

*Ensino carregado de teoria:
uma experiência inspiradora junto ao Grupo
“Epistemologia, História e Didática
das Ciências Naturais”*

*Teaching theoretically charged:
a stimulating experience with the “Epistemology, History
and Didactics of Natural Sciences” Group*

*Enseñanza cargada de teoría:
una inspiradora experiencia con el Grupo “Epistemología,
Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales”*

Dante Flávio da Costa Reis Júnior
Universidade de Brasília
dantereis@unb.br

Resumo

Neste texto, documentamos uma experiência recente de testemunho das atividades de um grupo de pesquisa (liderado pelo Prof. Dr. Agustín Adúriz-Bravo) empenhado em conceber, discutir e aplicar modos de aprimoramento do ensino de ciências. Chama a atenção seu especial compromisso com questões ligadas à Filosofia da Ciência – fato que faz emergir no seio do grupo o interesse pela capacitação epistemológica de atuais e futuros mestres. No artigo apresentamos as características gerais do grupo, destacando a natureza da produção intelectual de seu mentor, Adúriz-Bravo. Ademais, ressaltamos valor e mérito dos estudos – predicados que, a nosso juízo, poderiam ser inspiradores de uma nova perspectiva para as pesquisas em Ensino de Geografia.

Palavras-chave: Ensino e Epistemologia; Grupo “GEHyD”; Unidades Didáticas.

Abstract

In this paper, we report a recent witness experience of the activities of a research group (led by Prof. Dr. Agustín Aduriz-Bravo), engaged in designing, discuss and apply enhancement modes of science education. Draws attention their special commitment to Philosophy of Science issues – a fact that expresses an interest

in epistemological training of current and future teachers. The paper presents the general characteristics of the group, highlighting the nature of the intellectual production of his mentor, Adúriz-Bravo. Furthermore, we emphasize value and merit of these studies – qualities that, in our opinion, could inspiring a new perspective for Geography Teaching research.

Keywords: Teaching and Epistemology; “GEHyD” Group; Didactical Units.

Resumen

En este trabajo, se presenta una experiencia reciente de testimonio de las actividades de de un grupo de investigación (dirigido por el Prof. Dr. Agustín Adúriz-Bravo) dedicado a diseñar, reflexionar y aplicar modos de perfeccionamiento de la educación científica. Llama la atención su especial compromiso con los temas de la Filosofía de la Ciencia – hecho que expresa un interés en la formación epistemológica de los actuales y futuros profesores. El artículo presenta las características generales del grupo, destacando la naturaleza de la producción intelectual de su mentor, Adúriz-Bravo. Además, resalta valor y mérito de estos estudios – virtudes que, en nuestra opinión, podrían inspirar a una nueva perspectiva para la investigación en Enseñanza de la Geografía.

Palavras-chave: Enseñanza y Epistemología; Grupo “GEHyD”; Unidades Didácticas.

Introdução

Entre os meses de Agosto e Novembro de 2014, desfrutando de uma Licença Sabática, realizamos Estágio de Capacitação no “*Centro de Formación y Investigación en Enseñanza de las Ciencias*”, lotado na Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, da Universidade de Buenos Aires. Criado há cerca de vinte anos, o “CeFIEC” hoje é chefiado por quem, no início, o frequentava como aluno de pós-graduação: o Professor Agustín Adúriz-Bravo; um físico de formação. Outros pesquisadores, muitos dos quais de gerações anteriores a dele, também desenvolvem ali seus estudos e orientações. Lydia Galagovsky, na área de Ensino de Química; Elsa Meinardi, na de Ensino de Ciências da Vida e Saúde; Leonor Bonan, na de Didática Interdisciplinar de Ciências da Terra; Jean-Philippe Drouhard, na área de Matemática.

Adúriz-Bravo ganhou holofotes na cena dos *Science Teaching Studies* após seu doutoramento em Barcelona – quando, sob direção da reconhecida Professora Mercè Izquierdo-Aymerich, desenvolveu uma Tese que versou precisamente sobre a inserção da Epistemologia na formação do professorado em ciências. Daí em diante, o pesquisador argentino tornou-se habituê em congressos internacionais e periódicos de prestígio consagrados ao tema. Adúriz-Bravo é consultor da prestigiosa revista *Science & Education*; e assíduo participante e colaborador dos meetings bienais do famoso *International History, Philosophy and Science Teaching Group* (IHPST), recentemente ocorrido na cidade do Rio de Janeiro ... o que, de certo modo, faz dele uma espécie de personificação (ibero-americana) daquelas preocupações temáticas que já há algum tempo vem caracterizando a produção de intelectuais tais como Michael Matthews – notabilizado por seus feitos em *Philosophy of Science and Education*.

Nossa opção por uma estada de aperfeiçoamento junto a um grupo cujo âmbito de investigação é notadamente as ciências naturais teve duas razões de ser. Além de desejarmos conhecer de perto os empreendimentos locais em "*Didáctica de la Ciencia*", tendo sabido que a preocupação central dos pesquisadores é a de estudar o universo do ensino através da leitura que este pode receber pela lente da Filosofia da Ciência (motivação 1), queríamos descobrir que aspectos "generalistas" poderiam ser trasladados, sem maior inconveniente, também para o ensino de Geografia (motivação 2). Em outras palavras, a despeito do fato de que as investigações empreendidas por Adúriz-Bravo e sua equipe dirigem precisa atenção ao ensino de disciplinas que, por sua identidade, acabam lidando com temas a ver com "matéria", "movimento" e "emergências" (uma identidade, portanto, aparentemente distinta do campo das chamadas ciências sociais), tivemos a franca intenção de verificar abordagens "inspiradoras"; logo, passíveis de replicação e constituindo pontes de tráfego com o ensino de Geografia. Duas hipóteses subjaziam esse nosso "trabalho de campo": 1ª) sendo mais uma ciência "de interface" que propriamente social, a Geografia não tem por que oferecer resistência a quaisquer procedimentos científicos; e 2ª) estando normalmente restritos a um círculo de debates autocentrados, os pesquisadores brasileiros em Ensino de Geografia podem ganhar se ultrapassarem esse território eminentemente indígena ... captando insights úteis a uma reoxigenação metodológica.

Ali, constituindo o "Grupo de Epistemologia, História e Didática das Ciências Naturais" (GEHyD), encontramos, sob a orientação de Adúriz-Bravo, jovens pesquisadores que desenvolvem suas Teses de Doutorado e tomam parte ativa em reuniões periódicas. Dentre as modalidades de ação investigativa orientadas pelo pesquisador argentino estão, p.ex., a avaliação de manuais didáticos com o propósito de radiografar o modo como elementos de teoria do conhecimento científico (direta ou indiretamente) aparecem nestes materiais, e a análise da argumentação empregada (consciente ou inconscientemente) pelos professores escolares. Nas reuniões, os participantes, além de compartilharem informações sobre literatura recém editada e encontros científicos de realização próxima, costumam apresentar textos autorais em processo de feitura (normalmente para submissão a periódicos ou congressos).

Agustín Adúriz-Bravo iniciou seus estudos universitários na década de 1990. Licenciou-se em Física em 1996, mas já no ano de 1994 daria início a sua, daí em diante, contínua trajetória em investigações sobre aprendizagem de ciência e história do ensino de ciência (mais especificamente mirando intersecções da Física e da Química). Em virtude de sua formação primeira, a reflexão sobre ensino de ciências fez-lhe dirigir automática atenção para o caso "Física" – disciplina da qual passaria a extrair exemplos de episódios e conteúdos; ambos úteis aos seus projetos de intervenção didática.

A bem dizer, nosso interesse pessoal em estreitar contato com o círculo acadêmico argentino já se explica muito pela incontestável tradição do país em investigações filosóficas sobre a ciência. É que no espaço ibero-americano, a Argentina é um país de reconhecidos préstimos ao pensamento e à literatura epistemológicos. O país platino é, por isso mesmo, um verdadeiro celeiro de nomes e autores; alguns dos quais, inclusive, ajudaram a exportar a insígnia da nação no tema, em virtude de suas trajetórias

internacionais: Mario Bunge, Gregorio Klimovsky (1922-2009), Eduardo Flichman (1932-2005), Juan Samaja (1941-2007), César Lorenzano.



