



Um resgate histórico e filosófico dos estudos de Stephen Gray

A history of rescue and philosophical studies of Stephen Gray

Anabel Cardoso Raicik

Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade
Federal de Santa Catarina
anabelraicik@gmail.com

Luiz O. Q. Peduzzi

Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade
Federal de Santa Catarina
luizpeduzzi@gmail.com

Resumo

O século XVIII valoriza a experimentação na pesquisa científica. Os estudos de Stephen Gray exemplificam a relação existente entre as convicções teóricas do pesquisador e a experimentação que desenvolve. Nessa perspectiva, explicitam as diferentes funções que podem ter o experimento na atividade científica e a pluralidade metodológica existente nesse processo. Contextualiza-se, nesse artigo, o caminho histórico de algumas descobertas realizadas por esse estudioso, pouco conhecido na literatura nacional, como a conceitualização dos corpos isolantes e condutores e a condução elétrica. Ressalta-se, ainda, a importância de se analisar o contexto da descoberta no âmbito de um ensino não apenas de ciência, mas *sobre* a ciência.

Palavras-chave: Stephen Gray; Experimentação; Ensino de Ciências; Contexto da Descoberta.

Abstract

The eighteenth century appreciates experimentation in scientific research. The studies by Stephen Gray exemplify the relationship between theoretical convictions of research and experimentation that develops. From this perspective, they explain the

different functions that the experiment plays in scientific activity and the existing methodological plurality in this process. It is contextualized, in this article, the historical path of some discoveries made by this scholar, little known in Brazilian literature, such as the conceptualization of insulating and conducting bodies and electrical conduction. It should be also noted the importance of analyzing the context of discovery under an education not only *of* Science but *about* Science.

Keywords: Stephen Gray; Experimentation; Science Education; Context of Discovery.

Introdução

A inserção da História e Filosofia da Ciência (HFC) na educação científica é um tema que vem sendo debatido e sustentado ao longo das últimas décadas (CLOUGH; OSLON, 2008; FORATO et al., 2011; HODSON, 1986; MARTINS, 2007; MARTINS, 2006; MATTHEWS, 1995; McCOMAS et al., 1998; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE, 2012;). Inúmeros estudos apontam distintas contribuições dessa abordagem; ela pode, por exemplo: i) contextualizar a ciência, em seu âmbito sociocultural, político, subjetivo; ii) propiciar uma melhor compreensão de conceitos científicos; iii) lidar com concepções alternativas; iv) demonstrar uma ciência mutável, instável e permeada por diferentes perspectivas metodológicas; v) desmistificar visões inadequadas acerca da Natureza da Ciência (NdC), como aquela relativa à ideia da existência de um método científico, único e infalível; vi) tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo o desenvolvimento do pensamento crítico (MATTHEWS, 1995; PEDUZZI, 2001).

No que se refere a reflexão de aspectos sobre a ciência, a articulação da HFC com o ensino se torna ainda mais relevante se atrelada a pesquisas que evidenciam que o ensino tradicional, focado apenas em conteúdos científicos, dissemina diversas visões distorcidas e limitadas acerca da NdC (FERNÁNDEZ et al., 2002; GIL PÉREZ et al., 2001; MOREIRA; OSTERMANN, 1993). A visão empírico-indutivista é uma das mais propagadas (GIL PÉREZ et al., 2001). Essa concepção opõe-se a epistemologia contemporânea, uma vez que realça o papel neutro da observação e da experimentação na ciência, negligenciando o valor constitutivo e essencial das hipóteses que (re) orientam a construção do conhecimento. Os livros textos, por vezes a principal fonte de consulta do professor, raramente discorrem sobre os processos da pesquisa científica. Nessa perspectiva, a ênfase na *reconstrução lógica* dos conteúdos comumente transmite uma imagem de conhecimento linear e cumulativo.

A função concedida ao experimento, de apenas corroborar (ou refutar) uma teoria, também é correntemente vulgarizada em diferentes níveis de ensino. Entretanto, essa é uma concepção ultrapassada. A filosofia da ciência contemporânea reconhece distintos papéis da experimentação no desenvolvimento científico. Como aponta Franklin (2002), o experimento pode contrastar teorias e conceber bases para o conhecimento científico, propiciar novas teorias, apresentar um fenômeno novo, fornecer pistas matemáticas, apresentar evidências empíricas, etc. A experiência não é um processo monolítico, mas uma atividade que envolve muitas ideias, muitos tipos de compreensão, pode vir a ter uma vida própria (HACKING, 2012).

Por certo, a dimensão experimental da ciência tem sido resgatada por pesquisadores que, a partir de perspectivas distintas, têm se dedicado a reprodução ou a discussão de

“experimentos históricos” com finalidades educacionais (ASSIS, 2011; KIPNIS, 2005; 2001; MEDEIROS; MONTEIRO JR, 2001). Todavia, como apresentam Campos et al. (2013), apenas 4% das pesquisas que abordam a experimentação a articulam com a HFC. Assim, ainda que no âmbito filosófico já se admita que a experimentação possua diversas funções na ciência, o ensino ainda não compartilha, efetivamente (ou como desejado), dessa relevante compreensão.

Relatos de episódios históricos, cuidadosamente reconstruídos à luz da historiografia da ciência contemporânea (KRAGH, 2001; MARTINS, 2001), podem exemplificar ou contra exemplificar concepções epistemológicas relativas à NdC, como aquelas relacionadas aos papéis da experimentação na construção do conhecimento, ao mito de um método científico, a não neutralidade das observações, a sua dimensão subjetiva e social.

Desde os seus primórdios, os estudos sobre a eletricidade já evidenciavam uma ciência dinâmica, viva, que apresentava efeitos instigantes e enigmáticos. Particularmente, o século XVIII foi um marco para a história dos fenômenos elétricos. Nesse período houve grandes explorações, sistematizações, experimentações e ‘descobertas’ de fenômenos e conceitos não compreendidos ou esclarecidos até então (HEILBRON, 1979). Mesmo que as primeiras experimentações fossem “simples”, aparentemente, e muitos conceitos atualmente considerados triviais, as primeiras décadas desse século compreendem um período histórico que propicia reflexões e discussões acerca de aspectos epistemológicos da ciência, tradicionalmente negligenciados no ensino. Sobretudo, oportuniza analisar a dinâmica experimental existente na construção de um novo corpo teórico de conhecimento.

Importa salientar, por exemplo, que a conceitualização dos corpos que permitiam ou não a passagem da virtude elétrica – que viriam a ser chamados de isolantes e condutores – a ‘descoberta’ da condução da virtude atrativa e a compreensão da repulsão elétrica, datam dessa época. Os primeiros conceitos foram desenvolvidos por Stephen Gray, que em seus estudos se deparou com situações inesperadas (casualidades), manteve conversas com outros estudiosos, como Wheler, e trabalhou com diversos aparatos experimentais. Os seus trabalhos permitem compreender a ciência como um processo que se constitui ao longo do tempo; de maneira humana, coletiva, problemática.

A autenticação da investigação e da experimentação como formas para atingir o conhecimento também marca o movimento filosófico desse século. Ainda que o empirismo esteja altamente valorizado, os trabalhos de Gray evidenciam uma ciência distante daquela apontada pela postura empírico-indutivista. As experimentações qualitativas que ele desenvolveu exerceram papéis expressivos nos seus estudos. Percebe-se, fortemente, uma dinâmica entre novos constructos teóricos e os experimentos por ele desenvolvidos. Para compreender de maneira mais sistemática os fenômenos elétricos, Gray apresentou dúvidas, problematizações, constantes reflexões e conjecturou diversas hipóteses que, dialogadas com as experimentações, propiciaram um desenvolvimento ímpar no que tange aos estudos acerca da eletricidade.

