

Tornar-se Fisiologista Vegetal: Potencialidades Educacionais de uma Controvérsia entre Cientistas do Século XIX sob o Ponto de Vista de Bruno Latour

(Becoming a Plant Physiologist: Educational Potential of a Controversy between Scientists of the 19th-century under the Viewpoint of Bruno Latour)

VANESSA CAPPELLE e FRANCISCO ÂNGELO COUTINHO

Universidade Federal de Minas Gerais (vanessacappelle@gmail.com, fac01@terra.com.br)

Resumo. Nesse trabalho, analisamos uma controvérsia entre Charles Darwin e Julius Sachs a partir da perspectiva de Bruno Latour. As ideias desse autor a respeito da profissionalização dos cientistas, da literatura e das translações de interesses são apresentadas e discutidas. Os aportes metodológicos são desenvolvidos a partir das regras metodológicas para o estudo da ciência em ação. A reinterpretação desta controvérsia evidencia o esforço de Sachs para consolidar a Fisiologia Vegetal como área de estudos frente à comunidade acadêmica e a sociedade em geral. Em uma inscrição, sintetizamos as translações de interesse que indicam os actantes mobilizados a favor dessas alegações. Diante de sua idade avançada, Darwin reconheceu o poder do ataque a ele dirigido e se declarou incapaz de sustentar esse debate. Com o intuito de fomentar a discussão, destacamos as potenciais contribuições do trabalho de Latour para o campo de pesquisa em Educação em Ciências.

Abstract. In this paper we analyze a dispute between Charles Darwin and Julius Sachs from the perspective of Bruno Latour. The ideas of this author on the professionalization of scientists, literature and translations of interest are presented and discussed. The methodological contributions are developed from the methodological rules for the study of science in action. The reinterpretation of this controversy highlights Sachs' efforts to consolidate Plant Physiology as an area of study across the academic community and society in general. We synthesized in an inscription the translations of interests indicating the actants mobilized in favor of these claims. At his advanced age, Darwin recognized the power of Sachs' attack and declared himself unable to hold this debate. In order to encourage discussion, we highlight the potential contributions of the work of Latour to the research field of Science Education.

Palavras-chave: teoria ator-rede, Charles Darwin, Julius von Sachs, educação em ciências

Key words: actor-network theory, Charles Darwin, Julius von Sachs, science education

Introdução

Um requisito básico e perene dos currículos contemporâneos é a expectativa de que, além de aprender conteúdos científicos, os estudantes aprendam também sobre a natureza da ciência (veja MATTHEWS, 1995; LEDERMAN, 2007). Em outras palavras, um ensino de ciências de qualidade seria aquele que contemplasse as relações das ciências com o contexto social, ético, histórico, filosófico, político e tecnológico, contribuindo para a construção de uma visão mais próxima da ciência real e menos dogmática desse conhecimento.

Objeto de investigações sistemáticas por mais de um século, as pesquisas sobre as visões sobre a natureza da ciência apontam que estudantes e professores ainda cultivam concepções que se afastam daquelas aceitas pela epistemologia e filosofia da ciência. Gil Pérez et al. (2001) identificam “visões deformadas” de professores sobre trabalho científico, tais como: a consideração do conhecimento científico como

absoluto, a ideia de que o objetivo dos cientistas é descobrir verdades imutáveis, dificuldades em entender o papel das teorias e sua relação com a pesquisa, dentre outros aspectos lacunares.

Buscando superar esse quadro, os pesquisadores mobilizam elementos da história e da filosofia da ciência para renovar essa concepção de ciências (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000; KHISHFE; ABD-EL-KHALICK, 2002). Reconhecemos a relevância de tais iniciativas, mas delineamos uma proposta baseada nos trabalhos de Bruno Latour que, nas últimas décadas, direcionou o seu olhar para o estudo da “ciência em construção”¹ (LATOURE, 1994; 2000; 2001). O processo de produção da ciência tal como ele acontece, seja nas conversas sobre as inscrições que emergem dos instrumentos do laboratório, ou na mobilização dos cientistas junto às agências de fomento para garantir o financiamento de seus trabalhos, são algumas das características marcantes de suas etnografias que têm despertado a atenção dos pesquisadores em Educação em Ciências (e.g. ZANON; ALMEIDA; QUEIROZ, 2007; RICHARD; BADER, 2009; BRANQUINHO, 2012; ALLAIN; COUTINHO; SILVA, 2013; FARIA, 2014).

De fato, alguns pesquisadores em ensino de ciências reconhecem as potenciais contribuições dos *Science Studies*² para desenvolver nos estudantes o pensamento crítico e um maior engajamento para compreender a natureza do conhecimento científico (OLIVEIRA, 2008; RICHARD; BADER, 2010). Exemplificando, Roth e McGinn (1998) ressaltam que a divulgação do conhecimento sobre as visões sobre natureza da ciência auxilia os professores de três formas, pois eles podem: i) incorporar as perspectivas da natureza da ciência no currículo e melhorar o entendimento dos alunos sobre esse aspecto; ii) desenvolver elementos do currículo que focam em práticas científicas autênticas; e iii) seguir os métodos de pesquisa desenvolvidos por esses estudos para investigar práticas e produtos científicos.

O presente trabalho tem caráter ensaístico e está organizado em cinco partes. Na primeira, são introduzidas algumas ideias que servem de guia ao pensamento do autor

¹ Segundo Latour (2000), a “ciência em construção” refere-se aos tópicos científicos sobre os quais ainda há discussão, ou seja, ainda não se constituem como “ciência acabada”. Trata-se de um conjunto de conhecimentos que, embora constitua um corpo teórico, não está estabilizado o suficiente para classificá-lo como uma “caixa-preta”. Por sua vez, esta metáfora com um conceito da cibernética define aqueles fatos estabilizados que são complexos demais para serem apresentados ou explicados.

² Optamos por não traduzir essa expressão empregada no texto original publicado em inglês (LATOURE, 2001), pois traduzi-la como ‘estudos científicos’, como consta na versão em português não nos parece adequado e, de acordo com Wortmann (2002) acrescentaríamos apenas mais uma denominação a esse campo de estudos *sobre* as ciências já referido de diversas formas.

em foco, de acordo com o recorte desse trabalho. A segunda apresenta os aportes da Teoria Ator-Rede que orientam o estudo da “ciência em construção”. A terceira apresenta uma controvérsia entre cientistas que muito contribuíram para o desenvolvimento da ciência de seu tempo, mas que representam diferentes nacionalidades e tradições de pesquisa. Sugerimos que essas diferenças são parte essencial da controvérsia em disputa. A quarta seção é dedicada à reinterpretação dessa controvérsia à luz das ideias de Bruno Latour. Ao final, são feitas considerações sobre as potenciais contribuições do trabalho desse autor para o campo de pesquisas em educação em ciências.

Bruno Latour: um olhar para a ciência em ação

O que identifica um cientista? Quais são as características dessa profissão? Para grande parte da opinião pública, esses questionamentos remetem à imagem de um homem, de cabelos brancos, usando óculos e jaleco, debruçado sobre um microscópio em meio a pilhas de papéis e soluções coloridas que extravasam dos tubos de ensaio em seu laboratório. Essa concepção é o que Gil Pérez e colaboradores (2001) chamam de “visão individualista e elitista da ciência”, pois

Os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes... Em particular faz-se crer que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para verificar, confirmando ou refutando, uma hipótese ou toda uma teoria (GIL PÉREZ et al., 2001, p. 133).

Tão logo dirigimos nosso olhar para o cotidiano dos cientistas, acompanhando os seus experimentos, o envolvimento na produção de artigos e a busca por financiamento para pesquisas, essa visão se esvai dando lugar a um cientista cujo trabalho vai muito além da bancada do laboratório. É esse cientista de carne e osso que Bruno Latour (2000) apresenta em seu livro “*Ciência em Ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*”, no qual, a partir de uma análise centrada na tessitura das imbricadas relações das redes sociotécnicas, compreende o trabalho científico como uma mescla de diferentes habilidades.