Figura 1 – Cenas de reuniões do Grupo GEHyD
[fotos e composição de nossa autoria]

Do conteúdo científico à interpretação metacientífica

Adúriz-Bravo inscreve-se dentre aqueles que, interessados pelo tema da formação científica de mestres, tentam trazer à discussão questões de ordem filosófica ... sendo que com o preciso propósito de aperfeiçoar o ensino da ciência. No caso porém do pesquisador, integra um círculo ao qual já ficou claro que o enaltecimento do modelo construtivista em educação científica tornou-se abusivo; logo, sem o reconhecimento de sua limitações¹. Não seria o caso, é evidente, de impor modelos interpretativos, mas sim de, uma vez eleito (em consenso) o de mais adequada correspondência com o conteúdo a ensinar, evitar o relativismo pouco esclarecedor – relativismo para o qual toda e qualquer explicação do mundo possuiria igual valor e validade. Por essa razão, seria importante recuperar “versões temperadas” dos modelos clássicos (o realista e o racionalista, p.ex.), a fim de que a educação científica não reste parcial, nem perca solidez e qualidade. A fim de que ela – não raras vezes realizada por mediações mal desenhadas – não redunde

1. Por exemplo, a não distinção entre o processo de aprendizagem de conhecimentos já aceitos e o processo de produção de novos; e a incapacidade em fornecer parâmetros para a seleção do conteúdo a integrar o currículo, e o quão profundamente deve ser tratado (CARRETERO, 1996; OSBORNE, 1996).

em traduções errôneas; não correspondentes, enfim, aos saberes validados, por ora, pela comunidade científica (ADÚRIZ-BRAVO, 1999; ADÚRIZ-BRAVO; IZQUIERDO-AYMERICH, 2002; ADÚRIZ-BRAVO, 2004).

Por outro lado, trata-se de desvendar a “natureza da ciência” sem que se superenfatize a face racionalista da atividade. A ideia é dar um tratamento balanceado a ela; equilibrando essa sua inegável faceta com o atributo empiricista – o qual venha a falar, por sua vez, do lado experimental da atividade. Do mesmo modo, convém não desdenhar que a atividade científica tem aspectos linguísticos (exaltados, como se sabe, pela Filosofia da Ciência tradicional, de corte positivista lógico.); só que ela possui, igualmente, aspectos histórico-sociológicos que também devem, portanto, receber o devido relevo – apenas cuidando para não obscurecer a faceta internalista da ciência.

O pesquisador argentino notou a ausência de abordagens fazendo jus a essa diversidade que, por fim, é real e não excludente. Viu que cabia, então, ponderar de que maneira a Filosofia da Ciência (FC) poderia oferecer préstimos à “*enseñanza de la ciencia*”, promovendo uma alfabetização científica. Isso, para que os saberes não continuem sendo transmitidos como produtos acabados, em seus códigos de linguagem (às vezes soando herméticos). Essa “alfabetização” consistiria em apresentar/explorar os aspectos vários do conhecimento científico, que indicam justamente os fatores intervenientes (diretos ou indiretos) no engendramento daqueles saberes. A essa dinâmica “antecedente” os alunos, infelizmente, não estariam sendo apresentados.

E cedo pareceu a Adúriz-Bravo que o insight epistemológico poderia ser útil não só à transposição didática, mas inclusive para habilitar uma “reconstrução cognitiva” das ciências a serem ensinadas: refletir sobre a ciência poderia resultar em um ensino de ciência mais consistente. E combater o velho chavão que enxerga apartadas as ciências que aparecem na escola e na academia (*school science versus scientists’ science*) torna-se imperativo. A ciência “acadêmica”, preponderantemente praticada/discutida nos laboratórios e centros de pesquisa universitários, não precisar ser vista como decisiva para pensarmos a Didática da Ciência (DC). É que o aspecto “intervenção”, naturalmente inserido na educação científica, caracteriza também a ciência em sua identidade; uma identidade que seria, portanto, mais do que simplesmente teórica. Por isso, a DC seria, em grande medida, uma forma de conhecimento de cunho instrumental. Com ela oportuniza-se uma “transformação ativa” do mundo; posto que o indivíduo instruído, tendo se apropriado do funcionamento do mundo natural, capacita-se a operar essa transformação. Com a DC podemos produzir e manipular vários sistemas (naturais, artificiais) que figurem como objeto de ensino².

Modelos, representação ... e semanticismo

Adúriz-Bravo vem trabalhando com os chamados “modelos cognitivos”, uma vez que se aproximou voluntariamente das vertentes mais contemporâneas da FC. Estas novas epistemologias (“periféricas” em relação ao tronco analítico tradicional), guardam

2. Adúriz-Bravo se vale da noção de “*intervention*”, desenvolvida por Ian Hacking, filósofo da ciência canadense, em seu hoje clássico *Representing and intervening* (1983).

em comum a convicção de que toda atividade científica tem sempre uma natureza interventiva. Ela é carregada de valor e orientada segundo um objetivo visado. Para isso, o cientista é amparado por ferramentas materiais e simbólicas (respectivamente, instrumentos e conceitos). Seria ingênuo persistir com a imagem (romântica) de que com a ciência buscamos tão somente compreender este mundo. Por conseguinte, instaura-se como legítima a noção de que, aceito o viés filosófico dos “modelos mentais”, a interpretação de resultados em ciência será sempre função destes modelos.

Mas mais além da chamada *kuhnian* (e *post-kuhnian*) *philosophy of science*, que já havia significado um grande passo no sentido de trazer à tona elementos mantidos “invisíveis” no eixo da tradição analítica da FC, Adúriz-Bravo identificou-se com a vertente “semanticista” (*semanticist family*), instaurada por Patrick Suppes (1922-2014) e para a qual deu contribuições recentes Ronald Giere (2001; 2010; 2012). Este último trata a ciência como uma produtora não mais que de modelos de representação; estabelecendo o que denominou “realismo perspectivista” (GIERE, 2009). O conceito de “*model*” é chave nessa escola semanticista de FC. É evidente que há muito se emprega a noção de modelo em ciência. Com as investigações em ciências cognitivas e psicológicas, porém, o conceito seria alçado a um novo patamar de importância: passaria a figurar como especialmente útil para tratar da aprendizagem pelo viés dos mecanismos de representação. E não tardaria até que os filósofos da ciência tomassem conhecimento dessa sua nova potencialidade.

A visão que promove a ideia de modelo como representação põe sob suspeita a velha imagem de teorias completas, preferindo substituí-la pela de “modelos teóricos” (*theoretical models*) – que seriam unidades de ciência mais adequadas, funcional e estruturalmente. Essa adequação dos modelos teóricos reside na possibilidade de tratar de representações de certos âmbitos da realidade que, por serem altamente abstratas (e não restritamente linguísticas³), dão significado a uma relativa cobertura de fenômenos, dados ou experiências; e, com isso, potencializam novas aplicações.

Modelos são uma ferramenta de representação teórica do mundo: auxiliam o cientista a explicá-lo, predizê-lo, transformá-lo. São, assim, “projeções da teoria no mundo” (ou, se preferirmos, a parte aplicativa da teoria). Enquanto representações, não se reduzem propriamente àquilo que o cientista diz (seus enunciados), nem tampouco à “realidade” ... visto que o papel que joga é, precisamente, o de *mediar* essas duas instâncias. Já as teorias são, pois, “famílias de modelos” – não no sentido de “soma” deles, posto que os modelos partilhariam relações lógicas e experimentais (ADÚRIZ-BRAVO, 2011).

Promovendo o encontro entre duas acepções de “modelo” (a largamente difundida na prática investigativa em ciência natural, e aquela que engendrou entre os estudiosos dos processos psicológicos da cognição o conceito de “modelo mental”), Adúriz-Bravo deseja dar ensejo a uma aprendizagem de ciência na qual os aspectos linguísticos e representacionais sejam adequadamente compreendidos, para que então

3. Este é um aspecto que deixa clara a evolução havida no seio da FC, pois que a linguagem deixa de ser vista como a expressão máxima da teoria, e passa a ser considerada apenas como “um dos operadores possíveis” do modelo de representação.

possam ser apropriadamente manejados. Estima-se que modelos didáticos facilitadores serão aqueles que, utilizando conceitos e situações conectáveis à estrutura cognitiva dos alunos, consigam estabelecer uma via de acesso analógico com conceitos científicos.