Nesse contexto, e reconhecendo que há uma escassez de material histórico de qualidade para a educação científica, este artigo visa apresentar um resgate dos trabalhos desenvolvidos por Gray que contribuíram proficuamente para o avanço dos estudos elétricos. Discorrendo sobre a gênese do conhecimento, vinculam-se

discussões de cunho histórico e filosófico dos conceitos ‘descobertos’ por esse estudioso. Para tanto, aborda-se a descoberta da comunicação da virtude elétrica e a conceitualização dos condutores e dos isolantes. Enfatiza-se o diálogo entre as experimentações desenvolvidas por ele e as hipóteses que (re) orientaram os seus estudos. Nessa perspectiva, explicitam-se as diferentes funções que o experimento pode ter para a atividade científica e a pluralidade metodológica existente nesse processo. Ressalta-se, ainda, a importância de se analisar o contexto da descoberta no âmbito de um ensino não apenas de ciência, mas *sobre* a ciência.

Primórdios da eletricidade

Desde os gregos antigos, o efeito âmbar já se mostrava inquietante, fazendo emergir distintas conjecturas relativas à sua interpretação. Acredita-se que Thales de Mileto (625-546 a.C) tenha sido o primeiro filósofo natural a observar criticamente que o âmbar, quando atritado, atraía para si pequenos corpos (ASSIS, 2011). Ele presumia que alguns corpos inanimados, como o âmbar e o ímã, possuíam alma, uma vez que apresentavam a propriedade de causar movimento em objetos próximos. Ainda que o conhecimento fosse tênue, as primeiras explicações acerca do fenômeno, além das de natureza mística, argumentavam que o efeito âmbar ocorria devido a emanações provenientes dessa resina fóssil ou ainda pelo movimento circular do ar.

Um novo impulso ao estudo dos fenômenos elétricos dá-se apenas a partir do século XVII. Nesse ínterim, há uma escassez de registros que, de certa forma, justifica esse salto. Assim, é com a obra de William Gilbert (1544-1603), o *De Magnete*, publicada em 1600, que novas contribuições nessa área irão surgir. Gilbert estudou e discutiu, com certa originalidade, o fenômeno da atração ocasionado pelo âmbar e pelo ímã. Ele constatou que a atração causada pelo âmbar friccionado é um fenômeno diferente da atração de agulhas (objetos de ferro) magnéticas por um ímã. Estabeleceu-se então, nessa obra, a distinção entre os fenômenos elétricos e os fenômenos magnéticos.

Para Gilbert, o conhecimento científico deveria se firmar na experimentação (GILBERT, 1958). Sendo assim, ele inventou o versório¹ e sujeitou à sua investigação um grande número de materiais. Com esse instrumento constatou que diversos corpos se comportavam como o âmbar: o diamante, o azeviche, a safira, a opala, a ametista, o cristal de rocha, o vidro, várias pedras preciosas entre outros corpos (PEDUZZI, 2013; WHITTAKER, 1910). Com isso, a atração passou a ser não mais uma virtude peculiar apenas do âmbar quando atritado, como ele acreditava até então. Nessa perspectiva, Gilbert apresentou duas classificações para as substâncias atritadas: as que se comportavam como o âmbar foram denominadas elétricos e as que, quando atritadas, não eram capazes de atrair pequenos corpos foram designadas de não elétricos. Cabe ressaltar que para ele, ao ser atritado, um elétrico emitia um eflúvio material que agia diretamente sobre um outro objeto, sendo responsável pelo efeito da atração. Ou seja, esse eflúvio era a causa do movimento.

¹O versório é um instrumento que normalmente consiste de uma parte fixa, em relação à Terra, e um elemento horizontal capaz de girar livremente. Utilizado para constatar se um corpo se encontra eletrizado, ele é similar a uma bússola magnética, só que nesse caso não imantada. O versório pode ser construído com agulhas metálicas, com palha, ou ainda, com diversos materiais (ASSIS, 2011).

A obra de Gilbert foi alvo de críticas, principalmente em relação a seus estudos magnéticos. No âmbito da eletricidade, Niccolo Cabeo (1586-1650) assinalou um fato experimental não constatado por Gilbert, de que um objeto atraído por um corpo eletrizado, depois de tocá-lo, afasta-se do mesmo. Segundo Cabeo, esse afastamento se devia a um choque mecânico entre os corpos; uma colisão entre um corpo leve e outro pesado.

No século XVII, ainda, concebeu-se uma gama de instrumentos que contribuíram consideravelmente para o desenvolvimento da eletricidade. Otto von Guericke (1602-1686), por exemplo, elaborou um dispositivo constituído de um globo de enxofre móvel em torno de um eixo de madeira. Este aparato confere a Guericke, normalmente, o título de ter sido o inventor da máquina eletrostática. No entanto, sua intenção com esse dispositivo foi a de desenvolver uma réplica da Terra e não uma máquina geradora de eletricidade. Realizando experimentações, Guericke observou que uma penugem, inicialmente neutra, ao ser aproximada do globo era atraída e repelida da sua superfície. Ele atribuiu esse afastamento a uma falta de afinidade entre os corpos. Ainda com sua máquina, conseguiu explicitar algumas das virtudes atribuída à Terra por ele, como a virtude conservativa e a virtude expulsiva. Ressalta-se que, para Guericke, apenas a virtude conservativa possuía caráter elétrico.

Considerando que a máquina de Guericke apenas representava uma réplica da Terra, o primeiro dispositivo desenvolvido com a finalidade de ser um gerador de eletricidade ocorreu no século seguinte, em 1706 (BONAUDI, 1993). Francis Hauksbee (1666-1713) substituiu o globo de enxofre por uma esfera de vidro que foi colocada a girar por uma polia. Com esse dispositivo, ele desenvolveu diversos experimentos. Em um deles, observou que a luz barométrica era causada pelo atrito do mercúrio com o vidro, relacionando essa luz ao efeito âmbar. Trabalhando com sua máquina eletrostática, ele constatou que não era necessário friccionar um vidro evacuado para fazê-lo brilhar; bastava aproximá-lo de um corpo eletrizado. Apesar das contribuições de Hauksbee, sua postura profissional é questionável. Quando curador² da Royal Society pode ter tido divergências com Stephen Gray a ponto de inibir a publicação de algumas de suas cartas. Os fenômenos elétricos tomaram tais proporções a ponto de muitas pessoas começarem a construir máquinas elétricas para tentar todos os tipos de experiências e, até mesmo, para exibi-las por dinheiro (BERNAL, 1969).

Os estudos de Stephen Gray

Desde o início, os trabalhos científicos de Gray eram caracterizados por suas experiências simples, 'na sua maior parte naturais, sendo introduzidos com muito pouca assistência da arte'; pelo seu estado de alerta para os efeitos imprevistos; por sua cautelosa explicação das anomalias (...) (HEILBRON, 1979, p. 243).

² Curador: refere-se ao demonstrador oficial da Royal Society.

