coleções examinadas, apenas seis mencionam aspectos históricos pertinentes à controvérsia, sendo a maioria limitada a uma referência superficial à invenção da pilha. Considerando o que foi previamente abordado, constata-se imprecisões e omissões relevantes nos escassos trechos encontrados sobre o tema. A análise da amostra evidencia uma lacuna na apresentação desse contexto histórico como uma controvérsia: a disputa entre duas visões científicas sobre a explicação de fenômenos, envolvendo uma comunidade com defensores de ambas as posições. Ao analisar a totalidade das coleções examinadas, apenas uma (Silva e Barreto Filho, 2010) trata da questão como uma disputa científica. Nesse sentido, o autor relata o experimento que surpreendeu Galvani e o motivou a postular a existência de uma eletricidade animal.

Contudo, a alegação do autor de que Galvani “percebeu que os músculos das patas de uma rã se contraíam ao tocar o corpo do animal, com duas placas de metal carregadas com cargas de natureza distinta” (Silva e Barreto Filho, 2010, p. 14), diverge da realidade histórica. As contrações foram inicialmente observadas com uma máquina elétrica sobre a mesa durante

o experimento e, posteriormente, com arcos bimetálicos. No contato das rãs com os metais, as placas não estavam carregadas, circunstância relevante para as conclusões de Galvani, que postulou a eletricidade animal ao observar as contrações sem eletricidade externa aparente, o que é incompatível com a premissa de placas carregadas. Adicionalmente, a afirmação de que as placas estavam “carregadas com cargas de naturezas diferentes” apresenta imprecisão histórica. É importante ressaltar que Galvani seguia a teoria de Franklin, que não distinguia entre tipos de carga, apenas ausência e excesso.

Neste trecho, é assertivo que “apesar de a concepção atual ser considerada infundada, Galvani postulou que tal ocorrência se devia à eletricidade animal” (Silva e Barreto Filho, 2010, p. 14), o que configura um equívoco histórico. De fato, embora a terminologia empregada por Galvani não tenha sido a utilizada posteriormente, atualmente é amplamente reconhecido que o organismo animal gera uma tensão elétrica. As pesquisas de Valli, Aldini, Nobili, e de inúmeros outros cientistas a partir da segunda metade do século XIX, como mencionado, divergem da perspectiva apresentada no excerto analisado.

Afirma o autor que o caráter de disputa acerca da existência de eletricidade animal se manifesta a partir da discordância de Volta sobre as conclusões de Galvani.

A ideia de Galvani foi contrariada pelo físico italiano Alessandro Volta (1745-1827), que ao analisar detalhadamente esse fenômeno, chegou à conclusão de que a contração das patas da rã não se devia à eletricidade animal e sim às placas de metal (Silva e Barreto Filho, 2010, p. 14).

Nessa passagem o autor, ao afirmar que Volta analisou detalhadamente o fenômeno observado por Galvani, resume drasticamente todo o trabalho desenvolvido por Volta para que fosse possível se contrapor à proposição de Galvani. Embora essa disputa tenha se estendido por cerca de dez anos, o relato não evidencia o longo tempo em que Volta e Galvani (acompanhados pela comunidade científica da época) disputaram a primazia da explicação sobre as contrações no corpo animal.

A diminuição da relevância do trabalho de Galvani para o desenvolvimento científico e social é um fato que se faz notar, visto que apenas quatro coleções da amostra analisada fazem referência a Galvani: Ramalho Júnior, Nicolau e Toledo (2007); Biscuola, Villas Bôas e Doca, Villas Bôas e Doca (2010); Kantor et al. (2010), além de Silva e Barreto Filho (2010). As demais coleções não citam Galvani; mesmo nos casos em que os autores afirmam a importância de seus estudos, omitem seu importante papel nas áreas da medicina e da biofísica.

A obra *Física para o ensino médio* (Yamamoto e Fuke, 2010), em particular, contempla a história da física em praticamente todos seus capítulos e de maneira integrada ao conteúdo, porém sequer cita o trabalho de Galvani. É até mesmo apresentado um tópico “A trilha da energia”, na seção “Outras palavras” (p. 100), que destaca trabalhos de Volta e de Benjamin Franklin, mas não dedica uma única palavra ao trabalho de Galvani, mesmo apresentando uma subseção (p. 103) na qual discute os efeitos fisiológicos da corrente elétrica.