Exploraremos neste texto apenas as proposições de Latour referentes ao processo de profissionalização dos cientistas, assim como suas ideias acerca do papel da literatura na “ciência em construção” e das translações de interesses. Esses aspectos são relevantes na medida em que evidenciam o contexto de controvérsias onde os cientistas atuam e, por vezes, tentam estabelecer um novo campo de estudos. Segundo Latour

(2000), os fatos científicos são fabricados e, nesse sentido, toda a ciência tem duas faces tais como as de *Janus Bifronte*³: uma de aparência jovial, ainda em construção, a dos fatos quentes, aspirando por validação no campo de disputas; e outra sisuda, fria, já estabelecida e tida como “verdadeira” (Figura 1). Esta última representa a fase em que as controvérsias já cessaram, podendo-se fechar a caixa-preta, pelo menos até que novos embates venham a reabri-la.



Figura 1 - Representação de Janus Bifronte
Fonte: Latour (2000, p.287)

O cientista desmistificado por Bruno Latour deve estar constantemente preparado para enfrentar os discordantes de suas alegações. Isto é, aqueles que desafiam as suas conclusões sobre o objeto de pesquisa e que precisam ser apresentados às provas de força por ele reunidas, até que essas conclusões se estabilizem e sejam reconhecidas como fatos pela comunidade científica. A esse respeito, Latour (2000) afirma que os estudiosos interessados pela construção das ciências devem começar sua investigação desde antes das caixas-pretas terem sido fechadas. Seguir os cientistas na construção dos fatos é a proposta desse autor, pois é durante esse processo que surgem as controvérsias, principais obstáculos para que um determinado “fato” seja socialmente aceito.

Antes de seguir dois cientistas na tentativa de estabelecer um novo campo de estudos e analisar as controvérsias por eles deflagradas, abordaremos a seguir alguns

³ Latour (2000) toma de empréstimo a figura mítica de Janus, um deus romano que deu origem ao nome do mês de janeiro e que é conhecido por ter duas cabeças que representam os términos e os começos, o passado e o futuro. Na reinterpretação do autor, a face austera do deus representa a ciência pronta; a outra jovial e vivaz, a ciência em construção. Nos trabalhos de Latour, as duas faces de Janus falam simultaneamente e dizem coisas completamente diferentes: para uma é suficiente considerar os fatos e, para a outra, há que submetê-los as provas de força.

pontos sobre o processo de profissionalização dos cientistas, sobre o papel da literatura na construção dos fatos científicos e sobre as translações de interesses.

Profissionalização do cientista

Tornar-se cientista, de acordo com Latour (2000), requer muito mais do que dominar certa área de conhecimento. Baseando-se nos trabalhos do historiador Roy Porter (1977, 1982), o autor descreve as aspirações do geólogo Charles Lyell (1797-1875) numa época em que a Geologia e a profissão geólogo ainda não existiam. Ele pretendia estudar a “história da Terra” que, na primeira metade do século XIX, envolvia tanto a teologia, quanto a paleontologia e outras disciplinas técnicas. Em outras palavras, ainda não existia um campo de estudos voltado especificamente para o estudo da composição, estrutura, história e processos que dão forma a Terra, tal como existe atualmente. Dessa forma, uma vez que os aliados, as instituições de pesquisa e os parceiros não estavam constituídos, a oportunidade de ser geólogo seria “resultado do trabalho de muitas pessoas como Lyell” (LATOURE, 2000, p. 241).

Partindo desse pressuposto e fundamentado em seu trabalho etnográfico, Latour (*ibidem*) indica que o interessado em profissionalizar-se numa determinada área científica deve ser capaz de⁴: i) eliminar os amadores e se dedicar exclusivamente ao trabalho, pois os amadores podem abandonar o compromisso quando bem entenderem; ii) desenvolver estratégias para cativar o público, divulgando o conhecimento em revistas e instituições para atingir um público que passasse a utilizar seus serviços; iii) convencer o Estado de que sua atividade é indispensável à sociedade; iv) impor normas rígidas para a formação de novos cientistas, institucionalizando a área de estudos nas universidades; v) estabelecer normas de conduta entre os pares, resolver as controvérsias internas e denunciar os amadores.

Avançando rumo à contemporaneidade, Latour (*ibidem*) acompanha o cotidiano do “chefe” de um laboratório, situado na Califórnia, reproduzindo algumas de suas atividades corriqueiras. À primeira vista, ele constata que o pesquisador dedicou grande parte do tempo a viagens, recrutando investidores, e convencendo um público cada vez maior da relevância e aplicabilidade das pesquisas desenvolvidas em seu laboratório.

⁴ Um problema que assola a epistemologia tradicional é saber se o seu papel é descrever o que os cientistas fazem ou prescrever a forma como os cientistas devem agir, no processo de produção do conhecimento. No entanto, a partir de uma abordagem etnográfica latouriana, essa distinção não faz sentido. O que o pesquisador faz é seguir os actantes e, nesse processo, descrever as regras metodológicas que emergem das práticas sociomateriais. Portanto, o tom prescritivo deve ser modulado por essa consideração.

Durante sua ausência, porém, os pesquisadores e os subordinados, passaram horas no laboratório, conduzindo experimentos e escrevendo artigos.

Afinal de contas, questiona-se Latour, quem está fazendo ciência? Para responder essa questão, o autor alega que os embates nos fóruns de discussão sobre história e filosofia da ciência são capitaneados por duas visões opostas. A primeira, chamada *internalista*, defende que a atividade científica se faz somente dentro do laboratório. Em oposição, há os que acreditam que o laboratório só existe com a mobilização de recursos e parcerias que se faz fora dele. Estes últimos são os *externalistas*. Por sua vez, Latour (2000, 2001) condena tanto a visão internalista que propõe analisar o trabalho científico como uma atividade pura e desinteressada, quanto os externalistas que acreditam que essa atividade seja fruto dos fatores sociais, políticos e econômicos vigentes.

Na visão do autor, não existem duas perspectivas, mas apenas uma. De acordo com sua *antropologia simétrica*, se acompanharmos o técnico que trabalha na bancada, chegaremos ao diretor do laboratório arregimentando investimentos. Por outro lado, se seguirmos todos os passos do diretor, chegaremos à bancada do laboratório, com todos os instrumentos necessários à pesquisa. Latour (2000) conclui, portanto, que a qualidade das pesquisas e a permanência dos pesquisadores num laboratório dependem do êxito obtido por outros pesquisadores na captação de recursos financeiros e vice-versa.

Com isso, nos convencemos de que “sem o recrutamento de numerosos aliados, sem a tática sutil que permite ajustar simetricamente os recursos humanos e não-humanos, a retórica da ciência torna-se impotente” (LATOUR, 2000, p. 236). Para ele, só podemos falar em interior porque existe o exterior da ciência e, quanto mais sólida e relevante for a ciência produzida no laboratório, mais longe devem ir os pesquisadores que captam recursos e divulgam a relevância dessas descobertas.

Literatura

Nos caminhos tortuosos da profissionalização de um cientista, a literatura é um elemento-chave para suplantar as eventuais controvérsias, pois ela o auxilia a convencer os discordantes sobre suas afirmações, fortalecendo seu ponto de vista. A construção de fatos tem, portanto, um caráter eminentemente coletivo, sintetizado na seguinte passagem na qual Latour (2000) trata da sobrevivência de uma afirmação:

[...] o status de uma afirmação depende das afirmações ulteriores. Seu grau de certeza é tornado mais ou menos, dependendo da sentença seguinte que a

retomar; essa atribuição retrospectiva se repete na nova sentença, que, por sua vez, poderá ser tornada mais fato ou mais ficção por força de uma terceira, e assim por diante... (LATOURE, 2000, p.50).