Stephen Gray (1666 - 1736) nasceu possivelmente em Canterbury na Inglaterra, em 1666³. Seguiu a profissão de seu pai que era tintureiro – atividade não muito lucrativa. Conjectura-se que Gray teve uma boa educação, visto que seu irmão mais velho fora prefeito e ele um cientista eminente (BOSS; CALUZI, 2010), ainda que não muito mencionado. Em 1732, foi eleito membro da Royal Society, sendo o primeiro a receber desta sociedade a medalha Copley, devido às suas pesquisas em eletricidade (ASSIS, 2011). Seus estudos foram, principalmente, desenvolvidos na área da astronomia e da eletricidade (HEILBRON, 1979). Todavia, ao longo de suas 23 publicações, Gray percorreu também sobre instrumentação científica e óptica.

Mesmo antes de se tornar membro da Royal Society, Gray havia enviado cartas de suas pesquisas a esta instituição. Muitas de suas primeiras experiências podem ter sido inspiradas pelas leituras que fazia dos trabalhos publicados na *Philosophical Transactions*. Devido à sua condição financeira pouco privilegiada, Gray recebia esses volumes de Henry Hunt (funcionário da Royal Society) e Hans Sloane (secretário e, posteriormente, presidente da Royal Society). As primeiras cartas de Gray para Hunt e Sloane evidenciavam um ‘prodígio’. Gray, com

então trinta anos, já mostrava ter desenvolvido, além de uma paixão pela investigação científica, uma habilidade expressiva na realização de experimentos e em observações meticolosas (CLARK; MURDIN, p. 360, 1979).

Na época, o demonstrador de experimentos da Royal Society era Hauksbee, que já havia apresentado algumas de suas experiências sobre eletricidade. Possivelmente, Gray leu esses estudos, uma vez que recebia os exemplares da *Philosophical Transactions*. Em 1707/8^{4 5} Gray enviou uma carta à Royal Society anunciando algumas de suas ‘descobertas’ em eletricidade; no entanto, a mesma não foi publicada. De acordo com Clark e Murdin (1979), a carta provavelmente foi repassada à Hauksbee para que o mesmo desse seu parecer, visto que era ele o mais envolvido com os fenômenos e os estudos elétricos.

Hauksbee foi capaz de suprimir a publicação da carta de Gray; mas pouco depois, aparentemente, sentiu-se à vontade para publicar muitas das novidades de Gray (...) como sendo suas, como o pairar de uma pena acima de um bastão de vidro eletrizado (CLARK; MURDIN, p. 394, 1979).

³Não há nenhuma fonte, ao menos conhecida, que explicita a data e o local exato do nascimento de Gray. Com base em suas próprias citações e em alguns documentos, conjectura-se que ele pode ter nascido em 1666, na cidade de Canterbury. Uma abordagem mais específica desse tema se encontra em Boss, Assis e Caluzi (2012) e em Clark e Murdin (1979).

⁴A carta se encontra em Boss, Assis e Caluzi (2012).

⁵“A Inglaterra utilizou o calendário juliano até 1752; dessa forma, até 1752 o ano-novo inglês começava em 25 de março. Entretanto, ‘grande parte da Europa já havia adotado o calendário gregoriano’. Por isso, para citar datas até o dia 25 de março utilizava-se uma indicação de ano que contemplava os dois calendários, na qual colocavam-se dois números para expressar o último dígito, como 1707/8. O primeiro número indicava o ano no calendário juliano e o segundo indicava o ano no calendário gregoriano. Após 25 de março utilizava-se somente o ano comum a ambos os calendários” (BOSS, ASSIS, CALUZI, 2012, p. 26).

Segundo Heilbron (1979), Hauksbee não só ‘roubou’ a experiência da pena, mas relatou o eflúvio luminoso da cera e do enxofre sem sequer mencionar Gray que meses antes havia encaminhado à Sociedade esta carta anunciando suas descobertas.

Tudo indica que Gray passou mais de onze anos sem submeter uma correspondência à *Philosophical Transactions*. Supostamente, ele pode ter sido desencorajado pela falta de interesse da Royal Society, pela ausência de prestígio na sociedade devido a sua condição financeira ou ainda pela posse de Newton como presidente da Instituição. Havia um confronto entre Newton e John Flamsteed (astrônomo, membro da Royal Society e amigo de Gray), e isso pode tê-lo prejudicado. “Se não bastasse a falta de reconhecimento, Gray teve de conviver com plágios” (BOSS; ASSIS; CALUZI, p. 33, 2012). Em 1721/2, Gray publica um artigo sobre diferentes materiais que, quando atritados, conseguiam atrair uma pena presa em uma espécie de pêndulo⁶ e prossegue com mais um longo período sem submissões. Não obstante, a partir de 1731, Gray retoma suas publicações, divulgando suas maiores descobertas.

Dada a dimensão da atividade científica, instituições como a Royal Society “financiadas pelas monarquias da época, facilitaram uma intensa troca de informações científicas” (ROCHA, 2011, p. 195). Foi como membro dessa instituição que Du Fay (conforme será discutido mais adiante) toma conhecimento dos estudos de Gray. Como evidenciam Boss, Assis e Caluzi:

Só resta ‘imaginarmos o quanto a ciência da eletricidade teria se desenvolvido’ se Gray tivesse tido o apoio da Royal Society e de seus contemporâneos. Em vez disso, ele foi abandonado pela comunidade científica e deixado em investigações solitárias (...). ‘Somente depois da morte de Newton e do início da presidência de Sloane’ é que Gray se reaproximou da Royal Society (BOSS; ASSIS; CALUZI, 2012, p. 34).

De fato, a ciência é permeada por relações sociais e, sem dúvida, determinadas condições “socioeconômicas e políticas têm de ser as certas para a ciência prosperar” (FRENCH, 2009, p. 124).

Descoberta casual: a comunicação da virtude atrativa

No artigo *A Letter to Cromwell Mortimer, M. D. Secr. R.S. Containing Several Experiments Concerning Electricity; By Mr. Stephen Gray*, publicado em 1731/2 na *Philosophical Transactions* e considerado o trabalho mais importante de Gray (BOSS, ASSIS, CALUZI, 2012), ele explicitou suas principais ‘descobertas’. Dentre elas, os conceitos e as características de corpos elétricos e não elétricos e a comunicação da virtude atrativa.

Logo no início do artigo, Gray relatou sua tentativa em eletrizar um metal. Entretanto, embora tivesse se empenhado aquecendo, martelando ou esfregando metais, não obteve sucesso na eletrização desses materiais⁷. De fato, até 1729 não havia registro

⁶ Uma ilustração desses experimentos pode ser encontrada em Assis (2011, p. 71).

⁷ Atualmente é possível saber por que Gray não conseguiu tal feito. Isso porque, qualquer carga (*termo atual*) que o corpo adquirisse era perdida para o solo pela condução da mão e do corpo humano, visto que o metal é um condutor.

de que alguém tivesse conseguido este feito. Assim, com o desejo de encontrar novos resultados no âmbito dos fenômenos elétricos e, intrigado com alguns deles (toma-se como exemplo, as indagações do porque alguns corpos atraem objetos e outros não), Gray prosseguiu com seus estudos utilizando um tubo oco de vidro a base de chumbo. O comportamento do tubo, de emitir luz quando atritado no escuro, levou Gray a suspeitar que ele comunicasse também a virtude elétrica para outros corpos. Isso o fez escolher esse material para realizar novas experiências.