Em outras obras nas quais os autores não prescindem da história da ciência para contextualizar os conteúdos, o episódio da controvérsia entre Galvani e Volta também é omitido. São elas: Ramalho Júnior, Ferraro e Soares (2007) apresentam uma seção dedicada à história da

eletricidade ("História da física: do âmbar à pilha voltaica", p. 41-42), na qual são discutidos: o efeito âmbar; a classificação de Gilbert; a máquina de Otto von Guericke; o trabalho de Gray com condutores e isolantes; o trabalho de Du Fay; a teoria de Franklin; a balança de Coulomb; até chegar ao surgimento da pilha de Volta, sem, no entanto, mencionar Galvani ou a controvérsia entre ambos. Em outra passagem ("História da física: da construção da primeira pilha à invenção da lâmpada elétrica", p. 137-138], o livro faz uma breve menção ao trabalho de Galvani, contendo algumas imprecisões quanto aos procedimentos experimentais por ele utilizados, além de apresentar um anacronismo em certas terminologias; Pietrocola, Pogibin, Andrade e Romero (2009), apresentam um quadro histórico que reporta uma série de personalidades cujos trabalhos estão relacionados à eletricidade. Entre essas figuras, encontram-se os retratos de Gilbert, Coulomb e Volta – mas não o de Galvani. Esse quadro inclui ainda, diversos equipamentos e instrumentos experimentais que contribuíram para o desenvolvimento da eletricidade. Os autores se limitam a apresentar a imagem da pilha, sem contextualizar os elementos históricos que levaram à sua criação. Volta é citado apenas na legenda da imagem como o criador desse dispositivo. A explicação sobre a construção da pilha voltaica aparece em um box, mas já nos termos explicativos da eletroquímica, com foco na relação de proporcionalidade entre o número de pares metálicos empilhados e o potencial de choques elétricos;

Sampaio e Calçada (2005), dedicam uma unidade ao conteúdo da eletricidade, que se inicia com a história do desenvolvimento da área. Embora os autores destaquem os trabalhos de Volta, os trabalhos de Galvani não aparecem na história contada.

O elemento da controvérsia que mais apresentou destaque nas coleções, ainda que sem uma contextualização histórica direta, foi sem dúvida a pilha de Volta. A maioria dos que abordam historicamente esse elemento se concentram sobretudo na exposição da montagem da pilha em forma de coluna, que na maior parte dos casos é condizente com as fontes históricas.

A omissão de um episódio histórico como a controvérsia entre Volta e Galvani, assim como a recorrência de imprecisões históricas e conceituais nos livros didáticos podem privar o estudante de uma discussão mais completa sobre uma das disputas que mais importantes, que alicerçou o desenvolvimento da eletricidade e impactou a sociedade de maneira decisiva.

Considerações finais

Não é de hoje que as pesquisas na área de formação de professores vêm problematizando a urgência de uma prática docente não prescritiva que segue à risca o conteúdo do livro didático (Perrenoud, 2000). Uma conduta dessa natureza, afeita à racionalidade técnica, que remonta às elaborações de Comenius (2001) em sua *Didactica magna*, não mais se sustenta depois do volume de pesquisas acumulado na área de formação de professores.

Entretanto, há que se considerar que um livro didático de física, seja do ensino básico, seja do ensino superior, não deveria se furtar a apresentar o episódio da controvérsia aqui focalizada, procurando atender, inclusive, aos quatro pontos que foram destacados e que expressam a complexidade e a relevância desse caso. Esses pontos, certamente, oferecem ao professor uma inspiração quanto às possibilidades de explorar a controvérsia no sentido de fortalecer a compreensão dos processos da ciência, um aspecto essencial a ser focalizado na educação científica.

Além disso, casos que são controversos constituem-se em estratégias de ensino promissoras para problematizar as relações entre ciência e tecnologia. Certamente, o processo pelo qual Galvani e Volta criaram seus aparatos experimentais reflete a produção de tecnologia; a pilha de Volta é um dos principais produtos tecnológicos dessa história. Outro aspecto muito relevante a ser problematizado no processo educativo é a postura investigativa que orientou tanto Galvani quanto Volta na proposição de hipóteses, no desenho experimental e no controle de variáveis, assim como na proposição de modelos para dar conta de uma realidade complexa, haja vista que se tratava de um fenômeno de natureza microscópica. Afinal, um dos aspectos primordiais das ciências naturais a serem enfatizados na educação científica reside nos métodos empregados na construção do conhecimento, especificamente na idealização dos fenômenos e na generalização de suas causas e consequências.