A vertente semanticista se enquadra nas variantes contemporâneas da FC que prosseguiram no unísono opositor à tradição sua fundadora – isto é, aquela que preconizava uma atenção austera e exclusiva à estrutura lógica das teorias (vertente sintática⁴). As vertentes contemporâneas, em contrapartida, ressaltariam, cada uma ao seu feitio, os fatores “intervenção” e “experimento”. Ao contrário daquela, essas optam por mirar os modos como a ciência “ganha sentido” no imaginário dos indivíduos, a fim de habilitá-los a dar significado ao mundo. Por consequência, a clássica preocupação em FC, da “correspondência” entre teoria e realidade, seria aqui medida por um “grau de similaridade” entre modelo e realidade – e daí, então, poderemos mesmo adjetivar como “perspectivista” o realismo sustentado por Giere ... já que os modelos estão “na mente do cientista” e apenas se conectam à realidade por relações do tipo analógica. Isto é, o modelo possuiria o caráter dual de, ao mesmo tempo, ser o mundo em versão estilizada, e a teoria em versão estabilizada⁵. A teoria, sendo vista agora como conjunto de modelos, redundaria na ideia interessante de que na verdade está sempre em jogo uma combinação de “formalização” com “interpretação”.

Adúriz-Bravo notou uma razoável sintonia das concepções de Giere com suas próprias intenções e interesses teóricos: isto é, o de considerar o aspecto cognitivo dos estudantes e o de apresentar a evolução dos distintos entendimentos de ciência. Assim, o pesquisador argentino tem se preocupado em arquitetar táticas de mediação para expor os tópicos de um modelo que desenhou. O modelo trata da natureza da ciência; e as táticas são suas “unidades instrucionais”. Nesse sentido, poderíamos dizer que a DC teria como finalidade a produção daqueles “modelos teóricos” (convertidos em *didactical models*); os quais têm o predicado de gerar explicações e modificações.

Capacitar professores de ciência com saberes epistemológicos. Por quê e como?

Os argumentos sem dúvida mais consistentes que sustentam a incorporação de temas de Filosofia e História da Ciência à didática das disciplinas são os de que, assim procedendo, poder-se-ia fazer com que, nos cursos de Licenciatura, o aluno: 1º) alcançasse uma visão bem mais contextualizada de sua ciência; e 2º) estivesse apossado de modelos teóricos potentes para inspecionar a natureza das matérias que ensinará.

Entende-se que três efeitos potenciais decorrentes desses ganhos seriam (num plano intelectual) a familiarização com a natureza interventiva da ciência, (num plano prático) o delineamento de novos currículos de ciência escolar – mais inovadores, posto que passando a prever tópicos apropriados a refletir sobre epistemologia – e (num plano que talvez possamos chamar “moral”) a reconceituação do papel dos professores de

4. A FC tradicional é denominada “sintática” porque considera as teorias como conjuntos de enunciados. Sendo assim, esta modalidade inaugural de FC detém-se na axiomatização das teorias; na análise rigorosa da estrutura lógica da linguagem (AMADOR-RODRÍGUEZ; ADÚRIZ-BRAVO, 2014).

5. “O modelo é uma corporização ou ‘aterrissagem’ dos princípios teóricos da teoria, e também uma estilização ou abstração do mundo” [entrevista com Adúriz-Bravo (30 Set. 2014)].

ciência – que passariam a ser vistos como verdadeiros *experts* (dentre outros motivos, porque eles seriam autônomos para desenhar os novos programas justo no âmbito mais concreto que é o seu). Num quadrante “posterior”, do ambiente já escolar, os argumentos não são menos convincentes. Em salas de aula “reais”, os alunos, vivenciando essas novas intenções do ensino científico podem, daí em diante, dar sentido ao mundo a seu redor, se valendo de sólidas ideias teóricas. Porque a principal finalidade da introdução da Epistemologia no ensino é a de apresentar as facetas lógica e sociológica do fazer científico; o *science-in-the-making* (ADÚRIZ-BRAVO, 2013).

Então, instruídos disso, os estudantes criariam uma visão menos mítica de ciência; e mais detalhista sobre sua operacionalidade: pressupondo interações humanas e infraestruturas materiais⁶. Ademais, uma visão também mais profunda: compreenderiam seu alcance, seus limites e as questões cognitivas, políticas e geográficas envolvidas (demandas, financiamentos, disseminações) ... intervenções que estão sempre embebidas numa cultura, e se passam sempre em um lugar concreto e num tempo dado.

Uma outra finalidade ainda (instrumental) é a de auxiliar até mesmo na identificação e saneamento das dificuldades de aprendizagem de conteúdos científicos. Com respeito a este detalhe, vem naturalmente à discussão o sério e antigo problema da comunicação entre professorado e alunado. Uma grande lacuna que vem se tentando preencher com novas propostas de aprendizagem que intentam propor a apropriação da linguagem científica; isto é, o exercício da fala e da escrita em ciência. Isso, é claro, também toca abertamente no problema da falta de correspondência entre as chamadas ciências “erudita” e “escolar” (pois no trânsito da primeira à segunda sempre se costumam dar deformações ... talvez, às vezes, porque os professores não querem parecer tão “cruéis” ao educando); bem como entre os modelos mentais do cientista *expert* e a chamada “linguagem natural” (normalmente descarregada de entidades instrumentais auxiliares) do leigo ou novato – linguagem esta, caracterizada por ser mais icônica e literal.

Deveríamos ter claro que a ciência escolar não é somente uma ciência de conteúdos “adaptados”, mas um âmbito de ação em que se promovem mediações para o acesso adequado ao conhecimento científico e suas legítimas construções representacionais. Ou seja, o ensino de ciência teria suas próprias “etiquetas linguísticas” – conceitos, modelos ... enfim, dispositivos facilitadores da aprendizagem de construções abstratas.

Todavia, tende a ser frequente o expediente da “simplificação” dos modelos científicos; e, desafortunadamente, nem mesmo o produto distorcido costuma encontrar impacto significativo na cognição dos alunos. Por consequência, é comum que eles se vejam forçados a improvisar uma acomodação sinuosa entre o modelo didático e seus modelos prévios (GALAGOVSKY; ADÚRIZ-BRAVO, 2001).

A empresa de introduzir epistemologia no ensino impõe, sem dúvida, desafios. De saída, é fundamental ponderar sobre questões gerais, de modo a que os planos de execução a serem concebidos prevejam já balizas mínimas. Finalidades; transposição;

6. Não é raro que os alunos, não instruídos sobre o tema dos “modelos”, entendam muitas das representações científicas como “verdadeiras”; desconhecendo o fator *mediação* contido em muitos dos instrumentos de reconstrução de que o cientista se vale. (GALAGOVSKY; ADÚRIZ-BRAVO, 2001).

diretrizes; profissionalização; projeto. É que a introdução de temas epistemológicos não tem por que ser gratuita. Então é necessário divisar bem as relações úteis que uma reflexão sobre a natureza da ciência teria com os conteúdos a ensinar (as “*finalidades*”). Por isso, em se tratando das matérias e escolas atinentes à FC, é essencial estimar que vertentes, autores, conceitos e linguagens são os de provável maior serventia ou mais fácil ajuste aos tópicos curriculares a serem apresentados e aos públicos seus receptores (“*transposición*”). Ademais, deve-se concentrar no delineamento de modos de exposição que logrem compreensões as mais aprofundadas possíveis. Pois uma verdadeira significação é aquela que vem acompanhada da percepção de que os saberes adquiridos são, daí em diante, replicáveis; isto é, úteis a práticas de decisão e deduções ulteriores. Sem o quê, a ciência corre o risco de continuar sendo vista como um conjunto de informações enigmáticas; estritamente decifráveis por uma comunidade fechada (“*directrices*”). Com respeito às formações acadêmica e continuada, é preciso ter clara a real conexão entre os temas da Epistemologia e os requisitos demandados para a prática do professorado. Possivelmente, os temas sejam cambiáveis em conformidade com o nível de ensino em que o profissional atua. Aproximar desses temas os docentes supõe propostas bem arranjadas, dado que os professores já agora atuantes podem não ter experimentado contatos prévios – quando de sua formação universitária, sobretudo – com assuntos de teor epistemológico (“*profesionalización*”). E, por último, faz-se capital discutir as possibilidades de operacionalizar as abordagens (sobre imaginários de ciência; sobre substituições conceituais): atividades alternativas, materiais com chances de melhor resultado, etc. (“*diseño*”) (ADÚRIZ-BRAVO, 2007b).