Com o propósito de manter o tubo de vidro limpo e sem o incômodo da poeira, Gray fechou as laterais do mesmo com rolhas. Com efeito, ele eletrizou o tubo inicialmente sem as rolhas e após com elas, porém nenhuma diferença perceptível na eletrização do tubo foi observada. Contudo, uma nova indagação e surpresa apareceram:

(...) segurando uma pena defronte da extremidade superior do tubo, constatei que ela se dirigia para a cortiça, sendo atraída e repelida⁸ por ela [a rolha], assim como era [atraída e repelida] pelo tubo quando ele havia sido excitado por atrito [fig. 1]. Então segurei a pena defronte à extremidade plana da rolha, que atraiu e repeliu muitas vezes; eu estava muito surpreso e concluí que havia certamente uma virtude atrativa comunicada à rolha pelo tubo excitado (GRAY, 1731-2a, p.20).



Figura 1: A rolha que não havia sido eletrizada atraiu para si uma pena. Até então, sabia-se que apenas corpos eletrizados possuíam essa propriedade. Logo, o vidro comunicou sua virtude atrativa à rolha.

Gray não poderia supor que a rolha iria atrair a pena, dado que na época sabia-se que apenas corpos eletrizados possuíam essa capacidade e a rolha não havia sido eletrizada⁹. Desta forma, essa observação aconteceu inesperadamente; como ele mesmo afirmou: “*eu estava muito surpreso*”. De acordo com Heilbron (1979), este é “um exemplo clássico de um acaso que favorece uma mente preparada” (p. 245). Por certo, a casualidade nesse caso fez Gray procurar entender o fenômeno que estava acontecendo, o porquê isso ocorreu e com quais materiais isso poderia novamente acontecer.

Assim, ainda que ele procedesse com novas experimentações, a fim de constatar o comportamento dos corpos e compreender esse fenômeno, a condução da eletricidade pode ser caracterizada como uma descoberta do tipo *trip-over*, segundo a designação de Hanson (1967). Embora Gray esperasse constatar algo utilizando vidro, havia um despreparo teórico/conceitual perante a eletrização da rolha, já que não existia um corpo de conhecimento estruturado que o auxiliasse na interpretação do

⁸ Ressalta-se que na época desconhecia-se a natureza elétrica da repulsão; as explicações dadas a esse fenômeno referiam-se à falta de afinidade entre os corpos, a um choque mecânico, entre conjecturas de outra natureza.

⁹ Nesse caso, o vidro comportava-se como um isolante e a rolha como um condutor elétrico.

fenômeno observado. Cabe destacar que, em casualidades que resultam em novos conhecimentos são fundamentais as convicções conceituais e teóricas do estudioso. Esse episódio apresenta traços importantes da gênese da descoberta da comunicação da virtude elétrica; um acaso que, bem aguçado, analisado e estudado, levou a uma descoberta notória na história da eletricidade.

Certo número de observações acidentais que logo conduziram a descobertas fundamentais tem afiançado a opinião de que o acaso desempenha [ou pode desempenhar] um papel primordial na criação científica e que numerosas descobertas somente puderam realizar-se pelo concurso de circunstâncias bastante excepcionais (...) (TATON, 1955, p. 74).

Regido pela hipótese de que a rolha deveria transmitir, assim como fez o vidro, a virtude elétrica ao corpo a ela conectada, Gray dá continuidade às suas investigações. Tendo consigo uma esfera de marfim com um orifício através dela, Gray fixou essa esfera em uma vara de madeira de 4 polegadas de comprimento, anexando a outra extremidade na rolha (fig. 2). De fato, eletrizando apenas o vidro foi possível perceber que a pena era atraída para a esfera de marfim e repelida pela mesma com ainda mais vigor do que em relação à rolha.

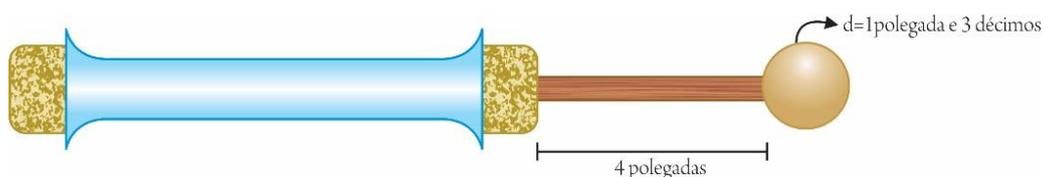


Figura 2: O vidro eletrizado comunicou sua virtude atrativa através da rolha e da madeira possibilitando a eletrização da esfera de marfim.

Prosseguindo com uma série de experimentos a fim de verificar, observar e testar quais corpos também transmitiriam a virtude atrativa, Gray variou os componentes da experiência descrita anteriormente. Em suma, o mesmo efeito foi encontrado com varas de madeira de 8 e 24 polegadas, com a substituição da vara por fios de ferro e de latão e, ainda, com a utilização de uma linha *packthread* (barbante). Fazendo um laço ao tubo e suspendendo esferas de marfim, cortiça ou chumbo, ele observou que era possível obter também a eletrização desses corpos (ASSIS, 2011; GRAY, 1731-2a). Formidavelmente, Gray conseguiu fazer com que metais atraíssem corpos leves, façanha nunca realizada até então, embora houvesse sido tentada desde a época de Gilbert. “Depois que descobri que os vários corpos mencionados (...) tinham uma eletricidade a eles comunicada, passei a ver então, com que outros corpos o tubo exerceria o mesmo efeito” (GRAY, 1731-2a, p. 21). Assim, realizou diversos experimentos, conseguindo eletrizar moedas, pedaço de chumbo, uma chaleira de cobre que teve o mesmo comportamento quando cheia de água ou vazia, etc. (GRAY, 1731-2a).

Inegavelmente, a aquisição de novos conhecimentos e ‘descobertas’ não se dá, por vezes, com certezas, mas sim a partir de hipóteses que são abordadas na tentativa de obter respostas. Essas hipóteses (re) orientam a procura de novos dados, de novos fenômenos e conceitos que, por sua vez, envolvem a observação de outras situações, que auxiliam na construção de argumentos (ARABATZIS, 2006). De acordo com Gil Pérez et al. (2001):

O fato de trabalharmos a partir de hipóteses introduz exigências suplementares de rigor: é preciso duvidar sistematicamente dos resultados obtidos e de todo o processo seguido para os obter, o que conduz a revisões contínuas na tentativa de obter esses mesmos resultados por diferentes caminhos e, muito particularmente, para mostrar coerência com os resultados obtidos noutras situações (GIL PÉREZ et al. , 2001, p. 137).

Embora Gray já houvesse desenvolvido um grande trabalho e apresentado contribuições relevantes à eletricidade, não se deu por satisfeito. Envolvido com problematizações ainda não estudadas – como as maiores distâncias que se pode transmitir a eletricidade – ele continuou instigado a analisar, compreender e revelar outras características da virtude elétrica.

A conceitualização dos corpos condutores e isolantes

Gray começou a dispor os materiais envolvendo comprimentos apreciáveis, tanto na vertical quanto na horizontal. Contudo, não sendo possível exceder esses comprimentos, devido ao espaço físico no qual os experimentos eram desenvolvidos, ele dispôs seu experimento utilizando duas linhas de comunicação. Primeiramente, elaborou um laço em cada extremidade de uma das linhas. Um dos laços foi preso a um prego e este, por sua vez, preso a uma viga. O outro laço, pendurado para baixo, suportou a segunda linha de comunicação. Esta segunda linha sustentou em uma de suas pontas uma esfera de marfim e na outra um tubo de vidro (fig. 3). Abaixo da esfera ficaram folhas de latão.