Na passagem de uma afirmação ao fato, os discordantes serão uma constante e caberá ao cientista a tarefa de sobrepujar cada dúvida sobre a veracidade de suas afirmações. Dentre as alternativas que este pode utilizar para driblar o ataque de seus inimigos, Latour descreve algumas estratégias de tratamento de referências para que estas deem sustentação à tese defendida.

As regras são bastante simples: enfraqueça os inimigos; paralise os que não puder enfraquecer [...]; ajude os aliados se eles forem atacados; garanta comunicações seguras com aqueles que o abastecem com dados inquestionáveis; obrigue os inimigos a brigarem uns com os outros; se você não tiver certeza de que vai ganhar, seja humilde e faça declarações atenuadas (LATOURE, 2000, p.66).

Em adição, o autor ressalta a vulnerabilidade do texto científico desprovido de referências comparando-o com uma criança que, sozinha, caminha pelas ruas de uma cidade durante a noite “[...] isolada, perdida, pode acontecer-lhe qualquer coisa” (LATOURE, 2000, p. 58). Em outras palavras, frente aos discordantes, um texto que não usufrua do apoio das referências está fadado ao fracasso ou ao esquecimento, pois elas compõem uma base sólida para a construção social dos fatos, inibindo que os adversários contra argumentem de maneira eficaz.

A coletividade é, portanto, parte integrante das ciências e um texto digno do adjetivo “científico” é aquele que, ao ser publicado e acrescentado às publicações preexistentes, seja capaz de suplantar as controvérsias que dele emergem. Contudo, após a publicação de seu trabalho, o cientista perde o controle de suas afirmações e não pode ter certeza de que estas serão devidamente utilizadas por seus aliados:

[...] como cada artigo adapta a literatura anterior às suas próprias necessidades, todas as deformações são legítimas. Determinado artigo pode ser citado por razões completamente diferentes, de um modo que contraria totalmente seus interesses. Ele pode ser citado sem ter sido lido, ou seja, de modo perfunctório; ou em apoio a uma afirmação que se opõe frontalmente àquilo que o seu autor pretendia; ou por detalhes técnicos tão minúsculos que escaparam à atenção de seu autor; ou por intenções atribuídas aos autores, mas não explicitadas no texto; ou ainda, por muitas outras razões (LATOURE, 2000, p.69).

Dessa forma, ao analisar os enunciados científicos, Latour (*ibidem*) nos mostra que os cientistas utilizam diversas estratégias retóricas para sustentar seus argumentos frente às controvérsias impostas por seus pares e demais interessados em seu trabalho. A estilização do texto aumenta sua credibilidade e direciona os leitores para poucos ou somente um caminho que apresenta a conclusão.

Translação de interesses

Dentre as estratégias supramencionadas, encontramos as translações de interesses. Latour (2000) argumenta que os fatos científicos são fabricados por uma rede de atores humanos e não humanos - denominados actantes - que se relacionam por meio de movimentos de translação. Ao cientista, construtor desses fatos, cabe à tarefa de mobilizar e articular cada vez mais actantes nas malhas da rede para que ela se torne estabilizada. Assim, nas palavras desse autor, “transladar interesses significa, ao mesmo tempo, oferecer novas interpretações desses interesses e canalizar as pessoas para direções diferentes” (LATOURE, 2000, p.194).

Com o intuito de arregimentar aliados, o cientista fortalece sua afirmação tornando-a uma caixa-preta passível de ser divulgada sem grandes modificações. Para isso, Latour (2000) descreve cinco estratégias de translação de interesses que podem ser adotadas pelo construtor de fatos. A primeira delas é adaptar os próprios interesses de tal forma que ele atenda aos interesses explícitos de outras pessoas, assim elas diriam “eu quero o que você quer”. Por outro lado, ao contar com a contribuição de diversas pessoas, um ponto negativo, é que a contribuição do cientista pode ser obscurecida e ele passa a ser incapaz de controlar o que as outras pessoas vão fazer com suas alegações e contribuições. Exemplificando, o autor descreve que, quando Pasteur elaborou a vacina contra a cólera das aves, ele chamou a atenção de inúmeros grupos de fazendeiros que concluíram que isso seria “o começo do fim de todas as doenças infecciosas em homens e animais” (LATOURE, 2000, p.182).

A segunda translação é simétrica à anterior e seria guiada pela pergunta: “eu quero; por que você não quer?”. Nesse caso, ocorre um deslocamento explícito das pessoas que, sem condições de alcançar seus próprios objetivos, desviam seus interesses para seguirem o caminho dos cientistas. Contudo, trata-se de uma estratégia rara que pode ser ilustrada por um grande empresário interessado em investir em Ciência que, ao assumir os interesses dos cientistas, modifica as suas próprias convicções.

Ao perceber que o caminho para alcançar os objetivos das pessoas está bloqueado, o construtor de fato propõe que elas se afastem de seus objetivos e sigam por um desvio curto e bem sinalizado. A terceira translação, “se você desviasse um pouquinho...” é mais poderosa do que a segunda e funcionaria como um atalho para o objetivo almejado. Algumas limitações são atribuídas a essa translação: o caminho habitual deve estar bloqueado para que as pessoas sintam-se convencidas a seguir pelo

desvio; a indefinição da duração e do tamanho desse desvio; e, feito esse desvio, é muito difícil definir quem foi o responsável pela mudança.

“Remanejar interesses e objetivos” é a proposta da quarta translação, que pretende superar as limitações da terceira. Até aqui, as estratégias referiam-se aos interesses explícitos dos atores. Agora, a partir de cinco táticas, os construtores de fatos pretendem abolir os interesses explícitos e garantir uma maior margem de negociação. São elas: 1) deslocar objetivos; 2) inventar novos objetivos, que sejam capazes de despertar o interesse das pessoas; 3) inventar novos grupos, articulados em torno de um objetivo comum; 4) tornar invisível o desvio, de forma que os aliados ainda acreditem estar percorrendo os próprios caminhos; 5) vencer as provas de atribuição, isto é, levar os aliados a aceitar uma ou poucas pessoas como principal causa do trabalho, atribuindo responsabilidades àqueles que fizeram a maior parte.

De certa forma, todas as outras translações levam à quinta, pois quando todos contribuem para a propagação de uma alegação:

Não precisariam atender aos interesses dos outros – primeira translação – nem convencê-los de que os caminhos habitualmente trilhados estão bloqueados – segunda translação – nem atraí-los para um pequeno desvio – terceira translação –; nem sequer seria mais necessário inventar novos grupos, novos objetivos, criar sub-repticiamente derivações nos interesses, ou travar ferozes batalhas pela atribuição das responsabilidades [quarta translação]. (LATOUR, 2000, p.198).

Assim, daremos destaque a quinta e mais poderosa translação que consiste em tornar indispensável o caminho proposto. Ao capturar o interesse das pessoas para uma dada alegação, contribuindo para a sua propagação no tempo e no espaço, o construtor de fatos se torna indispensável, ou um ponto de passagem obrigatório tal como ilustra a inscrição abaixo (Figura 2).

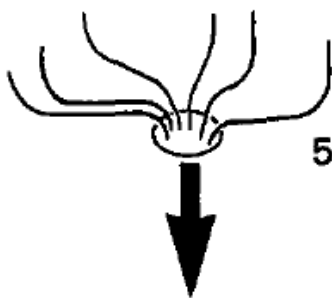


Figura 2 - Representação da translação cinco: Tornar-se indispensável
Fonte: Latour (2000, p.199)

Isto é, após concluir e divulgar os seus trabalhos, as pessoas adotam as suas teses, disseminando-as e comprando os seus produtos sejam eles máquinas fotográficas Eastman Kodak, injeções de Pasteur ou os motores de Diesel (LATOUR, 2000, p.198).