Como se presume, há resistências de várias sortes a um empreendimento dessa natureza; uma delas, a alegação de dificuldades associadas com a própria compreensão do aspecto histórico do fazer científico. Por outro lado, aqueles que, ainda assim, o defendem, o fazem sob diversas convicções. Por exemplo, afirmando que a reflexão teórica sobre a ciência possuiria já um valor natural para os propósitos de uma educação democrática e cidadã. Não é um tema que soaria raro, portanto; já que interessaria desmistificar a ciência, ressaltando suas propriedades de elemento integrante do universo sociocultural. Além disso, esse tipo de ênfase sobre o caráter social da ciência poderia viabilizar tomadas de decisão melhor orientadas – o que traz à vista também a dimensão aplicada que o pensamento sobre os currículos prevê. Outros defensores, por sua vez, desejam realçar a autonomia que os professores tendem a adquirir com a incorporação da Epistemologia aos alicerces de suas atividades. Neste caso, a consideração sobre a natureza da ciência lhes favoreceria pensar em táticas para a transposição didática (convertendo a “ciência dos cientistas” em “ciência de escola”). Adúriz-Bravo associa os primeiros defensores a uma perspectiva que denomina “curricular”; enquanto estes últimos, à por ele intitulada “*meta-theoretical perspective*” (ADÚRIZ-BRAVO, 2007a). De todo modo, estas duas agremiações de partidários guardam em comum a convicção de que se acercar do tema filosófico (e histórico) da Ciência rende ao empreendedor efetivos critérios e ferramentas para o ensino escolar de conteúdos científicos. Ou seja, haveria nessa decisão um ganho funcional. Não consistiria, por isso, em mero exercício diletante de reflexão ... sem rebatimentos mais tangíveis, por assim dizer.

Definindo temas-chave para a inserção da epistemologia

A tomada de conhecimento do largo espectro de matérias inscritas nos domínios da Filosofia da Ciência faz-nos logo perceber que reside nele suas principais credenciais para um trabalho frutífero também junto ao âmbito pedagógico.

Se fôssemos delinear o espectro temático fundamental daquilo que nas últimas décadas ganhou a denominação gregária “História e Filosofia da Ciência no Ensino”, poderíamos propor quatro questões gerais, de fértil potencial de pesquisa: 1ª) qual o estatuto epistemológico da Didática da Ciência? 2ª) qual a fundamentação epistemológica dos currículos de ciência correntes? 3ª) como conceber materiais úteis à veiculação de conteúdos sobre teoria da ciência? e 4ª) o que ensinar, essencialmente, sobre a natureza da ciência? Questões estas bastante bem desenvolvidas por autores tais como Richard Duschl (1985; 2000), Norman Lederman (1992; 2006) e William McComas (1996; 2014). Quanto à 4ª questão em especial, na perspectiva de Agustín Adúriz-Bravo ela poderia ser tratada sob dois ângulos pertinentes: 1º) o das “imagens” construídas de ciência (e cientista) – considerando que é possível e necessário promover o câmbio de “*ideas previas*” (estereótipos reducionistas, edulcorados, pessimistas e/ou caricaturais); e 2º) o ângulo mais pragmático, especialmente associado à concepção de atividades didáticas a fim de explorar os vários aspectos da atividade científica.

As manifestações primeiras, a favor da introdução da Epistemologia e da História da Ciência nos contextos de ensino escolar e universitário, foram mais retóricas que efetivas. Não tiveram, por exemplo, efeito algum em termos de redefinição de currículos ... a despeito, é bom dizer, dos inúmeros discursos pró “ensino de excelência” (ouvidos na cena estadunidense dos anos 1960) e de alguns louváveis esforços de incentivar a inoculação do ensino científico com as questões tratadas pelos campos da História e da Filosofia da Ciência (empenho de autores tais como Leopold Klopfer e William Cooley, por volta das décadas de 1960 e 1970, e Richard Duschl, na de 1980). Apenas entre os anos 1980 e 1990 iniciativas mais concretas despontariam – como os marcos da criação do IHPST, *International History, Philosophy and Science Teaching Group*, em 1987, da revista especializada *Science & Education*, em 1992, e da edição das obras *Science Teaching: the role of history and philosophy of science*, de Michael Matthews, em 1994, e *International Handbook of Science Education*, organizada em 1998 por Barry Fraser e Kenneth Tobin (HODSON, 2014). E hoje podemos dizer que iniciativas a favor da introdução da Epistemologia estão amplamente difundidas (MATTHEWS, 1995; GOODAY et al., 2008; BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

Ressalte-se, porém, que, para Adúriz-Bravo e seu Grupo, o discernimento do conteúdo epistemológico a tratar tem de respeitar critérios teoricamente fundamentados. Só assim o instrumento deterá efetivo potencial didático – seja para tornar mais versátil e sólida a desenvoltura dos professores de escola; seja para ampliar o quadro de competências do professor universitário que forma futuros docentes, em cursos de Licenciatura; seja, ainda, para habilitar os jovens escolares a pensar criticamente sobre a ciência ... e quem sabe, fomentando, daí em diante, uma contínua vontade de reflexão metacientífica.

Desenvolvendo “UD’s” para ensaios práticos: narrativas e analogias

Foi conjecturando projetos de intervenção que os pesquisadores do GEHyD perceberam que o trabalho com narrativas dava bons resultados. E os episódios memoráveis da história da ciência proviam um rico material. Apresentados em forma de relato (*science stories*), esses episódios reúnem algumas vantagens. Além de criar uma atmosfera mais aprazível que o rotineiro ambiente de transmissão de conteúdos, o “contar histórias” (ou, em certos casos, a locução de “crônicas da ciência”) favorece muito o estudo de casos. Casos estes, que estarão imersos nas entrelinhas da narrativa.

Algo da inspiração para conceber “Unidades Didáticas” (“UD’s”) vem do contato dos pesquisadores com os textos de um autor catalão chamado Neus Sanmartí; entre eles seu muito citado livro *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*, de 2002. Sanmartí se insere no círculo de autores que pensa sobre as práticas de ensino (concebendo objetivos, temas e atividades), mas num quadrante pós-construtivista.

Os episódios históricos seriam como que sinopses úteis (epítomes⁷) para o exercício metacientífico; isto é, para a atividade de pensar teoricamente sobre a ciência. A intenção é a de lidar, neste exercício, com um híbrido de duas racionalidades: a lógica e a narrativa. A racionalidade lógica é aquela que se exprime numa retórica de tom explicativo/conclusivo; dá a entender que a ciência pode ser compreendida pela aquisição de uma forma estrutural final. A racionalidade narrativa, por sua vez, está atrelada ao desenvolvimento, à sucessão que conduz àquela forma final. Bem, e em educação científica a combinação de ambas seria muito pertinente: mais do que apresentar os “produtos finais” de vários e intrincados episódios e processos (justo aquilo que costuma constar nos livros didáticos e *textbooks* universitários), prioriza-se fazer ver que é experiencial a racionalidade que constitui aqueles produtos.

Contudo, também um conto, uma fábula, uma lenda poderá prover um quadro amplo e rico de significados. O exercício intelectual consiste em explorar os detalhes virtualmente inscritos nas cenas e passagens. O uso até mesmo de anedotas pode provar-se didaticamente útil. O fato de que por elas se pode vulgarizar o trabalho científico (e, ademais, por uma modalidade de divulgação social que costuma ser bem-humorada) é já um ganho no projeto de democratizar a ciência – simultaneamente, desmitificando-a e cativando potenciais novos praticantes. Numa utilidade suplementar, o recurso a documentos por assim dizer mais caricaturais⁸ também pode figurar proveitoso na medida em que eles constituam um material interessante para decompor a “mensagem” analiticamente. Mesmo porque, assim procedendo, podem ser contestadas ideias equivocadas, que por ventura estejam nela inculcadas.

Como se vê, há um claro fomento aos trabalhos colaborativos e dialógicos: discute-se, debate-se. Parte-se, assim, de um campo “extracientífico” e, mediante um

7. Bons exemplos de epítomes seriam aqueles experimentos que o professor de ciências propõe aos alunos de Ensino Fundamental, a fim de que compreendam processos naturalistas simples (p.ex., a germinação de sementes). Experimentos que, entretanto, não encontram correlatos documentados pela ciência erudita.