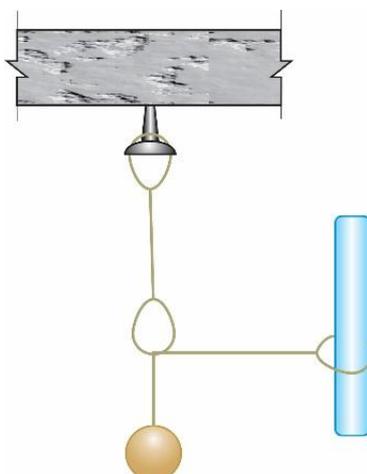


Figura 3: Com esse arranjo experimental, a esfera de marfim não recebeu a virtude atrativa do tubo de vidro eletrizado.

Neste aparato experimental, ao eletrizar o vidro, Gray não observou a eletrização da esfera de marfim. Constatou que nenhuma ou pouca virtude elétrica havia descido à esfera, concluindo que a virtude do vidro subiu para a viga, por meio da linha de comunicação.

Em determinadas situações sobressaem-se as expectativas psicológicas do estudioso em relação à conclusão significativa de um fenômeno (HANSON, 1967). Por não ter

conseguido êxito nesse experimento, Gray desistiu de “fazer tentativas adicionais de transportar a eletricidade horizontalmente” (GRAY, 1731-2a, p. 25). Dessa forma, sua intenção se voltou às experiências na vertical, onde planejou um experimento a ser executado no topo da cúpula da catedral St. Paul, em Londres. No entanto, seus estudos tomaram um novo rumo quando, em julho de 1729, Gray fez algumas demonstrações e comentários de seus estudos à Granville Wheler (1701-1770), membro da Royal Society.

Wheler, na primeira oportunidade, conjecturou a possibilidade de transportar a virtude elétrica horizontalmente (a fim de alcançarem distâncias mais consideráveis). Contudo, Gray lhe contou que não obteve sucesso na tentativa que havia feito e, relatando a sua experiência e os materiais que havia utilizado, seu amigo sugeriu a substituição de um dos materiais e de seu arranjo experimental (fig. 4).

Ele [Wheler] propôs um fio ou linha de seda para suportar a linha [de comunicação] na qual a virtude elétrica passava. Eu disse que assim poderia funcionar melhor devido à sua pequena espessura¹⁰ (...), e com o grande esforço que ele [Wheler] próprio empregou e o auxílio de seus empregados, obtivemos sucesso muito além da nossa expectativa. (GRAY, 1731-2a, p. 26-27, grifo nosso).

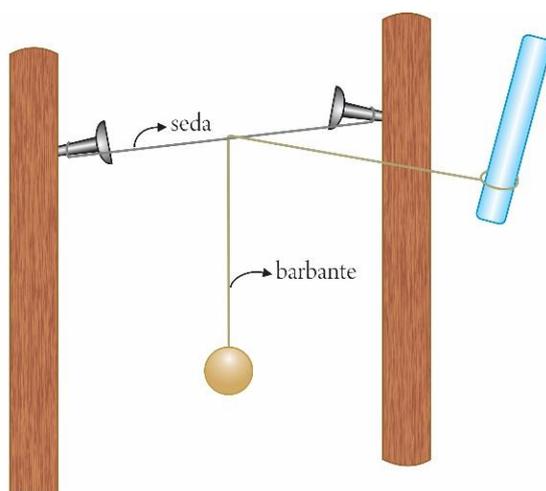


Figura 4: Com esse arranjo experimental proposto por Wheler, a esfera de marfim ‘recebeu’ a virtude atrativa do tubo de vidro. Cabe salientar que no outro aparato experimental (fig. 3), a linha de comunicação (barbante) estava diretamente em contato com o prego. Nesse novo experimento a linha de comunicação é apoiada em um suporte de seda, que substitui o prego.

Esse episódio, sem dúvida, exemplifica um momento em que a ciência é e pode ser construída coletivamente. São inúmeros os fatores (sociais, políticos, culturais...) presentes na ciência. Porém, muitas vezes, principalmente no ensino, algumas dessas influências são esquecidas e todo o desenvolvimento da ciência é visto de forma a propiciar um entendimento focado na individualidade do trabalho científico. De acordo com Gil Pérez et al. (2001), o conhecimento científico aparece “como obras de

¹⁰ Gray e Wheler conjecturaram que a linha de seda, por ser mais fina que o prego, poderia ‘absorver’/‘levar’ menos virtude elétrica da linha de comunicação.

gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes” (p.133).

Algumas pessoas possuem mais curiosidade, percepção, interesse, perspicácia e desejo de compreender fenômenos novos do que outras, mas estes quesitos podem ser estimulados. Ao visitar seu amigo, Gray o instigou a entender os seus experimentos elétricos. Reciprocamente, Wheler estimulou Gray, uma vez que tomou desejo pelo experimento que havia dado errado e pressupôs explicações para este efeito. Logo, a pessoa que vê apenas o que se espera e descarta os resultados inesperados como sendo “errados”, possivelmente, não fará descobertas (ROBERTS, 1993). Esse episódio apresenta a importância da interação científica e, ao contrário do que normalmente é perpetuado no ensino de ciências, que essa interação pode ser muito produtiva e, até mesmo, imprescindível.

Com o sucesso adquirido ao utilizar linhas de seda ao invés de pregos, os dois estudiosos cogitaram aumentar a linha de comunicação significativamente, para verificar se haveria diferenças perceptíveis na eletrização da esfera; o comprimento total da linha de comunicação chegou a 293 pés (88 m) (GRAY, 1731-2a) (fig. 5). Cabe ressaltar que Gray e Wheler acreditaram, inicialmente, que a espessura do material que suportava a linha de comunicação era determinante para a condução da virtude atrativa. Dado que a seda por vezes se rompia, outros materiais foram utilizados como fios finos de ferro e fios de latão, ligeiramente mais espessos. Todavia, eles não obtiveram a eletrização da esfera com esses outros materiais.



Figura 5: Gray atritando um tubo de vidro conectado à linha de comunicação. Figura extraída de Assis (2011, p. 243).

Nesse curso, concluíram então que o fato de a esfera não ter se eletrizado estava relacionado com o material que sustentava a linha de comunicação e não com seu diâmetro. Ficou claro, assim, que não era a espessura do suporte que se mostrava relevante, mas o material do qual era feito.

Estávamos agora convencidos de que o sucesso que havíamos obtido anteriormente dependia das linhas [do material/tipo] que apoiaram a linha de comunicação, que eram de seda, e não devido ao fato de serem finas, como havia imaginado antes da experiência. O mesmo efeito que ocorreu aqui havia acontecido quando a linha que transportava a virtude elétrica era apoiada por packthread [barbante]; a saber, quando os eflúvios chegam ao fio ou barbante que apoia a linha [de comunicação], ele passa por elas indo até a viga de madeira a qual estão fixadas às extremidades do fio ou do barbante, e assim [o eflúvio elétrico] não vai adiante da linha [de comunicação] que devia levá-los até a bola de marfim. (GRAY, 1731-2a, p. 29).