Aportes da Teoria Ator-Rede

Latour e seus colegas que se dedicam ao estudo da tecnociência desenvolveram a *Actor Network Theory* (ANT) ⁵ como um enquadramento teórico-metodológico que descreve o mundo como uma rede de actantes híbridos (veja LAW, 1992; LATOUR, 1996, 2005; CALLON; LAW, 1997). Isso significa que a ANT não pretende estabelecer distinções *a priori* entre actantes humanos e não humanos, por isso, esses “coletivos híbridos” devem ser estudados utilizando as mesmas ferramentas, o que constitui uma “antropologia simétrica” (LATOUR, 1994, p. 101).

Para aqueles que pretendem estudar a “ciência em construção”, a partir da ANT, Latour oferece sete regras metodológicas para “seguir o melhor de todos os guias, os próprios cientistas, em sua tentativa de fechar uma caixa-preta e abrir outra” (LATOUR, 2000, p. 39). Para isso, os pesquisadores devem: (i) estudar a ciência e a tecnologia em ação, ao invés de sua forma pronta; (ii) analisar as formas pelas quais as afirmações e mecanismos passam por transformações, ao invés de analisar suas qualidades intrínsecas; (iii) estudar o estabelecimento das controvérsias no lugar dos produtos finais da investigação científica, uma vez que o primeiro é a causa da representação do segundo; (iv) considerar de forma simétrica os esforços para alistar recursos humanos e não-humanos, em vez de utilizar a sociedade para explicá-los; (v) estudar simultaneamente os dois lados da divisão interior/exterior, ao invés de estabelecer seus papéis *a priori*; (vi) olhar para a extensão das redes nas quais os atores se localizam, em vez de usar a irracionalidade como um recurso explanatório; (vii) atribuir aos fatores cognitivos apenas o que permanecer sem explicação após o estudo da rede e da forma como as inscrições são coletadas, transformadas e combinadas.

Dentre as regras metodológicas acima apresentadas, destacamos duas que orientaram a elaboração deste trabalho. Tendo em vista que procuramos compreender o desenrolar de uma controvérsia entre dois notáveis cientistas do século XIX, que investigaram os movimentos das plantas (tropismos), empreendemos uma tentativa de compreender a ciência em ação (*regra metodológica 1*), traçando as ações dos cientistas que foram determinantes para o estabelecimento dessa controvérsia (*regra metodológica 3*).

⁵ Teoria Ator-Rede.

Construção social do conceito tropismo: uma polêmica conversa entre cientistas do século XIX durante o estabelecimento de uma nova área de estudos botânicos

Em 1880, Charles Darwin (1809-1882) e seu filho Francis (1848-1925) publicaram *The Power of Movement in Plants*, um robusto livro de mais de seiscentas páginas, no qual apresentavam os resultados de vários anos de experimentos sobre a reação das plantas à influência da luz e da gravidade. Richards (1909) definiu o interesse de Charles Darwin pela botânica como um “passatempo”, pois ele não tinha pretensões de fazer um estudo exaustivo, apenas investigar alguns fenômenos da vida das plantas que mais lhe chamavam a atenção. Por outro lado, de acordo com De Charadevian (1996), não havia nada de amador no trabalho de Darwin, inclusive, um comentarista perspicaz⁶ observou que as investigações botânicas teriam feito do cientista britânico um grande nome da área se ele não tivesse publicado uma linha sobre a evolução.

Ainda segundo De Charadevian (*ibidem*), os experimentos de fisiologia vegetal dos Darwin se distinguiam das investigações botânicas conduzidas na Grã-Bretanha nesse período. Enquanto a fisiologia vegetal era progressivamente instituída como nova área de pesquisa na Alemanha, no início dos anos 1870, os britânicos estavam ocupados sistematizando e catalogando a flora proveniente das explorações de suas colônias. De certa forma, veremos que essas circunstâncias ajudam a explicar as diferenças entre a calorosa recepção do livro de Darwin pelos pesquisadores da Grã-Bretanha e as críticas a seus experimentos pelos botânicos estrangeiros.

Dentre os pioneiros alemães encontramos Julius von Sachs (1832-1897), um fisiologista vegetal, cujos resultados publicados em seu influente *Lehrbuch der Botanik*, em 1868, contradiziam as conclusões dos Darwin acerca dos mesmos fenômenos. Prevendo a oposição desse renomado cientista ao seu trabalho, Darwin utilizou as seguintes palavras para anunciá-lo a um amigo:

Junto com meu filho Francis, eu estou preparando um grande volume sobre os movimentos gerais das plantas, e eu penso que nós fizemos vários novos pontos de vista. [...] Temo que nossas visões encontrem grande oposição na Alemanha, mas nós estivemos trabalhando duro por alguns anos neste assunto (trecho de uma carta para Victor Carus em 17 de Julho de 1879; veja DARWIN, 1887, tradução nossa).

De acordo com as análises históricas conduzidas por De Charadevian (1996), Kutschera e Briggs (2009), a hipótese de Darwin sobre “a ponta da raiz” (ou “raiz-cérebro”) foi o que provocou a feroz oposição de Sachs e de outros botânicos. O

⁶ Trata-se de Gilmour (1944) em seu livro *British Botanists*, veja De Charadevian, 1996.

naturalista britânico havia documentado que a região sensível à gravidade, bem como a outros estímulos, era a extremidade da raiz que, através da transmissão de um sinal, fazia com que a parte adjacente da radícula se curvasse em direção ao centro da Terra. Para descrever suas observações, Darwin utilizou uma analogia que, por sua vez, tornou seus resultados ainda mais polêmicos. Ele afirmava que:

a ponta da radícula [...] tem o poder de dirigir os movimentos das partes adjacentes, atuando como o cérebro dos animais inferiores, situado dentro da extremidade anterior do corpo; recebendo impressões dos órgãos dos sentidos, e dirigindo os vários movimentos (DARWIN, 1880, p. 573, tradução nossa).

Dessa forma, embora Sachs reconhecesse o princípio de descendência com modificação de Darwin (1859), o renomado fisiologista vegetal do século XIX julgou o trabalho com desprezo, como verificamos no trecho que se segue:

Em tais experiências com raízes não só é necessário um grande cuidado, mas também a experiência de anos e amplo conhecimento de fisiologia vegetal, para evitar cair em erros, como fez Charles Darwin e seu filho Francis, que, com base em experimentos que foram feitos desajeitadamente e mal explicados, chegaram à conclusão, tão maravilhosa quanto sensacional, que o ponto de crescimento da raiz, como o cérebro de um animal, domina os vários movimentos na raiz (SACHS 1882, p. 843 *apud* DE CHARADEVIAN, 1996, tradução nossa).

Em adição, uma avaliação crítica da controvérsia entre Darwin e Sachs publicada por um importante historiador aponta um segundo motivo para o estabelecimento da controvérsia:

O fato é que Sachs ficou um pouco chocado com o que lhe pareciam métodos amadores dos Darwin. Ele estava acostumado com um aparato mais elaborado, como o clinostato e métodos físicos e químicos precisos, e ele teve alguma desconfiança profissional dos experimentos de estufa (MORTON, 1982, p. 444 *apud* KUTSCHERA; BRIGGS, 2009, p.790, tradução nossa).

O estudo de De Charadevian (*ibidem*), sobre os argumentos com os quais Sachs desqualificou o trabalho dos Darwin, reitera a hipótese de que esse ataque foi motivado pelas concepções do primeiro sobre a forma correta de se fazer experimentos botânicos. Como destaca a autora, é importante conhecer o contexto de trabalho de cada um desses cientistas para entender as motivações dessa controvérsia.