8. Uma modalidade também muito fértil para o ensino escolar são os desenhos e charges. A obra do famoso desenhista e psicopedagogo italiano Francesco Tonucci, o “Frato”, ilustra a riqueza dos cartuns.

exercício de metaciência, aporta-se no campo propriamente da ciência sem os habituais obstáculos signícos. E bem sabemos que estes obstáculos se manifestam quando das instruções abruptas, sem intermediações. Logo, o auxílio do expediente da analogia (entendida como “representação da representação”) aqui cumpre um papel sanador, uma vez que a linguagem literária vem a ser uma das formas pelas quais ela se expressa. A comparação de estilos de argumento instaura um estímulo aos exercícios de identificação e reprodução dos modos de falar e escrever em ciência (interessantes de comparar a outras formas de explanação, tal como a jornalística, p.ex.). É assim, então, que uma via de acesso didática se interpõe: auxiliando a compreensão de saberes eruditos, por intermédio de conceitos mais próximos do conhecimento cotidiano dos alunos.

Sabe-se que a analogia é um recurso antigo e frequente na própria intercomunicação dos cientistas praticantes. A analogia, enquanto potente forma expressiva, pode jogar o importante papel de, em dados casos, dar maior saliência ao conteúdo dos modelos (HESSE, 1970). Em muitos lances históricos ela foi decisiva na construção e retransmissão de significações em ciência – vejamos, p.ex., os modelos analógicos propostos para a representação da estrutura atômica (BAILER-JONES, 2002).

Mas em se tratando precisamente de um “modelo didático analógico”, elaborado com o preciso desígnio de aproximar dos saberes científicos os conhecimentos prévios do alunado, ele seria aquele que se emprega (de um modo tático) para a aprendizagem mais qualificada dos conteúdos. Noutras palavras, um modelo construído para que os alunos consigam dar significação a esses conteúdos (novos) por meio da associação com seus conhecimentos disponíveis (muito possivelmente resultantes de “más” interpretações, mas, ainda assim, proveitosos para o processo de aprendizagem)⁹. Trabalha-se primeiramente uma situação analógica, a partir do conhecimento próprio e precedente dos estudantes – quer dizer, sem recurso à linguagem técnica da ciência. Num momento posterior, com o auxílio do docente, eles elaboram hipóteses e vão percebendo os mais adequados concertos entre os fenômenos e mecanismos em questão e as denominações lançadas preliminarmente. Isto é, notam eventuais imperfeições de seus primeiros juízos (espontâneos, e exprimidos em geral por um léxico cotidiano). Daí, então, são estimulados a chegar a um consenso acerca das mais adequadas representações. Estima-se que, quando enfim se dá este acordo representacional – depois de intercâmbios vários (dos alunos entre si, e destes com o professor) –, isso é porque o modelo científico foi satisfatoriamente captado; ou, chegou-se a uma boa proximidade de sua versão erudita.

A vantagem do processo advém com facilidade à mente dos participantes. Eles tomam consciência do “salto cognitivo” que experimentaram na atividade; percebem, por fim, que os saberes científicos podem ser alcançados (em sua natureza e estrutura) sem que se recorra às desconfortáveis memorizações – visto que, habitualmente (quando da ausência de mediação didática), intuindo a “desconexão” entre suas ideias prévias e aquele saber abstrato constante dos manuais, os alunos espontaneamente tendem a improvisar algum modo maquinal de estocar a informação, e frequentemente descartando as representações idiossincráticas que poderiam jogar um importante papel na construção

9. A condição número um para que o expediente da analogia funcione em didática é que seu conteúdo já preexista de algum modo na mente do aluno; do contrário, a funcionalidade das analogias não teria mesmo como se estabelecer [entrevista com Adúriz-Bravo (03 Nov. 2014)].

do conhecimento (GALAGOVSKY; ADÚRIZ-BRAVO, 2001). Isso tem bastante a ver com o que – procurando analogia com o termo “ficção científica” (“*ciencia ficción*”, em espanhol) – alguns autores já chegaram a chamar “*enseñanza-ficción*” (CAÑAL DE LEÓN; PORLAN-ARIZA, 1987; GALAGOVSKY; BONAN; ADÚRIZ-BRAVO, 1998). Quer dizer, o fato de ainda ser comum os alunos se apropriarem de conceitos e terminologias que, na prática, não são mais do que “*etiquetas vacías de contenido*” [entrevista com Adúriz-Bravo (03 Nov. 2014)].

As narrativas, Adúriz-Bravo busca desde fontes e formatos diversos. São “fontes”, p.ex., as histórias presentes na literatura não científica. Histórias tomadas de empréstimo e, às vezes, com alguma adaptação funcional: novelas de ficção, matérias divulgadas em meios jornalísticos, etc. E são “formatos” a narração oral, o exame imagético (de cartuns, p.ex.) e a projeção audiovisual (de filmes, séries, animações¹⁰).

Como se deduz, as fontes são sempre trabalhadas a partir de um formato; e possibilitarão o exame de algum aspecto da natureza da ciência (a instrumentação, a argumentação, etc.). Aspectos que seriam possíveis, é claro, de extrair “mais diretamente” de um episódio clássico da história da ciência (portanto, em literatura acadêmica ou biográfica). Mas ocorre que questões de teoria da ciência também podem, mediante operações com um quê quase recreativo, ser distinguidas em lances ficcionais. Além, é lógico, de poderem ser divisadas num acontecimento real/atuado, noticiado contemporaneamente. Para este último caso, a avaliação de matérias jornalísticas sobre acidentes naturais ou tecnogênicos tende a render bons frutos para a DC.

O Professor Agustín Adúriz-Bravo tem desenvolvido estratégias para apresentar conteúdos epistemológicos mediante UD's. Vale mencionar três de suas unidades didáticas: a UD “*Imagen del Científico*”, a UD “*Juicio Científico*” e a UD “*Creador y Creación en Ciencia*”. A primeira é adequada para estudarmos como os leigos veem o profissional da ciência (*public understanding of science*) e, por decorrência, como certas questões de ordem sociológica estiveram/estão presentes na formação dos imaginários: ideologias de classe ou sexistas, por exemplo. A segunda UD permite-nos introduzir o debate sobre as táticas procedimentais e os processos de decisão em ciência – quando, então, mostra-se conveniente comparar criticamente os vários modelos metodológicos e, por aí, chegar a algumas respostas para a grande indagação epistemológica: de que modo o cientista chega a conhecer os fenômenos? A terceira UD, por sua vez, oportuniza trazer à discussão questões como a responsabilidade por trás dos atos do cientista e os valores presumidamente compartilhados pela comunidade – agora, propondo que a ciência seja explorada pelo caráter multifacetário de seu aspecto externalista: fundamentos culturais, econômicos, político-ideológicos.

Em ensaios de aplicação relacionados à UD “Imagem do Cientista”, Adúriz-Bravo fez testes, por exemplo, com os casos emblemáticos “Marie Curie” (1867-1934) e “Rosalind Franklin” (1920-1958)¹¹. Além de um ensejo bastante rico para debater o

10. Adúriz-Bravo já experimentou ensaios com episódios das famosas séries *House* e *The Simpsons*. Desta última, trabalhou com o episódio sete (da quarta temporada), “*Marge Gets a Job*” – em que se faz referência ao casal de cientistas Pierre e Marie Curie.

11. Dada a notória repercussão do episódio em torno da descoberta da estrutura “*double helix*” do DNA, o caso de R. Franklin é particularmente interessante para explorar a questão “ciência e gênero” – ainda que, às vezes,

papel da mulher na história da ciência, os casos lhe pareceram apropriados para tratar de dois problemas: a intervenção experimental sobre o mundo físico (bem como sua relação com o desenvolvimento de novas ideias) e as iniciativas individuais em ciência, defrontadas às situações (mais correntes, aparentemente) de uma rotina de ação no seio da escala "comunidade científica". O pesquisador divisou na história destas célebres cientistas um palco onde atuaram múltiplos fatores intervenientes. Lança mão dos casos para discutir a ciência em suas rotinas práticas; e como esses atos figuram no imaginário das gentes e dos próprios atores (ADÚRIZ-BRAVO, 2001; 2006; 2007a).