Nessa parte específica do artigo, Gray explicita importantes constatações. Uma delas, já mencionada, refere-se à espessura do suporte utilizado. Outra é que o fio de ferro ou a linha de barbante permitiu a passagem da virtude elétrica, enquanto a seda não. Isto é, alguns materiais tinham a capacidade de conduzir a virtude elétrica enquanto outros não a possuíam. Ainda que Gray não tivesse utilizado os termos isolante e condutor – os mesmos foram introduzidos por Jean Théophile Desaguliers, em 1736 (BINNIE, 2001; WHITTAKER, 1910) – ele explicitou a sua conceitualização. Vale lembrar que Gilbert cunhou os termos *elétricos* e *não elétricos*. Nesse caso, os corpos que conduziam a virtude elétrica (condutores) eram os corpos não-elétricos e os que não conduziam tal virtude (isolantes) eram os corpos elétricos.

Essas experiências, dialogadas com as hipóteses, foram pensadas a fim de encontrar respostas; logo, a descoberta dos corpos que conduziam e os que não conduziam a virtude atrativa não se deu ao acaso. Ao mencionar “e não devido ao fato de serem finas, como havia imaginado antes da experiência” (GRAY, 1731-2a, p.29), Gray destaca a ideia de procura. Conforme Hanson (1967), algumas descobertas são do tipo “puzzle-out”, ou seja, para serem decifradas. Como um jogo de quebra cabeças, Gray e Wheler tentaram entender os fenômenos observados para diferentes materiais, e com isso começaram a revelar características de certos corpos que podiam ser catalogadas. Assim, criaram uma expectativa de um acontecimento ou de uma mudança. Um contexto diferente daquele em que a observação é totalmente inesperada, embora dependa dos pressupostos de cada estudioso.

Nesse caso histórico, o processo de formação dos conceitos de isolante e de condutor não passou por procedimentos pré-estabelecidos, mas por revisões, por contratempos, pelo desejo de conhecer e compreender novos fenômenos, de “verificar, otimizar e variar” (STEINLE, 1997) que estão interligados intensamente com o trabalho experimental dinamizado pelas hipóteses. Afinal, a experimentação envolve muitas ideias, pressupostos e diferentes tipos de compreensão (PRAIA; CACHAPUZ; GIL PÉREZ, 2002).

Dando continuidade a seus estudos, Wheler e Gray conseguiram transmitir a virtude atrativa por uma linha de aproximadamente 203 m. Para que a seda não se rompesse, eles utilizaram mais de uma linha transversal (fig. 6), distribuindo assim o peso da linha de comunicação (possivelmente de barbante).

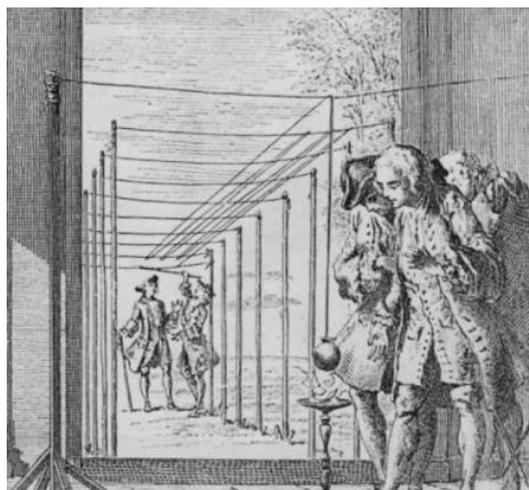


Figura 6: Uma esfera presa a uma linha de comunicação de 203 m, atraindo lâminas metálicas. Figura extraída de Assis (2011, p. 246).

Prosseguindo com o seu relato, Gray explicita que a virtude elétrica pode ser transportada sem tocar a linha de comunicação, apenas aproximando um corpo eletrizado dela. Na descrição do experimento, ele menciona que pendurou um peso de chumbo em uma linha muito fina (*hairline*¹¹). A linha, por sua vez, foi pendurada a um prego que estava em uma viga. Ao aproximar o tubo de vidro atritado a esta linha, o peso de chumbo atraiu as folhas de latão que estavam ali próximas. Atualmente, sabe-se que o tubo de vidro eletrizado polarizou por indução o peso de chumbo. Gray conseguiu transmitir a virtude atrativa sem contato em outras experiências utilizando, por exemplo, aros de madeira. Ademais, constatou que os eflúvios elétricos têm o mesmo efeito em um círculo/aro na posição vertical e horizontal. Ressalta-se que na época a virtude atrativa era equivalente aos eflúvios elétricos. Assim, era comum que esses termos aparecessem como sinônimos nos relatos.

Ainda em seu artigo de 1731/2 a, Gray discutiu a virtude atrativa que uma bolha de sabão, quando aproximada de um tubo de vidro eletrizado, possuía, bem como folhas de diversos vegetais. Outra experiência, que se tornou muito famosa e foi reproduzida por outros estudiosos, consistiu em analisar se o corpo humano comunicaria a virtude elétrica. “Gray imaginou uma experiência sensacional que fez estremecer os que a ela assistiram, abafar gritos de espanto e até recear pela vida de uma criança” (CARVALHO, 1973, p. 41). Apesar do tom poético da citação, Gray é mais sucinto e retraído em seu relato.

Ele suspendeu um menino entre 8 e 9 anos, com cerca de 21kg, na posição horizontal sob duas linhas muito finas (fig. 7). Com a face voltada para baixo, Gray observou que, ao aproximar um tubo eletrizado do garoto, sem tocá-lo, algumas lâminas de latão colocadas abaixo dele eram atraídas. Importa salientar que Gray já havia feito uma experiência na qual tinha suspenso um pintinho vivo pelas pernas e verificado que o seu peito ficara fortemente eletrizado (GRAY, 1731-2a).

¹¹ No artigo, Gray não explicita de que material é feita a *hairline*. Segundo Assis (2011), ele poderia estar se referindo à seda ou à crina de cavalo, de qualquer maneira essa linha se comportava como um isolante elétrico.

Por meio desses experimentos, pode-se verificar que animais recebem uma grande quantidade de eflúvios elétricos e que eles podem ser transmitidos através de diversos caminhos diferentes ao mesmo tempo e por distâncias consideráveis, onde quer que eles [os eflúvios] encontrem uma passagem adequada para suas transmissões, e lá exercem o seu poder de atração (GRAY, 1731-2a, p. 42).

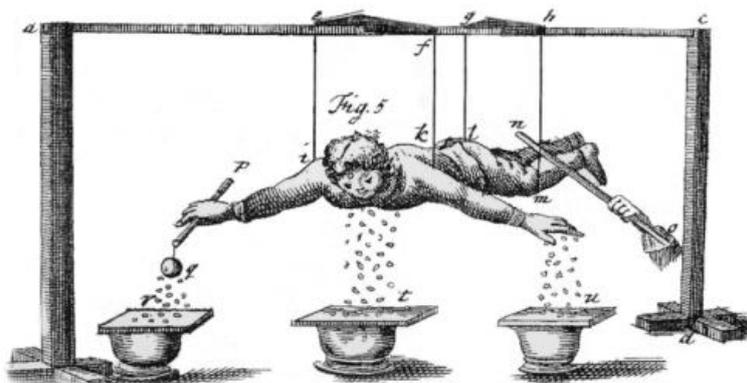


Figura 7: Garoto suspenso por linhas de seda. Ao se aproximar um tubo eletrizado do garoto, constatava-se que ele atraía para si lâminas de latão, que estavam em sua proximidade. Figura extraída de Heilbron (1979, p. 247).