É imperativo ressaltar que as representações da história da ciência encontradas nos materiais didáticos de ciências no Brasil têm se revelado objeto de críticas e de análises relevantes. Além de constituírem uma narrativa neutra e linear, tais obras tendem a negligenciar contextos históricos, disputas e conflitos, simplificando, muitas vezes, processos históricos complexos, reduzindo-os a uma mera sequência de “gênios” e “descobertas” consideradas inevitáveis. Tais abordagens, lamentavelmente, contribuem para a consolidação da percepção que os estudantes, em geral, desenvolvem sobre a essência da ciência.

De fato, por um longo período, os livros didáticos se limitaram a apresentar uma narrativa simplificada, omitindo controvérsias e as disputas entre diferentes teorias. Teorias que foram refutadas em debates intensos (como a teoria do flogisto ou o modelo geocêntrico) são apresentadas como equívocos evidentes do passado, sem a devida explicação de sua relevância em seus respectivos contextos históricos. Questões éticas, como as relacionadas à energia nuclear, à clonagem e à edição genética, são evitadas, transmitindo a impressão de uma ciência desprovida de considerações éticas (Duarte, 2005).

Silva, Pires e Manzke (2018) analisaram, entre outros objetivos, se os livros didáticos de física mostram a ciência como uma atividade dinâmica que sofre mudanças ao longo do tempo, e se evidenciam os fatores que ocasionam essas mudanças. Foram analisados 14 livros didáticos de física do 1º ano do ensino médio, disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015. Os autores concluíram que, embora de forma incipiente, na maior parte dos livros didáticos foram identificados episódios que transmitiam uma ideia de ciência dinâmica, que muda e evolui ao longo do tempo. Contudo, muito poucos livros consideram as influências econômicas, políticas, sociais, religiosas, ou outras, que condicionam as mudanças, um resultado também alcançado por Pretto, Goldschmidt e Richter (2023), que analisaram a inserção da história da ciência em uma coleção de livros didáticos da área de ciências da natureza dos anos finais do ensino fundamental, aprovados no PNLD 2020-2023.

A pesquisa realizada por Bighetti (2019) buscou conhecer as contribuições de uma das mais importantes personalidades da química, o pesquisador Robert Boyle, presentes em seis livros didáticos de química, que fizeram parte do PNLD 2018-2020. Os resultados obtidos pela pesquisadora apontaram que os livros analisados trazem contribuições importantes, mas, ao mesmo tempo, ignoram as reais contribuições de Boyle. Argumenta a pesquisadora que

as abordagens de fatos históricos retratados nos conteúdos presentes no Livro Didático de Química geralmente são inadequadas e isso se reflete na sala de aula. A história retratada no LD é muito simples e carece de detalhes importantes para melhor compreensão dos conceitos (Bigueti, 2019, p. 121).

São considerações que em muito se aproximam de nossa análise, tanto da educação básica quanto da superior, sobretudo no que se refere à simplicidade com que episódios da história da ciência são tratados por muitos autores de livro didático. Não se constitui num exagero afirmar que a pobreza de detalhes com que o episódio histórico é contextualizado muitas vezes banaliza o processo de produção do conhecimento científico, contribuindo, assim, para uma visão inadequada sobre a natureza da ciência.

Livros didáticos de biologia também não fogem a essa regra, em particular, no que se refere à simplicidade com que a ciência constrói conceitos. Silva e Justina (2018) analisaram 19 livros didáticos datados de 1955 a 2006, com o objetivo de conhecer como a construção dos conceitos de genótipo e fenótipo são historicizados. Segundo as autoras, os resultados colocaram em evidência o fato de que a maioria dos materiais não apresenta os aspectos históricos do desenvolvimento desses conceitos.