A UD "Julgamento Científico" o pesquisador operacionalizou, por exemplo, com novelas policiais (ADÚRIZ-BRAVO, 2001; ADÚRIZ-BRAVO; IZQUIERDO-AYMERICH; ESTANY, 2002). Seu enredo habitual, de "mistério", convida o leitor (ou ouvinte, se a história lhe é apresentada oralmente em sala de aula) a assumir o papel literal de investigador da trama e, no caso em especial, dos prováveis crimes. Convida-o a fazer as vezes de um detetive; um médico forense. De modo clarividente, buscando trafegar entre o panorama e os detalhes do enredo. Reconstituir o quebra-cabeças; solucionar o enigma. Como constatou Adúriz-Bravo (2003), as novelas de Agatha Christie são um prato-cheio para isso. Dão uma boa ideia da analogia possível de estabelecer com a razão perquiridora, típica da pesquisa científica. O plano, está evidente, é propor um espelhamento entre o espírito indagador/perscrutante que se verifica nas investigações criminais e nos experimentos/testes científicos: caracterização do problema; enumeração dos elementos envolvidos; conexões inferenciais; proposta de soluções. Em outras palavras, trata-se de uma reconstrução (didática) das faculdades cognitivas do cientista. Seu padrão de raciocínio, ascendendo do particular ao geral; suas conclusões, com amplo poder explanatório (ADÚRIZ-BRAVO, 2013). Aqui parece, então, cabível a discussão das formas canônicas de inferência (dedução, indução, abdução), assim como outras expressões do raciocínio (tal como a analogia, justamente). E o modelo hipotético-dedutivo sendo útil para reconstruir cenários a partir de indícios ... similar ao que faria um agente Poirot¹².

Os episódios são férteis na medida em que permitem a reconstrução formal do "mistério" em questão, segundo os expedientes racionais da investigação científica. Assim, a geração de novo conhecimento nessa atividade de sala de aula (conhecimento, afinal, sobre os modos como a natureza da ciência se expressa) se faz de uma maneira bastante criativa. Experimentos conexos têm sido executados a partir do conto de terror "The Landlady" ("A Senhora", 1959), do escritor britânico Roald Dahl (1916-1990). (Trata-se da história de Billy Weaver (o protagonista), que, viajando a negócios pela Inglaterra, hospeda-se numa pensão administrada por uma simpática e aparentemente inofensiva senhora. Estranha-lhe, entretanto, o fato do estabelecimento estar vazio, e alguns de seus ex-hóspedes, jovens como Billy, constarem no noticiário como desaparecidos. Uma série de indícios chama-lhe a atenção: o gosto estranho do chá que ela, cordialmente, lhe oferece; a intrigante menção que a senhoria faz ao seu gosto pela arte da taxidermia.). A série de incidentes e indícios vai insinuando conexões de fatos

a perspectiva "feminista" possa nos fazer sucumbir a outras formas de reducionismo.

12. Neste sentido, pode ser interessante propor uma comparação entre estilos de raciocínio e argumentação: o "científico", o detetivesco, o forense, o médico, etc.

e suscitando conjecturas. O que acontecerá com o personagem? O que ainda poderia se passar depois do efetivo desfecho do conto? E, fazendo a atividade incidir mais diretamente numa questão epistemológica: como nos certificarmos da “plausibilidade” do que quer que supusermos?

A partir de narrativas como esta, podemos destacar algumas estratégias perfeitamente replicáveis em outros experimentos análogos; os quais constituirão um providencial arquivo de “casos testados” (aliás, podendo agregar outras opções de recurso literário).

Adúriz-Bravo propõe que a atividade siga certos procedimentos gerais. Primeiramente, devem ser estipuladas as tarefas (a depender da natureza da situação): tarefas dos professores, numa oficina de extensão; tarefas dos alunos de Licenciatura, numa disciplina curricular; etc. Elas serão resolvidas individualmente, em grupos ou mobilizando a classe conjuntamente. A execução de uma tarefa em grupo é oportuna na sucessão de uma dinâmica introdutória, em que o conto é lido por um dos presentes. Os elementos alçados da trama são o estopim para empreender duas ações coordenadas (que, diretamente, espelham raciocínios de investigação científica): a reconstrução hipotética dos eventos e a argumentação para sustentar esta reconstrução. Munidos de suas anotações e esboços, os participantes podem ser levados a reunir todos os elementos “indicadores” da estória num esquema diagramático. Nele, as “caixas” em conexão representariam, além dos fatos (diga-se de passagem, já “transformados” pelo filtro de um modelo interpretativo e por uma reformulação linguística), também as inclinações dedutivas. Surge, então, uma estrutura do tipo causal. (Voltando ao caso exemplar que é o conto de Dahl, o que se faz é desenhar um “modelo” que, gradativamente, leva os envolvidos na atividade a inferirem tratar-se de uma psicopata a dona da pensão. E tal design reúne pelo menos quatro operações pertinentes à processualística científica: a “observação”, de que fora adicionado ácido cianídrico ao chá; a “intervenção”, com a proposta de que se analisasse o volume que sobrara na xícara; a “explicação”, explanando que a senhoria envenena e embalsama homens jovens; e a “predição”, de que Billy será a próxima vítima.).

Mirando, depois, o que puderam obter a partir de uma simples *storyline* (e elucubrações a seu respeito), professores e alunos conseguem notar o poder de interveniência de suas afirmações, conhecimentos prévios e mesmo pré-juízos. No final, o resultado esquemático pode lembrar um enredo de novelas detetivescas; e até bem mais que a própria obra original, inspiradora da atividade (ADÚRIZ-BRAVO, 2013).

Aproveitam-se essas ocasiões para apresentar e exercitar o método verificacionista hempeliano, o raciocínio popperiano da falsificação (via *modus tollens*), bem como a versão lakatosiana (mais elaborada), via inclusão de cláusula *ceteris paribus*. Além de explorações convenientes dos trabalhos peirceanos, acerca da argumentação e permutação (VERHAEGUE et al., 2010; SAMAJA, 2012). Mas convém esclarecer e frisar que esse expediente de “fazer ver” noutras formas de intervenção do entendimento humano sobre o mundo (no caso das *storylines*, o desvendamento de um crime), atos de raciocínio e elaborações teóricas que são típicos do universo da ciência, nada tem a ver com uma intenção (velada) de elevar o juízo científico ao status de modelo de conduta intelectual mais bem acabado. É preciso escapar às armadilhas do cientismo.

Por fim, a UD “Criador e Criação” torna interessante o estudo analítico de mitologias e imagens folclóricas, nas quais a perspectiva axiológica da ciência possa ser explorada. Adúriz-Bravo fez ensaios com a lenda judaica do *Golem*¹³ e o personagem literário e cinematográfico *Frankenstein*. O objetivo é propor a discussão da própria ciência como “criatura”: um produto humanoide que, poderoso, também pode escapar ao controle de seus criadores ... e gerando problemas; não apenas benfeitorias. Discute-se aqui, além da complexidade ética da ciência (pois que com ela se faria tanto o “bem”, quanto o “mal” – se pode destruir, confundir, alienar), o fato de ser próprio da ciência avançar tão rapidamente, que as ponderações de ordem moral não a acompanham (ADÚRIZ-BRAVO, 2007a; 2007b; PUJALTE; ADÚRIZ-BRAVO, 2013).

UNIDADES DIDÁTICAS			
TEMAS	Ensaio Bem-sucedido	OBJETIVOS [incorporação da dimensão sociológica da prática científica]	Recursos
Limites e Ética na Ciência	“A Clonagem” “A Eutanásia”	EXPLORAR OS TEMAS (IMBRICADOS) DO ALCANCE DO SABER CIENTÍFICO E DO JULGAMENTO MORAL DE SEUS VIRTUAIS FEITOS .	- material jornalístico - confronto com literatura científica (CLC)
Invenções e Descobertas em Ciência	“A Descoberta de Elemento Radioativo”	DIFERENCIAR OS EPISÓDIOS OU FEITOS POSSÍVEIS DE SEREM CLASSIFICADOS COMO “ INVENÇÃO ” DAQUELES QUE, MAIS PRECISAMENTE, SERIAM “ DESCOBERTAS ”.	- literatura histórica - literatura popular - artes visuais - CLC
Imagens do Cientista	“Madame Curie” “Rosalind Franklin”	AVALIAR A MANIFESTAÇÃO DE OBSTÁCULOS SOCIOLÓGICOS SEXISTAS.	- literatura biográfica - artes visuais - CLC
Transição entre Modelos Interpretativos	“Do Pudim de Passas ao Planetário”	DEMONSTRAR O PROCESSO METODOLÓGICO DE RECONSTRUÇÃO ABSTRATA DOS FENÔMENOS; E A DINÂMICA ENVOLVIDA NA SUBSTITUIÇÃO DE PROPOSIÇÕES ALTERNATIVAS.	- literatura científica
Mito e Ciência	“O Mito dos Vampiros”	ILUSTRAR A POSSIBILIDADE DE UM MESMO FENÔMENO RECEBER TRATAMENTOS DISCURSIVOS DISTINTOS.	- literatura ficcional - artes visuais - CLC
Criações em Ciência	“A Criatura de Frankenstein” “Os Replicantes de Blade Runner”	EXEMPLIFICAR A RELAÇÃO COMPLEXA ENTRE O CIENTISTA E OS “ PRODUTOS ” DE SEU TRABALHO.	- literatura ficcional - artes visuais - CLC
Julgamento Científico	“A Sinistra Dona de Pensão”	RECONSTRUIR FATOS DE NARRATIVA POR OPERAÇÕES LÓGICAS DE CORRELAÇÃO E INFERÊNCIA.	- literatura ficcional

13. Agustín diz ser este tema ilustrativo do Golem e a temática de vampiros, as duas mais difundidas e implementadas de suas Unidades Didáticas; chegando, segunda sua estimativa, a cerca de oito mil pessoas – entre docentes e alunos, na América Latina [entrevista com Adúriz-Bravo (24 Set. 2014)].