De acordo com relatos históricos, Darwin conduziu os experimentos botânicos no escritório de sua casa (Figura 3) em Kent (veja KUTSCHERA; BRIGGS, 2009; DE CHARADEVIAN, 1996; RICHARDS, 1909). As plantas para sua investigação eram cultivadas na estufa de seu jardim e, à medida que ele solicitava, alguns amigos forneciam plantas adicionais para seus experimentos. Ele mantinha uma grande rede de correspondência com cientistas britânicos e estrangeiros, lhes informava sobre as

investigações em curso, solicitava material ou informações, e também sugeria questões de pesquisa. Francis, seu terceiro filho, foi seu secretário e assistente nos experimentos botânicos. Ele havia se formado em Cambridge, em Ciências Naturais, e os anos passados em Kent foram interrompidos apenas por breves períodos, quando visitou o laboratório de Sachs nos anos de 1878 e 1879.



Figura 3 - Ilustração que representa o escritório de Darwin em *Down House*. Note a representação de experimentos com plantas sobre a mesa em primeiro plano

Fonte: <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=A205&viewtype=image&pageseq=1>. Acesso em 03 fev. 2015.

Por sua vez, Sachs recebeu, em 1857, sua qualificação em fisiologia vegetal, uma disciplina que não existia como um assunto independente em Praga, onde se formou, ou em qualquer outra universidade antes de sua habilitação. Posteriormente, ele se mudou para Würzburg, em 1868, como professor de botânica, posição que ocupou até a sua morte, em 1897 (veja Figura 3). Ainda de acordo com os historiadores (*op. cit.*), as investigações de Sachs cobriram quase todos os ramos da fisiologia vegetal, indo da anatomia e morfologia até as questões sobre a nutrição, fotossíntese e crescimento vegetal. Com a publicação do livro *Lehrbuch der Botanik* (1868), Sachs alcançou reputação internacional e, durante vários anos, seu laboratório tornou-se uma referência mundial para todos aqueles interessados no campo de pesquisa por ele inaugurado.

À conduta de Sachs, que buscava definir os limites entre práticas amadoras e científicas quando do estabelecimento da controvérsia, devemos acrescentar alguns aspectos anteriores ao debate. De acordo com De Charadevian (1996), Darwin não foi o primeiro a postular um papel para a ponta da raiz na reação geotrópica. Ele repetiu, confirmou e ampliou os experimentos que o botânico polonês Theodor Ciesilski (1846-

1916) havia descrito em sua dissertação, publicada dez anos antes. Nesta época, Sachs também tentou repetir os experimentos de Ciesilski. Como não obteve sucesso, ele dedicou pouca atenção ao trabalho do polonês que, por sua vez, não mais se dedicou ao problema. Com isso, até a divulgação dos resultados dos experimentos de Darwin, a autoridade de Sachs havia prevalecido (veja Figura 4).

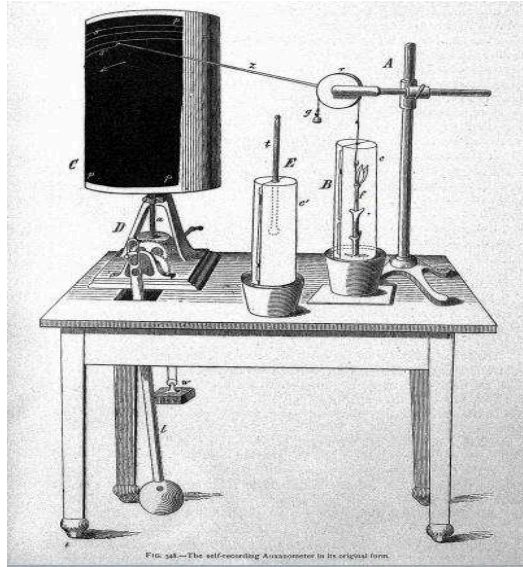


Figura 4 - Ilustração de um auxanômetro, um dos equipamentos de que Julius von Sachs dispunha em seu laboratório.

Fonte: Sachs (1887). Disponível em: <http://wellcomeimages.org/indexplus/image/L0022965.html>. Acesso em: 03 fev. 2015.

Para De Charadevian (*ibidem*), Sachs julgou os experimentos de Darwin como despropositados, na medida em que tratavam de um ponto que ele já havia refutado. Porém, é interessante notar que, mesmo não aceitando os resultados obtidos por Ciesielski, Sachs elogiou sua dissertação e a classificou como um excelente trabalho. Já o julgamento sobre o trabalho de Darwin, como apresentado, foi muito diferente. O tratamento desigual dedicado aos dois cientistas que, a princípio, defendiam a mesma hipótese não pode ser explicado por um mero desacordo teórico. De fato, os estudiosos dessa controvérsia (*op. cit.*) concordam que as diferentes concepções teóricas não foram os principais argumentos que Sachs usou contra Darwin. Aos olhos de Sachs, os Darwin não tinham cuidado suficiente com os materiais biológicos, conhecimento adequado das questões fisiológicas das plantas, ou mesmo experiência e habilidade para fazer experimentos botânicos.

Reinterpretando a controvérsia sob o ponto de vista de Latour

Em situações de controvérsias como esta, lançar dúvidas sobre a habilidade experimental do adversário e, conseqüentemente, sobre a confiabilidade de seus achados é uma estratégia retórica comumente utilizada para a defesa dos próprios resultados. Latour alerta que:

Embora seja prático incorporar referências que possam ajudar a fortalecer uma posição, também é necessário atacar as referências que possam opor-se explicitamente às suas teses (LATOURE, 2000, p.63).

De acordo com Kutschera e Briggs (2009), foi justamente na época da controvérsia entre Darwin e Sachs que a referência aos trabalhos pertinentes, que poderiam dar suporte às alegações defendidas, tornou-se parte dos padrões para as publicações científicas. Para Latour (2000), reportar-se a textos anteriores é uma tática essencial porque é através dela que o autor conclama outros pesquisadores para corroborar com seus resultados e conclusões. Além disso, a presença dessas referências exige um trabalho muito maior daqueles que pretendem discordar das alegações, pois

[...] o discordante terá de enfraquecer cada um dos outros textos, ou pelo menos será possível exigir isso dele, ao passo que, ao atacar um texto despido de referências, o leitor e o autor estão em pé de igualdade, face a face. Nesse aspecto, a diferença entre literatura técnica e não técnica não está em uma delas tratar de fatos e a outra, de ficção, mas está em que a última arregimenta poucos recursos e a primeira muitos, incluindo os distantes no tempo e no espaço (LATOURE, 2000, p. 59).

O livro de Darwin correspondia a esses padrões e ele não hesitou em citar Sachs e sugerir que este havia falhado na tentativa de repetir os experimentos de Ciesielski. Segundo ele, era provável que o fisiologista alemão tenha amputado involuntariamente as radículas e, para apoiar o seu argumento, citou o fato de que as radículas, quando amputadas obliquamente ou cauterizadas, crescem distorcidas (DARWIN, 1880, p. 533). No entanto, sabendo que não dispunha do apoio da maioria dos botânicos e das limitações imposta pela idade avançada, Darwin soube ser modesto e admitiu não ter energias para prosseguir com o debate.

Em oposição, Sachs pretendia criticar a prática científica de Darwin como um todo e estabelecer padrões rígidos para os experimentos científicos na botânica. Como propõe Latour (2000), evidências como essas indicam que o botânico alemão buscava o reconhecimento da Fisiologia Vegetal como uma nova área de estudos dentro da universidade. Identificamos, inclusive, algumas das etapas de profissionalização científica definidas por Latour (2000), tais como: a tentativa de eliminar os amadores; o

estabelecimento de normas de conduta entre os pares; e a imposição de normas rígidas para a formação de novos cientistas.