Gray retomou os experimentos com um garoto pendurado em linhas isolantes em um artigo divulgado em 1735/6, após Charles Du Fay ter publicado um artigo na *Philosophical Transactions* explicitando que refez a experiência anteriormente descrita por Gray, fazendo novas constatações. No final de seu mais importante artigo (1731a), Gray acentuou, infatigavelmente, que novos experimentos estavam sendo desenvolvidos com o intuito de encontrar a possível relação entre a atração dos corpos e suas cores.

Considerações sobre os trabalhos de Gray: implicações para o ensino

Há muito se tem argumentado que a HFC deveria fazer parte da formação de professores (MATTHEWS, 1995) e, inclusive, de bacharéis em ciências. Contudo, como aponta Martins (2006), existem muitas barreiras que dificultam a sua inserção no ensino, dentre elas: i) a falta de material didático adequado; ii) a carência de professores com formação para pesquisar e ensinar sobre a história da ciência; iii) os equívocos existentes sobre a natureza da história da ciência e seu uso na educação.

Este artigo buscou resgatar a história de Gray, pouquíssima explorada no ensino e na literatura nacional, procurando contribuir para diminuir a escassez de material histórico voltado à educação científica, “um problema sério que pode colocar em xeque a aproximação entre história da ciência e ensino de Ciências” (BOSS; ASSIS; CALUZI, 2012, p. 442). Além disso, os trabalhos desse talentoso ‘eletricista’ permitem fomentar distintas reflexões sobre a ciência e essa é outra importante contribuição para o ensino. Como salienta Forato et al. (2011), a disparidade entre as distintas recomendações na área e “o estereótipo de ciência presente no contexto educacional

intensifica a necessidade de um ensino/aprendizagem que favoreça a crítica à concepção ingênua da NdC” (p. 33).

Normalmente, o ensino de ciências reprime determinadas influências sofridas pela ciência. Consequentemente inexitem discussões acerca das relações da ciência com a política, a economia, a cultura e a sociedade. Espelhando-se em uma ciência neutra socialmente, sem apreço à uma construção humana, os manuais didáticos e, inclusive, muitos docentes, perpetuam entre os alunos algumas deturpações do que vem a ser a ciência. Por sua vez, a história permite analisar em que momento determinados conhecimentos surgiram e, ademais, apreciar os fatores que influenciaram o desenvolvimento desse conhecimento e os valores subjacentes que o conduziram (FERNANDEZ; ESCANDELL, 1986).

Quando Gray voltou a publicar na *Philosophical Transactions* em 1731, certas considerações da Royal Society reavivaram seu desejo de divulgar seus outros trabalhos. No início de seu artigo, *A Letter concerning the electricity of Water, from Mr. Stephen Gray to Cromwell Mortimer, M. D. Secr. R. S.*, ele ressalta que

A aprovação recebida anteriormente pela comunicação dos meus experimentos elétricos para a Royal Society [1731-2a], os seus mais generosos encorajamentos, foi um grande incentivo para que eu desse continuidade a eles [os estudos], para verificar que descobertas adicionais posso fazer sobre o assunto dessa espécie de atração (GRAY, 1731-2b, p. 227).

Voltando-se ao passado conturbado de Gray com a Royal Society (possível negligência com suas correspondências no início da primeira década; a possibilidade do plágio de Hauksbee), o incentivo da Instituição, com a grande publicação de 1731, foi um estímulo para que Gray continuasse não só com os seus estudos em eletricidade, mas com as suas publicações.

Nos estudos de Gray, observa-se que cada novo experimento dependia de uma nova hipótese que auxiliava na construção de argumentos. Assim, vê-se que os contextos da descoberta e da justificativa são inerentes e naturalmente dependentes; o contexto da descoberta é permeado pelo da justificação. Percebe-se, então, que não havia um roteiro de passos necessários e inalteráveis que o tenha conduzido às suas descobertas.

Mais do que meros experimentos e conceitos “simples”, os trabalhos de Gray, evidenciam o quanto a experimentação dialoga com as hipóteses que são concebidas não só para o registro de um resultado, mas para dirigir e (re) orientar a investigação científica. Os distintos papéis que a experimentação assume no desenrolar dos seus estudos podem auxiliar na compreensão das múltiplas funções do experimento na ciência. Embora haja novas reflexões sobre o experimento, no âmbito da filosofia da ciência contemporânea, o ensino ainda aborda uma concepção distorcida e limitada, epistemologicamente, do seu papel na atividade científica.

Comumente, propaga-se a ideia de que a investigação científica é norteadada por um método científico. Essa concepção ingênua, equivocada, acaba “esquecendo - ou, inclusive, recusando - tudo o que se refere à criatividade, ao carácter tentativo, à dúvida” (GIL PÉREZ et al. 2001, p. 130). Contudo, percebe-se nos estudos de Gray que ele não buscava ou seguiu um guia de passos a fim de constatar um resultado específico. Pelo contrário, buscou entender uma casualidade, variar seus experimentos

conforme às suas condições, ou seja, não seguiu mecanicamente nenhum método prescritivo.

Bernal (1969) alerta para

o perigo de considerá-lo [o método] como uma espécie de forma platônica ideal, como se fosse uma maneira correta de encontrar a verdade sobre a natureza ou sobre o homem, e que a única tarefa dos cientistas fosse de encontrar este caminho e permanecer nele (p. 35).

A descoberta da condução elétrica, fruto de um acaso, só foi perceptível à Gray devido ao cenário no qual se encontrava. Isso evidencia que uma experiência não vem a ser apenas corroboradora ou refutadora de uma teoria, como sustenta o método. A persistência de Gray em entender uma casualidade (a atração da pena pela rolha que não havia sido eletrizada) foi subsidiada por suas concepções, sua inserção nos estudos elétricos. Conforme Hanson (1985) a “observação científica é, portanto, uma atividade carregada de teoria” (p. 13), não há extrema neutralidade. Caso contrário, ele poderia ter ignorado este feito e não tê-lo relacionado com algum possível fenômeno elétrico. Evidentemente, uma casualidade só propiciará pesquisas posteriores se o estudioso reconhecer que este acaso, ou esta inesperada constatação, merece atenção (ROBERTS, 1993).

As experimentações desenvolvidas por Gray, Wheler e demais assistentes, evidenciam uma experiência exploratória (STEINLE, 1997; 2002), onde as observações e as experimentações não estavam sendo guiadas por uma teoria já estabelecida, mas pelo desejo de compreender e sistematizar os estudos elétricos. Os experimentos, neste caso, exerceram diferentes papéis no desenvolvimento das descobertas feitas. A importância de uma análise do processo científico e discussões de seus pormenores são evidentes nesse período histórico e incipiente da eletricidade. Ao explicitar a história da descoberta da comunicação da eletricidade, ou ainda dos conceitos de condutores e isolantes, entende-se a influência de aspectos humanos na ciência. Mais que um produto pronto e acabado a ciência progride e, nesse percurso, vale-se de imprevistos, casualidades, persistências, conflitos.

Os estudos de Gray podem propiciar o desenvolvimento de atividades experimentais em sala de aula. Boss, Assis e Caluzi (2012), por exemplo, apresentam diversos experimentos que podem ser realizados com os alunos, feitos com materiais de baixo custo, afim de explorar a história dos conceitos em eletricidade. Semelhantemente, Assis (2011) sugere roteiros didáticos que podem ser explorados com o mesmo propósito. Nessa mesma linha, juntamente com o conceito de experimentação exploratória veiculado por Steinle (1997; 2002), Raíck e Peduzzi (2015) propõem discussões e reflexões sobre a própria concepção e função da experimentação na ciência.