Figura 2 – Amostra de atividades desenvolvidas por Adúriz-Bravo, para introduzir temas de FC no ensino [a partir de Adúriz-Bravo (2007a; 2007b; 2013)]

Entrevista com Agustín Adúriz-Bravo¹⁴

Uma questão que eu gostaria de entender melhor diz respeito à “intervenção”. Lembro que na primeira vez que identifiquei o tema em textos teus, fiquei com a impressão de que a Didática da Ciência pode ter um papel “interventivo” na medida em que os estudantes cheguem a perceber que, através da ciência, se pode “mudar o mundo”. Mas depois me pareceu que não seria exatamente isso...

Adúriz-Bravo: O que passa é que quando usamos a ideia de “intervenção” em Didática pode haver muitos sentidos atrelados. Há uma coisa que vem da Filosofia da Ciência e dos estudos sociais da ciência e da tecnologia, que tem a ver com a noção de que uma das finalidades principais da ciência, com o seu pensamento teórico, é a transformação do mundo. [...] neste caso, intervenção quer dizer “transformação ativa”. Daí a ideia corrente entre alguns pós-kuhnyanos de que o chamado pensamento científico “puro”, a pesquisa científica básica “pura”, não seria apenas para “entender”; mas para “apropriar-se”, “transformar”, “predizer”, “utilizar”, etc. Bom, e se esse é um modo de pensar a ciência erudita, podemos translada-lo para o ensino escolar; gerando, portanto, um novo modelo de ciência escolar no qual a “apropriação ativa” do mundo natural seria um de seus principais valores. E essa apropriação se dá através de ideias abstratas, modeladas, inferenciais, etc. Outra concepção tem mais a ver com a corrente do [Ian] Hacking, segundo a qual para você ter uma disciplina científica “madura” não é necessário haver experimentos. Isto é, há outras formas de interrogar o mundo, e que não são experimentais. Hacking chama isso de intervenção. Em meus *papers* mesclo um pouco estes dois sentidos da noção. Não emprego as ideias positivistas de experimentação e rigor. Trabalho com uma ideia mais flexível; falo de ciência “de desenho” (*design science*¹⁵), para mostrar aos meninos sua capacidade de intervenção. Logo, de uma parte emprego o sentido de que as teorias científicas “reconstruem” os objetos (que é uma ideia semanticista); de outra parte, o sentido de que é preciso intervir, e que isso não requer os tradicionais experimentos, as saídas de campo, a observação naturalista, a taxonomia sistemática.

Lendo sobre intervenção no mundo “natural” e no mundo “cultural”, fui levado a pensar numa distinção entre ciências...

A-B: Não, a ideia aí não é a que você pensou: distinção entre ciências naturais e sociais. O que diz essa distinção é que sempre que você faz ciências naturais, você faz uma “transformação do mundo”. Porém, essa transformação não é

14. Trechos selecionados de algumas das entrevistas que realizamos com o pesquisador argentino (ocorridas nos dias 26 Ago.; 10, 24 e 30 Set.; 21 Out.; e 03, 04 e 05 Nov. de 2014).

15. Adúriz-Bravo se vale da noção de “*design science*”, desenvolvida por Ilkka Niiniluoto, filósofo da ciência finlandês, em 1993.

necessariamente do mundo material, real. Pois também mudam as “formas de ver e falar” o mundo! Você passa a ver um mundo distinto. Mudam as relações humanas, os valores. Aí reside a ideia de transformação cultural. Passamos a nos posicionar num “mundo distinto” [...] a ver um mundo distinto. E a Didática contribui a essa questão quando considera que com a aprendizagem de ciência mudam as formas de pensar, dizer e fazer.

Uma questão que não cheguei a compreender perfeitamente tem a ver com a colocação da escola semântica, de que teorias não seriam meras “coleções de proposições”, mas sim “entidades extralinguísticas”, que podem ser descritas por diferentes formulações...

A-B: Sim, [formulações] simbólicas, imaginárias. Quer dizer, você pode falar de constituintes da teoria que não são “linguísticos”, usando linguagem expandida ou diferentes recursos semióticos. Porque as teorias são constituídas de coisas que realmente não são linguísticas. Por exemplo, os modelos – que são abstratos, imaginários, simbólicos, analógicos, etc. E outra coisa são os próprios “fatos do mundo”, que tampouco são linguísticos! São porções, traços, fragmentos da realidade. Mas você pode falar deles (modelos e fatos do mundo) com linguagem expandida; não apenas com linguagem sintático-formal. [...] A questão é que para falar da teoria, ou ensina-la, é preciso uma roupagem linguística. Do contrário, ninguém conseguiria transladar teoria de um âmbito a outro; ou “cristaliza-la” nos livros-texto. Porém, não há esse “requisito”, de que para ser teoria precisa ter uma formulação linguística. Ela está constituída dos fatos do mundo (que não são linguísticos) e dos modelos (que também não o são). [...] Os seus “modelos geográficos” não têm que estar necessariamente ligados à linguagem. A linguagem serve apenas para “falar do” modelo. Você tem que tratar os modelos geográficos como entidades imaginárias. Não sou um entendido na sua área, mas o modelo de “megalópole”, digamos, poderia ser um exemplo. Depois você pode “falar do” modelo usando linguagem. Mas ele não estará obrigatoriamente “ligado a” esta linguagem que você por ventura utilizar.

Poderias me dar um exemplo, mesmo que das ciências naturais, de um caso em que uma dada teoria é apresentada, primeiro, segundo o enfoque “sintático-formal” e, depois, segundo uma análise “semântico-modelística”?

A-B: O exemplo canônico, paradigmático, seriam as Leis de Newton. A apresentação que Newton faz em seu livro, *Principia Mathematica* [1687], é positivista, sintática, tradicional. Você tem ali a exposição das três leis (sobre o movimento dos corpos, os equilíbrios, as ações e reações). E a ideia de que os enunciados formais, conceituais, você poderia aplicar a “exemplos do mundo”, que seriam os modelos da teoria. Contudo, eles estariam “fora” dela. Esta seria uma construção canônica do tipo sintática. [...] Bem, e num enfoque agora semântico, o que seria feito é a identificação de uma “classe de modelos”, reconstituindo o sistema dinâmico newtoniano. Modelos tais como o do sistema solar, da queda-livre, do tiro vertical, da atração Terra-Lua, dos cometas, [...] Depois, é claro, você poderia falar linguisticamente destes modelos...

Mas isso não seria a prioridade.

A-B: Não, a prioridade é caracterizar a “família” de modelos.

Querida saber tua opinião: achas possível que eu passasse a falar aos meus alunos das escolas geográficas, diferindo-as pelo enfoque semanticista...

A-B: Não estou tão seguro que seja fácil.

Só para exemplificar ... tomando o caso de personagens-chave dos matizes clássico e teórico ... eu poderia sustentar que um, apesar de já esboçar um raciocínio correlativo (digamos, associando tipos vegetacionais e aspectos climáticos), não teria empreendido ainda maiores formalismos e abstrações; enquanto que o outro, por sua vez, já se caracterizaria por desenvolver modelos e protótipos explicativos. Digo isso porque tendo a acreditar que os clássicos estiveram muito atidos a narrativas literárias; e os “modelos”, sendo estruturas mais lapidadas, só poderiam ter “surgido” anos à frente, com o amadurecimento da disciplina...