Os registros históricos dessa controvérsia (BALUŠKA et al., 2009) nos permitem afirmar que o conhecimento teórico não era a força propulsora desse embate. Com muita destreza, Sachs defendeu que o critério de distinção entre ciência profissional e amadora era o tipo de habilidade experimental incorporada ao ambiente institucional, no caso, o laboratório. Evidentemente, estas habilidades não estavam ao alcance de todos e apenas aqueles cientistas que atuavam em laboratórios altamente especializados as detinham.

Além disso, como apresenta De Charadevian (*ibidem*), Sachs foi um dos primeiros a receber uma qualificação em Fisiologia Vegetal e era altamente seletivo, controlando a admissão das pessoas que frequentavam seu moderno e equipado laboratório. Enquanto ainda mantinham boas relações, Francis Darwin foi, inclusive, um dos cientistas recebidos por Sachs. Após o lançamento do livro dos Darwin, e considerando a visita de Francis, Sachs escreveu:

Conhecer as pessoas pessoalmente, muitas vezes, tem o seu lado bom. A primeira vez que tomei conhecimento da total miséria das atividades de Darwin foi quando Francis Darwin estudou aqui em 1878 e 79; eu tive a oportunidade de olhar por trás das cenas e quando o trabalho miserável ‘sobre os movimentos’ apareceu, eu percebi que nós estávamos lidando com patifes literários (GLIMMER, 1988 *apud* DE CHARADEVIAN, 1996, tradução nossa).

Indiscutivelmente, “trabalho miserável” ou “patifes literários” não são termos comumente encontrados em correspondências científicas. A esse respeito, Latour (2000) nos diz que “quando uma disputa oral fica acalorada demais, os discordantes, pressionados logo farão alusão ao que outras pessoas escreveram ou disseram” (p.55). Em busca de um controle sutil de seus opositores, Sachs foi muito além da transformação da literatura disponível a seu favor. Ele combinou modalidades negativas, abalando a confiabilidade do trabalho dos Darwin. Além disso, de suas palavras emerge uma crítica feroz a esses pesquisadores, que não dispunham de um laboratório moderno e equipado, mas que ainda assim ameaçavam as suas alegações e a sua consolidação como fisiologista vegetal frente à comunidade acadêmica e a sociedade em geral, garantindo que seu nome fosse imediatamente associado a esse objeto de pesquisa.

De acordo com Latour (2000), uma das evidências do sucesso obtido pelo “construtor de fatos” que alista os atores humanos e não-humanos a favor de sua

pesquisa é tornar-se indispensável, ou seja, um *ponto de passagem obrigatório* para todos aqueles que quiserem promover seus próprios interesses. É possível notar que os cientistas envolvidos nessa controvérsia alcançaram sucesso, cada um a sua maneira. Na época, Darwin já era um cientista famoso internacionalmente devido à publicação do livro “A origem das espécies” (1859). Por sua vez, Sachs manteve a controvérsia acalorada, publicando novos livros e artigos, dando suporte as suas assertivas e enfraquecendo os achados de Darwin frente aos outros botânicos. Assim, durante alguns anos, ele conseguiu desacreditar o trabalho “amador” dos Darwin e definir as normas de conduta na área baseadas nos procedimentos adotados em seu sofisticado laboratório.

Além de tornar as suas alegações um ponto de passagem obrigatório para todos aqueles interessados em Fisiologia Vegetal, em acordo com a translação cinco (LATOURET, 2000), Sachs precisava manter o conjunto de cientistas interessados na disseminação dessas alegações através do tempo e do espaço. De forma geral, a figura 5 abaixo sintetiza algumas das translações de interesse que estão por trás da construção e do fortalecimento da autoridade desse cientista. Podemos identificar que extensas redes e inúmeros actantes são mobilizados em translações que desviam o interesse para o seu laboratório e para as suas conclusões.

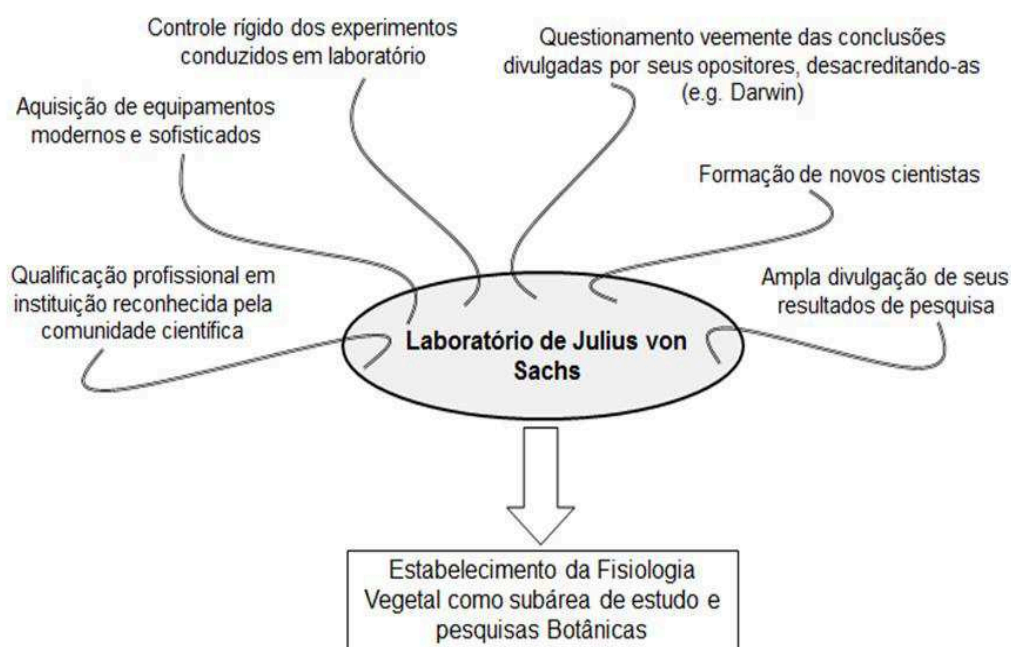


Figura 5 - Representação esquemática das translações de interesse conduzidas por Julius von Sachs no estabelecimento da Fisiologia Vegetal como nova área de estudos

Fonte: os autores

Apesar de não questionar a competência de Sachs no campo da fisiologia vegetal, e de alertar os possíveis leitores de seu livro a respeito da discordância dos seus resultados em relação aos de Sachs, Darwin continuou sendo alvo de duras críticas. De Charadevian (*ibidem*) acrescenta que apoiadores de Sachs como Julius Ritter von Wiesner (1838-1916), professor de Fisiologia Vegetal em Viena, discordaram de todos os seus resultados, e o naturalista britânico escreveu-lhe uma carta em que tentou defender a sua posição. No entanto, ele prefaciou a resposta com a seguinte observação:

Minha opinião, no entanto, sobre os pontos acima e muitos outros, significa muito pouco, pois eu não tenho nenhuma dúvida de que seu livro vai convencer a maioria dos botânicos de que estou errado em todos os pontos em que diferimos (Trecho de uma carta de Darwin para Wisner em 25 de outubro de 1881; veja DARWIN, 1887, p. 337, tradução nossa).

Reconhecendo o poder e a autoridade do ataque a ele dirigido pelos pesquisadores estrangeiros, Darwin teria se preparado para defender os seus resultados contra Wiesner e Sachs, se não fosse por sua idade já avançada. Ao concluir sua carta, ele escreveu:

Eu gostaria de ter força suficiente e espírito para iniciar um novo conjunto de experimentos, e publicar os resultados com uma retratação completa de meus erros quando convencido deles; mas eu estou muito velho para este tipo de empreendimento, nem eu suponho que eu seja capaz de fazer muito, ou algo mais de trabalho original (Trecho de uma carta de Darwin para Wisner em 25 de outubro de 1881; veja DARWIN, 1887, p. 338).