Como se nota, os resultados por nós obtidos em relação a omissões e distorções históricas também são recorrentes em outras investigações sobre o livro didático relativas a outras áreas do conhecimento. Esperamos que nossas ponderações contribuam para evidenciar o potencial da utilização de casos controversos no ensino de ciências, mas também que sejam um novo alerta para que a história da ciência integre os conteúdos abordados nos livros didáticos, assim como no ensino de ciências.

Referências bibliográficas

- ALBERTONI, P. *Galvani e le sue opere*. Bologna: Zanichelli, 1888.
- BIGHETTI, R.C. *História da ciência e livro didático: Robert Boyle e o PNLD 2018-2020*. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.
- BISCUOLA, G.; VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R.H. *Física ensino médio*. v. 3. São Paulo: Moderna, 2010.
- BONJORNO, J.R.; RAMOS, C. *Física 3: eletricidade*. São Paulo: FTD, 1992.
- COMENIUS, I.A. *Didactica magna* (1621-1657). Tradução Joaquim Ferreira Gomes. [s.l.]: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. (Versão para e-book). Disponível em: http://www2.unifap.br/edfísica/files/2014/12/A_didactica_magna_COMENIUS.pdf. Acesso em: 28 out. 2025.
- DUARTE, J.M. Bruno Latour (2004). Politiques de la nature: comment faire entrer les sciences en démocratie; Philippe Meirieu (2004). Faire l'école, faire la classe." *Revista Lusófona de Educação*, v. 6, n. 6, 2005.
- FARIAS, C.R.O.; BAROLLI, E. Casos controversos sob o enfoque de um paradigma indiciário: o ensino de ciências no horizonte formativo da cidadania ambiental. *Perspectiva*, v. 31, p. 1131-1156, 2014.
- FERRARO, N.; PENTEADO, P.; SOARES, P.T.; TORRES, C. *Física: ciência e tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2001.

- GALVANI, L. *Opere scelte*. Seleção e comentários Gustavo Barbensi. Turin: Unione Tipografico Editrice Torinese, 1967.
- GASPAR, A. Física volume único. São Paulo: Ática, 2005.
- KANTOR, C. *Quanta física*. São Paulo: PD, 2010.
- KIPNIS, N. Scientific controversies in teaching science: the case of Volta. *Science & Education* v. 10, p. 33-41, 2001.
- MARTINS, R.A. Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldades no estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade. *Acta Scientiarum*. v. 21, n.4, p. 823-835, 1999.
- MATTHEWS, M.R. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. Nova York: Routledge, 1994.
- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Física volume único. São Paulo: Scipione, 1997.
- MCMULLIN, E. Scientific controversy and its termination. In: ENGELHARDT, H.T.; CAPLAN, A.L. (org.) *Scientific controversies: case studies in the resolution and closure of disputes in Science and Technology*. New York: Cambridge University Press, 2003. p. 49-92.
- MOURA, B.A. Benjamin Franklin e a eletricidade. In: MOURA, B.A. *A filosofia natural de Benjamin Franklin: traduções de cartas e ensaios sobre a eletricidade e a luz*. Santo André: Editora UFABC, 2019. p. 13-36.
- NOBILI, L. Comparaison entre les deux galvanomètres les plus sensibles, la grenouille et le multiplicateur à deux aiguilles, suivie de quelques résultats nouveaux. *Annales de Chimie et de Physique*, Paris, v. 38, p. 225-245, 1828.
- NOBILI, L. *Analyse expérimentale et théorique des phénomènes physiologiques produits par l'électricité sur la grenouille, avec un appendice sur la nature du tétanos et de la paralysie, et sur les moyens de traiter ces deux maladies par l'électricité*. Paris: Chez Méquignon-Marvis, 1830.
- NUSSENZVEIG, H.M. *Curso de física básica*. v. 3: eletromagnetismo. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- NUSSENZVEIG, H.M. 5. ed. rev. e ampl. *Curso de física básica*. v. 3: eletromagnetismo. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- PARENT, A. Giovanni Aldini: from animal electricity to human brain stimulation. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*, v. 31, n. 4, p. 536-584, 2004.
- PAULI, R. U.; MAUAD, F.; SIMÃO, C. Física básica, v. 4: eletricidade e magnetismo. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- PERA, M. *La rana ambigua: la controversia sull'elettricità animale tra Galvani e Volta*. Turin: Einaudi, 1986.
- PERRENOUD, P. *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.
- PICCOLINO, M.; BRESADOLA, M. *Shocking frogs: Galvani, Volta, and the electric origins of neuroscience*. Tradução inglesa Nicholas Wade. New York: Oxford University Press, 2013.
- PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. *Física em contexto*, v. 3: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas e radiação e matéria. São Paulo: Scipione, 2009.
- PRETTO, E.M.; GOLDSCHMIDT, A.I.; RICHTER, L. História da ciência: uma análise em uma coleção de livros didáticos de ciências – ensino fundamental – anos finais. 2023, Amazônia, *Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 19, n. 42, p. 177-193, 2023.
- PRIESTLEY, J. *The history and present state of electricity, with original experiments*. London: C. Bathurst and T. Lowndes, 1775.
- RAICIK, A.C. *Experimentos exploratórios e experimentos cruciais no âmbito de uma controvérsia científica: o caso de Galvani e Volta e suas implicações para o ensino*. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.
- RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A.T. 9. ed. *Os fundamentos da física*, v. 3. São Paulo: Moderna, 2007.
- REIS, P.; GALVÃO, C. Controvérsias sociocientíficas e prática pedagógica de jovens professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 131-160, 2005.