Os estudos desenvolvidos por Gray através de experimentos ‘simples’ e qualitativos oportunizaram a compreensão de fenômenos elétricos elementares. Isso se deu por meio de um diálogo, profícuo, entre as experimentações exploratórias e as diversas hipóteses que eram levantadas a fim de compreender o ainda incompreensível. A ciência não é estática. A experimentação dialoga com as hipóteses que orientam o trabalho científico. Um ensino centrado apenas nos produtos da ciência não é, e nem jamais será, capaz de penetrar os tão intrincados quanto fascinantes labirintos em que o conhecimento é realmente desenvolvido. Nesse sentido, Gray não é exceção, mas um exemplo na ciência.

Agradecimentos

A Elen Maria Santos Peduzzi pela revisão gramatical do texto.

Referências

ARABATZIS, T. On the Inextricability on the context of Discovery and the context of justification. **Revisiting Discovery and Justification**, v. 14, p. 215-230, 2006.

ASSIS, A. K. T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

BERNAL, J. D. **Science in History**. Volume 2: The Scientific and Industrial Revolutions. Penguin Books, 1969.

BINNIE, A. Using the History of Electricity and Magnetism to Enhance Teaching. **Science & Education**, v. 10, p. 379-389, 2001.

BONAUDI, F. Groping in the dark: magnetism and electricity from prehistory to (almost) Maxwell. **Nuclear Physics B-Proceedings Supplements**, v. 33, n. 3, p. 8-20, 1993.

BOSS, S. L. B.; ASSIS, K. T. A.; CALUZZI, J. J. **Stephen Gray e a descoberta dos condutores e isolantes**: tradução comentada de seus artigos sobre eletricidade e reprodução de seus principais experimentos. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

BOSS, S. L. B.; CALUZZI, J. J. Uma breve biografia de Stephen Gray (1666-1736). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 1601 - 1609, 2010.

CAMPOS, L. S. ARAÚJO, M. S. T.; AMARAL, L. H. Tendências das Pesquisas Envolvendo Experimentação em Ensino de Física identificadas em Teses e Dissertações entre 2002 – 2011. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. São Paulo: Águas de Lindóia. **Atas...**, 2013.

CARVALHO, R. **História da Electricidade Estática**. Coimbra: Atlântida editora, 1973.

CLARK, D. H.; MURDIN, L. The enigma of Stephen Gray astronomer and scientist (1666-1736). **Vistas in Astronomy**, v. 23, p.351-404, 1979.

CLOUGH, M. O.; OSLON, J. K. Teaching and assessing the nature of science: An Introduction. **Science & Education**, v. 17, p.143–145, 2008.

FERNÁNDEZ, A. C; ESCANDELL, M. C. Contra el mito de la neutralidad de la ciencia: el papel de la historia. **Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 4, n. 2, p. 163-166, 1986.

FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones Deformadas de La Ciencia Transmitidas por la Enseñanza. **Enseñanza de las ciencias**, p. 477-488, 2002.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLOA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FRANKLIN, A. Física y Experimentación. **Theoria**, v. 17-2, p. 221-242, 2002.

FRENCH, S. **Ciência – Conceitos-chave em Filosofia**, Artmed, 2009.

- GIL PÉREZ, D. MONTORO, I. F.; ALIS, J. C.; CACHAPUZ, A. ; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GILBERT, W. **De magnete**. New York: Dover Publications, 1958.
- GRAY, S. An account of some new electrical experiments. **Philosophical Transactions**, v. 31, n. 366, p.104-107, 1720-1.
- GRAY, S. A letter to Cromwell Mortiner, M. D. Secr. R. S. Containing Several Experiments concerning Electricity. **Philosophical Transactions**, v. 37, p. 18-44, 1731-2a.
- GRAY, S. A letter concerning the Electricity of Water, from Mr. Stephen Gray to Cromwell Mortimer, M. D. Secr. R. S. **Philosophical Transactions**, v.37, p. 227-230, 1731-2b.
- GRAY, S. Experiments and Observations upon the Light That is Produced by Communicating Electrical Attraction to Animal or Inanimate Bodies, Together with Some of its Most Surprising Effects; Communicated in a Letter from Mr. Stephen Gray, F. R. S. to Cromwell Mortimer, M. D. R. S. Secr. **Philosophical Transactions**, v. 39, p. 16-24, 1735-6.
- HACKING, I. **Representar e Intervir: tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.
- HANSON, N. R. An Anatomy of Discovery. **The Journal of Philosophy**, v. 64, n. 11, p. 321-352, 1967.
- HANSON, N. R. **Observación y explicación: guía de La filosofía de la ciência: Patrones de descubrimiento – investigación de las bases conceptuales de la ciência**. Alianza Editorial: 1985.
- HEILBRON, J. L. **Electricity in the 17th & 18th Centuries**. Berkeley: University of California Press, 1979.
- HODSON, D. Philosophy of Science and Science Education. **Journal of Philosophy of Education**, v. 20, n. 2, p. 215-225, 1986.
- KIPNIS, N. Chance in Science: the discovery of Electromagnetism by H.C. Oersted. **Science & Education**, v. 14, p. 1-28, 2005.
- KRAGH, H. **Introdução à Historiografia da Ciência**. Portugal: Porto Editora, 2001.
- MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.
- MARTINS, R. A. Introdução: história da ciência e seu uso na educação. In: Silva, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- MARTINS, R. A. Como não escrever sobre História da Física – um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 113-129, 2001.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia, e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

McCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. The nature of science in science education: in introduction. **Science & Education**, v. 7, p. 511-532, 1998.

MEDEIROS, A.; MONTEIRO Jr, F. N. A reconstrução de experimentos históricos como uma ferramenta heurística no ensino da física, 2001. **(publicação interna)**.

PEDUZZI, L. O. Q. Do efeito âmbar à garrafa de Leyden. Florianópolis: 2013. (versão preliminar, **publicação interna**).

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: Pietrocola, M.(org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL PEREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p.253-262, 2002.

RAICK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Potencialidades e limitações de um módulo de ensino: uma discussão histórico-filosófica dos estudos de Gray e Du Fay. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 2, p. 138-160, 2015.

ROBERTS, R. M. **Descobertas acidentais em ciências**. Campinas, SP: Papyrus, 1993.

ROCHA, J. F. M. Origem e evolução no eletromagnetismo. In: ROCHA, J. F.; PONCZEK, R. I. L.; PINHO, S. T. R.; ANDRADE, R. F. S.; JUNIOR, O. F.; FILHO, A. R. (Org.). **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2011.

STEINLE, F. Experiments in History and Philosophy of Science. **Perspectives on Science**, v. 10, n. 4, p. 408-432, 2002.

STEINLE, F. Entering new fields: exploratory uses of experimentation. **Philosophy of Science**, v. 64, p. 565-574, 1997.

TATON, R. **Casualidade e acidentalidade das descobertas científicas**. São Paulo: HEMUS Editora Ltda, 1955.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE, J. O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no ensino de física. In: PEDUZZI, L. O.; MARTINS, A. F.; FERREIRA, J. M. H. (Org.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, p. 9-40, 2012.

WHITTAKER, E. T. **A history of the theories of aether and electricity: from the age of Descartes to the close of the Nineteenth Century**. Londres: Longmans, Green and CO., 1910.

Submetido em agosto de 2014, aceito para publicação em fevereiro de 2016.