Assim, o debate entre Sachs e Darwin, embora lidando com uma questão fisiológica muito específica, retrata um exemplo da institucionalização da prática científica durante as últimas décadas do século XIX. O desenvolvimento da Fisiologia Vegetal como uma disciplina independente foi, principalmente, um mérito de Sachs. As novas normas do trabalho científico, por ele introduzidas e firmemente defendidas foram essenciais nesse processo, bem como as estratégias retóricas utilizadas nas publicações para desqualificar quaisquer objeções aos seus estudos.

Apesar dessa questão não ser tão abrangente quanto os estudos sobre evolução e o mecanismo de seleção natural, os experimentos de Darwin foram repetidos, com resultados positivos, de modo que Wilhelm Pfeffer (1842-1920) e diversos outros cientistas reconheceram o trabalho fisiológico dos Darwin. Para acompanhar o desenrolar desses experimentos, que demonstram que a ponta da radícula reage a uma variedade de estímulos (como toque, gravidade e luz), veja os seguintes trabalhos e revisões: Barlow (2002); Baluska et al. (2009); Holland, Roberts e Liscum (2009); Kutschera e Briggs (2009).

Com isso, a máxima de Latour, segundo a qual “o status de uma afirmação depende das afirmações ulteriores” (LATOURE, 2000, p. 50) é constatada pelas investigações que se seguiram aos trabalhos de Darwin e Sachs. Progressivamente, os sucessores de ambos os cientistas continuaram a expandir as infinitas malhas das redes sociotécnicas, unindo o seu destino ao de outros grupos mais conceituados e dando suporte para a construção de novos fatos.

Discussão

A relevância da controvérsia aqui apresentada baseia-se nas contribuições tanto de Julius von Sachs quanto de Charles Darwin para o desenvolvimento das Ciências Biológicas. Muito mais do que uma controvérsia entre cientistas, as diferenças entre eles falam sobre as tradições nacionais e institucionais que representam, bem como sobre as concepções de cada um sobre o que é ser cientista e sobre como se faz Ciência. Sachs redefiniu os padrões do trabalho científico, transformando o laboratório em um lugar privilegiado para o acesso a "natureza". Este foi um importante passo para instituir a Fisiologia Vegetal como disciplina independente no sistema acadêmico alemão e, posteriormente, de todo o mundo. Por sua vez, diante da feroz controvérsia, a avaliação sobre o *status* do controle metodológico dos Darwin pode ser questionada, já que estudos posteriores confirmaram e complementaram muitos dos resultados por eles obtidos.

À luz das ideias de Bruno Latour, as sutilezas da “ciência em construção” são postas em primeiro plano, constituindo um recurso para a educação em ciências que pode contribuir para a formação de visões mais adequadas a respeito de como as pessoas se tornam cientistas e sobre como desempenham esse trabalho. Sugerimos a inclusão dos trabalhos de Latour nessas discussões, principalmente em cursos de formação inicial ou continuada de professores. Afinal, como destacam Gil Pérez e colaboradores (2001), quando se trata de identificar as visões sobre a natureza da ciência, o trabalho colaborativo de grupos de docentes é bem mais produtivo do que o trabalho individual. Desse modo, o estudo da controvérsia aqui apresentada pode servir como uma ferramenta heurística nos processos de ensino e aprendizagem de ciências e biologia, bem como para a constituição de grupos colaborativos que procuram construir estratégias de ensino, pois possibilita evidenciar as múltiplas associações entre os elementos sociais, econômicos, políticos, e éticos que permitem nos distanciar de uma noção essencialista da ciência e romper com as fronteiras disciplinares tradicionais.

Nós nos alhamos aos trabalhos que investigam episódios históricos de controvérsias científicas como oportunidades de aprender que os desacordos são parte natural do desenvolvimento científico (veja BALTAS, 2000; RAMOS; SILVA, 2007; LIMA, 2014). Portanto, de forma semelhante a Lima (2014), que investigou o uso de controvérsias científicas para a compreensão da natureza da ciência, nós ressaltamos as possibilidades desses episódios para apresentar o conhecimento científico como um processo em contínua transformação. Considerar informações relevantes sobre a vida dos cientistas, por exemplo, é convidativo ao estudo, pois elas envolvem aspectos culturais, teorias alternativas e localizam essas pessoas no tempo e no espaço.

Latour nos apresenta uma ciência viva, pulsante. No livro *A esperança de pandora: Ensaio sobre a realidade dos fatos científicos* (LATOURE, 2001), o autor compara as ciências ao sistema circulatório enfatizando que a concepção da ciência divorciada do resto da sociedade é “tão absurda quanto a ideia de um sistema arterial desconectado do sistema venoso” (LATOURE, 2001, p. 97). Assim, os trabalhos desse autor despertam nosso interesse porque destacam a dimensão social do trabalho científico, bem como o papel essencial do pensamento divergente para a construção coletiva do conhecimento.

Esse trabalho nos permitiu dissecar uma parte desse sistema, trazendo algumas facetas da construção social da ciência no que tange à profissionalização dos cientistas, produção de conhecimentos e divulgação dos mesmos. Há muito que avançar nesse percurso, pois os aportes teórico-metodológicos de Latour têm o potencial de enriquecer os instrumentos de investigação da construção social dos fatos científicos e das pesquisas em educação em ciências.

O exemplo de controvérsia aqui apresentado pode ser considerado como inspiração para a elaboração de sequências didáticas fundamentadas nas ferramentas metodológicas da Teoria Ator-Rede. Nossa intuição é a de que essas sequências disponibilizariam a alunos e professores em formação uma compreensão das provas de força envolvidas na mobilização de diferentes actantes que participam da coprodução da ciência e da sociedade e para a estabilização de fatos científicos.

Considerações finais

O que foi enunciado no presente ensaio deve ser considerado como um convite para a introdução dos *Science Studies* no cenário da educação científica no Brasil. Por

meio do estudo de uma controvérsia, à luz do referencial latouriano, nos propusemos a apresentar um modo de análise e um vocabulário que permitem o contato com a ciência em construção, aproximando os processos educacionais da ciência real. Nesse sentido, muito há ainda que ser feito para que essa abordagem seja introduzida em sala de aula. Um passo importante é a divulgação do referencial latouriano nos cursos de formação de professores. Mais ainda, espera-se que o estudo aqui apresentado inspire a construção de novos exemplos que possam ser levados para a sala de aula.

Do ponto de vista do estudo aqui realizado, chama atenção a necessidade de uma reconfiguração dos processos de ensino-aprendizagem. Claramente, percebemos a crítica a uma concepção de ensino baseado na apresentação e memorização de conceitos, leis e teorias. Tal abordagem jamais permitirá ao aluno vislumbrar a ciência real e, conseqüentemente, atingir algum nível de entendimento sobre a natureza da ciência. Outro ponto importante diz respeito à forma de tratamento de controvérsias científicas. O que o exemplo estudado mostra que as controvérsias vão muito além da falta de acordo sobre determinados fenômenos, modo de ler os dados ou falha do conhecimento do opositor. O que Latour está a nos dizer é que devemos levar em consideração os interesses pessoais e nacionais, a capacidade do cientista de angariar fundos e recrutar aliados, a retórica que permite a alguém se tornar um ponto de passagem obrigatório na constituição de determinado campo, a habilidade em manusear instrumentos e experimentos e outros tantos fatores que muitas vezes não imaginamos fazer parte dos processos de construção do conhecimento. Como vimos, até mesmo o recurso de colocar em dúvida a idoneidade do opositor – um fator completamente extralógico – é mobilizado nos momentos de controvérsia. Portanto, temos também a possibilidade de estudos referentes aos valores éticos e à ética das ciências.