- SAMPAIO, J.L.; CALÇADA, C. *Física: volume único*. São Paulo: Moderna, 2005.
- SANTO, M.E.; REIS, P. Utilização de blogues na discussão de controvérsias sociocientíficas na disciplina de ciências da natureza. *Caderno Pedagógico*, Lajeado, v. 10, n. 1, p. 9-24, 2013.
- SANTOS, J.I.C. *Conceitos de física*, v. 3: eletricidade. São Paulo: Ática, 1990.
- SCHWAB, J.J. The teaching of science as inquiry. *Bulletin of the Atomic Scientists*, v. 14, p. 374-379, 1958.
- SCOLFARO, V.; RAMALHO, F.; HERSKOWICZ, G. *As bases da física. Vol. 3: Óptica, eletricidade e ondas*. São Paulo: Saraiva, 1981.
- SERWAY, R.A.; JEWETT, J.W. *Física para cientistas e engenheiros*, v.3: eletromagnetismo. Tradução da 8. edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- SERWAY, R.A.; JEWETT, J.W. *Física para cientistas e engenheiros*, v.3: eletromagnetismo. Tradução da 9. edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2015.
- SILVA, D.A. *Controvérsia entre ação a distância e ação por contato: abordagem histórica com implicações no ensino*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Campinas, Campinas, 2019.
- SILVA, C.X.; BARRETO FILHO, B. *Física aula por aula: magnetismo, ondulatória e física moderna*. São Paulo: FTD, 2010.
- SILVA, A.A.; JUSTINA, L.A.D. História da ciência em livros didáticos de biologia: os conceitos de genótipo e fenótipo. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 333-357, 2018.
- SILVA, C.; PIMENTEL, A. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 5, n. 1, p. 141-159, 2008.
- SILVA, B.G.; PIRES, M.D.; MANZKE, V.H.B. História da ciência nos livros didáticos de física. *Revista Thema*, v. 15, n. 1, p. 34-43, 2018.
- SOUSA, A.S.; OLIVEIRA, G.S.; ALVES, L.H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. *Cadernos da Funcamp*, v. 20, n. 43, p. 64-83, 2021.
- TURKEL, W.J. *Spark from the deep: how shocking experiments with strongly electric fish powered scientific discovery*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2013.
- VOLTA, A. *Opere scelte*. Seleção e comentários Mario Gliozzi. Turin: Unione Tipografico Editrice Torinese, 1967.
- VOLTA, A. On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, v. 90, n. 1, p. 403-431, 1800.
- WALKER, W.C. Animal electricity before Galvani. *Annals of Science*, v. 2, n. 1, p. 84-113, 1937. DOI: 10.1080/00033793700200411.
- WALSH, John. On the electric property of the torpedo. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, v. 6, p. 461-480, 1773. (vencedor da Copley Medal, 1772).
- YAMAMOTO, K.; FUKU, L.F. *Física para o ensino médio: eletricidade e física moderna*. São Paulo: Ibep, 2010.
- YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A. *Sears & Zemansky's física universitária: eletromagnetismo*. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

Recebido em 27/05/25

Aceito em 25/09/25