Finalmente, precisamos considerar os processos avaliativos para uma abordagem como a que sugerimos aqui. Dificilmente, a aprendizagem de estudos mais profundos de controvérsias científicas pode ser mensurada por provas e testes padrões de retenção de conceitos, leis e teorias. Se o que se almeja é a compreensão da natureza da ciência, um esforço maior deve ser realizado no sentido de construirmos avaliações que permitam a argumentação, a articulação entre áreas do conhecimento, a descrição de habilidades necessárias para a produção de determinados conhecimentos, o entendimento de políticas de financiamentos, a divisão de trabalho dentro de laboratórios e uma série de outros componentes que fazem da ciência o que ela é.

Agradecimentos: Coutinho é grato ao CNPq pelo apoio financeiro e pela bolsa de produtividade em pesquisa. Igualmente é grato e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

Referências

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, v.22, n.7, p. 665-701, 2000.

ALLAIN, L.R.; COUTINHO, F.A.; SILVA, F.A.R. Translações de interesse: impactos da regulamentação profissional brasileira para biólogos na identidade de professores de Biologia. In: IX CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, Espanha, Girona: 2013.

BALTAS, A. Classifying Scientific Controversies. In: MACHAMER, P.; PERA, M.; BALTAS, A. (Eds.). *Scientific Controversies: Philosophical and Historical Perspectives*. New York: Oxford University Press, p. 40-49, 2000.

BALUSKA, F; MANCUSO, S.; VOLKMANN, D., BARLOW, P.W. The 'root-brain' hypothesis of Charles and Francis Darwin. Revival after more than 125 years. *Plant Signaling & Behavior*, v. 12, n. 4, p.1121-1127, 2009.

BARLOW P.W. The root cap: cell dynamics, cell differentiation and cap function. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 21, n.4, p. 261–286, 2002.

BRANQUINHO, F.T.B. Etnografia do saber científico e o entendimento de Latour sobre a sociedade. In: BRANQUINHO, F.T.B.; NOGUEIRA, M.A.L. (Org.), *Dramaturgias dos Saberes: sobre trajetórias entre natureza-cultura e sujeito-objeto*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2012, p.121-152.

CALLON, M.; LAW, J. After the individual in society: lessons on collectivity from science, technology and society. *Canadian Journal of Sociology*, v. 22, p. 82-165, 1997.

DARWIN, C. *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray, 1859. Disponível em: http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1859_Origin_F373.pdf. Último acesso em: 02 mar. 2015.

DARWIN, C. *The Power of Movement in Plants*. John Murray, Londres, 1880. Disponível em: http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1880_Movement_F1325.pdf. Último acesso em: 02 mar. 2015.

DARWIN, C. *Life and Letters of Charles Darwin* (ed. Francis Darwin). Volume II, 1887. Disponível em: <http://charles-darwin.classic-literature.co.uk/the-life-and-letters-of-charles-darwin-volume-ii/>. Último acesso em: 02 mar. 2015.

DE CHARADEVIAN, S. Laboratory science versus country-house experiments. The controversy between Julius von Sachs and Charles Darwin. *British Journal of the History of Science*, v. 29, p. 17-41, 1996.

FARIA, E.S. *Cartografia de controvérsias: conexões entre a educação científica formal e a tentativa de instalação do Projeto Apolo na Serra do Gandarela*. Dissertação de mestrado em Conhecimento e Inclusão Social em Educação – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

GILMOUR, J. *British Botanists*. London: Collins, 1944.

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.

GIMMLER, H. *Materialien zur Bibliographie und Biographie von Julius Sachs: 1832 – 1897*. Julius-von-Sachs-Inst. für Biowiss: Univ. Würzburg, 1988.

HOLLAND, J.J.; ROBERTS, D., LISCUM, E. Understanding phototropism: from Darwin to today. *Journal of Experimental Botany*, v. 60, n. 7, p. 1969–1978, 2009.

KHISHFE, R., ABD-EL-KHALICK, F. The influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v.39, n.7, p. 551-578, 2002.

KUTSCHERA, U, BRIGGS, W.R. From Charles Darwin's botanical country-house studies to modern plant biology. *Plant Biology*, v. 11, p. 785-795, 2009.

LATOUR, B. *Jamais fomos modernos: ensaio de antropologia simétrica*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1994.

LATOUR, B. On actor-network theory. A few clarifications plus more than a few complications. *Soziale Welt*, v. 47, n.4, p.47-64, 1996.

LATOUR, B. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

LATOUR, B. *A esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos*. Bauru: EDUSC, 2001.

LATOUR, B. *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford: Oxford UP, 2005.

LAW, J. *Notes on the Theory of the Actor Network: Ordering, Strategy, and Heterogeneity*. Disponível em: <<http://heterogeneities.net/publications/Law2007ANTandMaterialSemiotics.pdf>>. Último acesso em: 02 mar. 2015.

LEDERMAN, N. G. Nature of Science: Past, Present, and Future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.) *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Publishers, 2007. p. 831-880.

LIMA, I. P.C. *O uso de controvérsias científicas no Ensino de Física: O caso do Princípio de Ação Mínima*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Ciências*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MORTON, A.G. *History of Botanical Science. An account of the Development of Botany from Ancient Times to the Present Day*. Academic Press, Londres, 1981.

OLIVEIRA, M.A. O laboratório didático de química: uma micronarrativa etnográfica pela ótica do conceito de articulação. *Ciência & Educação*, v. 14, n.1, p. 101-114, 2008.

PORTER, R. *The Making of Geology: Earth Science in Britain 1660-1815*. Cambridge: University Press, 1977.

PORTER, R. Charles Lyell: The public and private faces of science. *Janus*, v. LXIX, p.29-50, 1982.

RAMOS, M. B., SILVA, H. C. Para pensar as controvérsias científicas em aulas de Ciências. *Ciência & Ensino*, v. 1, número especial, 2007.

RICHARD, V., BADER, B. Re-presenting the social construction of science in light of the propositions of Bruno Latour: For a renewal of the school conception of science in secondary schools. *Science Education*, v. 94, n.4, p. 743-759, 2010.

RICHARDS, H.M. Darwin's work on movement in plants. *The American Naturalist*, v. 43, n. 507, 1909.

ROTH, W.M., MCGINN, M.K. Knowing, researching, and reporting science education: lessons from science and technology Studies. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 2, p. 213-235, 1998.

SACHS, J. *Lehrbuch der Botanik*. Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1868.

SACHS, J. *Lectures on the Physiology of Plants*. Oxford: Oxford University Press, 1887.

WORTMANN, M.L.C. A realidade será, por acaso, alguma coisa em que devemos acreditar? Bruno Latour dá notícias das trincheiras das guerras da ciência. *Episteme*, n. 14, p. 175-179, 2002.

ZANON, D.A.V.; ALMEIDA, M.J.P.M.; QUEIROZ, S.L. Contribuições da leitura de um texto de Bruno Latour e Steve Woolgar para a formação de estudantes em um curso superior de Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n.1, p. 56-69, 2007. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART4_Vol6_N1.pdf>. Último acesso em: 02 mar. 2015.

VANESSA CAPPELLE. É licenciada em Ciências Biológicas e mestre em Educação (Educação em Ciências) pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente cursa o doutorado no Programa de Pós-Graduação Conhecimento e Inclusão Social em Educação, área de concentração Educação em Ciências, na referida instituição.

FRANCISCO ÂNGELO COUTINHO. É graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais, mestre em Filosofia pela Universidade Federal de Minas Gerais, com ênfase em Lógica e Filosofia da Ciência, e doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. É professor da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, onde atua na graduação e na Pós-graduação em Educação. É Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2 - Comitê ED – Educação.

Recebido: 07 de março de 2015

Revisado: 17 de agosto de 2015

Aceito: 02 de outubro de 2015