A-B: Parece-me que você tem uma ideia errada de modelo. Modelo é só uma ideia que funciona como uma espécie de mapa mental para mostrar a realidade. Tem caráter teórico e abstrato; você pode definir ou descrever em termos de diferentes linguagens; e serve para pensar, atuar e falar.

Ou seja ... deixa-me ver se entendi ... os clássicos, sem saber, já teriam empregado “modelos”?

A-B: Na verdade, acho que toda ciência natural ou social trabalha com modelos. Se ela estiver “madura”, sempre trabalhará com modelo.

Contando com tua intuição ... seria possível levar o aporte da “Didática de la Ciencia” ao ensino de Geografia?

A-B: É preciso ver que estilo de “ensino de Geografia” você estaria interessado em tratar. Se um estilo mais linguístico, ou mais construtivista...

A princípio estou tentado a ... para não criar atrito com o pessoal da Geografia Humana ... pensar no ensino de Geografia Física. Já que a interface estaria mais clara com os fenômenos de ordem naturalista e, por conseguinte, com a Filosofia e a Didática das Ciências Naturais...

A-B: Não, eu acho que não há uma “interface mais clara”; há sim uma plataforma de trabalho mais tranquila. O “conteúdo” da Geografia em questão não é o ponto central. Como diz o semanticismo e a Didática pós-construtivista, não é o conteúdo mas a problemática que sugerirá se as estratégias serão as mesmas. Se para considerar o caso da Geografia (seja humana ou física) você crê ser possível usar os parâmetros argumentação, raciocínio, modelo e analogia, então é porque não importa o conteúdo.

Lembro que um dos primeiros elementos que me chamaram a atenção nos teus escritos é o fato de falares, ainda que de modo indireto, da necessidade de irmos além do construtivismo. E, de certa maneira, recuperarmos algo do Realismo e do Racionalismo. Isso tem a ver com a pobreza daquele construtivismo muito em voga

nos anos oitenta?

A-B: Sim. É absolutamente pobre, porque duas coisas são inutilizadas: o papel do mestre e o papel do conteúdo científico normativo. Tudo vale. Recomendo que você leia o artigo de Jonathan Osborne, *Beyond constructivism*. Ele faz a distinção entre o construtivismo tradicional e o “novo construtivismo didático”, o qual, embora reconheça o papel construtivo das representações, revaloriza o conteúdo científico.

No texto “Utilizing the 3P-model...” [Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2005)] fiquei curioso em saber se quando vocês falam de uma “school science” e de uma “scientist science”, isso é feito porque pretendem esclarecer àqueles que, não sendo especialistas na questão, tendem a achar que a primeira é uma mera simplificação; ou, na verdade, vocês diagnosticam isso como um fato real, e seria preciso muda-lo a fim de que deixe de ser uma mera simplificação?

A-B: As duas coisas estão certas. Primeiramente, no campo das didáticas específicas há uma ideia de transposição, que é fraca e simplificada. Mas, por outro lado, há aqueles que entendem que o saber científico é a referência obrigatória, e então a ciência escolar seria só uma adaptação a um certo nível de amadurecimento. Ou seja, há tanto uma visão *naïf* de transposição didática, quanto também um desejo de que as aulas não sejam uma apresentação simplificada da ciência erudita.

Deixei uma pergunta para nosso último encontro (uma questão que explica a razão de eu vir aqui conhecer o trabalho de vocês). Seria possível transplantar protótipos explicativos das ciências chamadas duras? Porque a literatura diz haver fatos que tornariam difícil efetivar essa transposição ... embora tais “fatos” possam ser meros clichês. Exemplo: ciências sociais trabalhariam mais com “interpretação”, não com “explicação”; cairiam com maior facilidade na armadilha da metafísica; apresentariam certa resistência a trabalhar com linguagem matemática; e seriam muito relativistas nas argumentações. Enfim, eu gostaria que me desses tua opinião a respeito. E, num segundo momento, subentendendo que existam mesmo essas diferenças, qual seria então o reflexo disso no “ensinar ciência”?

A-B: Bem, em primeiro lugar, não creio que exista algo devendo ser “transplantado” para as sociais. Elas são campos que existem de fato; têm suas próprias metodologias. E estas são muito parecidas com as das ciências naturais. Portanto, não há nada a transladar. Há unidade na diversidade, assim como há diversidade na unidade. O transplante só ocorre quando não há ciência propriamente; e, então, um cânone faz com que dado campo seja modelado sob o seu molde. [...] Diferenças naturalmente existem. Têm a ver com o “humano”, que acrescenta complexidade aos sistemas; que acrescenta algumas questões, tais como empatia, interpretação, voluntariedade e volição (que não estão presentes nos sistemas naturais). Mas discordo desses quatro pontos, supostamente diferenciais, que você expôs. A questão de interpretar e compreender, em vez de explicar, é apenas parcialmente verdadeira. Nos estudos de linguagem humana, psique, cognição ou fluxos de capital num sistema econômico não há nada de

empatia envolvida. [...] Nos dias atuais há muitas ciências sociais consolidadas, sanas, validadas e ativas. E não há um ditame “de fora”, dizendo o que elas têm de ser ou deixar de ser. Na Economia, na Linguística, na Sociologia, estão utilizando uma matemática mais sofisticada que em boa parte da Biologia e da Química. Os modelos econômicos de hoje são de uma complexidade matemática horrorosa; e nem falemos da Linguística e da Sociologia, que empregam extensivamente a matemática, e de uma forma muito sofisticada. Na realidade, os modelos atuais de ciências empíricas ou fáticas, independentemente de sua coloração política ou filiação ideológica, “aguentam” as aplicações de qualquer ciência madura. O que acontece é que há uma diferença entre ciências sociais e “humanidades”; e, às vezes, se quer “cientifizar” alguns ramos da história, da teoria literária ou da filosofia (que, de fato, não são científicos, nem querem ser). [...] Os modelos explicativos são iguais para ciências naturais ou sociais. Não se trata de transplanta-los. Todos são usados amplamente. Modelos dedutivos, abduativos, probabilísticos, analógicos, causais, genéticos, funcionais, históricos, teleológicos, multicausais. Eles aparecem em muitas disciplinas naturais e sociais, por igual. Não vejo qual seria a graça de importa-los ou exportá-los. Com respeito ao quarto ponto que você colocou, sobre o relativismo, eu não creio que seja relativismo o que caracteriza as ciências sociais; mas sim a possibilidade de uma “pluri-paradigmaticidade” muito mais rica que nas ciências naturais. Afortunadamente, pela complexidade, riqueza e variedade de seus objetos e problemas, elas admitem mais teorizações parciais e paralelas. Teorizações que coexistem, com maior ou menor tensão. Isso sim pode marcar uma diferença. Uma pluralidade de programas nas ciências sociais e uma unicidade de programas nas ciências naturais. [...] Essas vozes que se esgrimem como alternativas e separatistas não estão em todas as ciências sociais. Estão naquelas fortemente carregadas de ideologia, e que se pretendem operadoras na emancipação das pessoas, no empoderamento, na mudança da realidade; mas não têm compromisso com a compreensão robusta dessa realidade. [...] No caso da didática, pelo que tenho conhecimento, se parecem muito a didática das ciências sociais e das ciências naturais. Têm os mesmos problemas de investigação: o pensamento do professor; as analogias e metáforas; as novas tecnologias de informação e comunicação. Comungam os mesmos tipos de problemas e soluções. [...] Se ainda vale a distinção vulgar entre natureza e sociais, será preciso gravita-la a partir de coisas profundas, que não apenas a trivialidade de usar matemática ou não. Essa seria uma diferença pouco potente e estereotipada; além de contradita abertamente por dados empíricos. Parece-me que se a distinção ainda vale (e ela é impugnada por muitos autores), ela tem de valer desde o ponto de vista de tomar o humano “enquanto humano”. Porque as naturais estudam também o ser humano; e, muito claramente, a Biologia. Só que não “enquanto humano”. Há diferenças substantivas aí. [...] Já o argumento que foi muito propalado sobre a complexidade dos sistemas, ele também não diz muito. A Meteorologia estuda sistemas de altíssima complexidade; igualando-se a algumas ciências sociais. A complexidade não torna a ciências mais social ou mais natural. A capacidade de reduzir a complexidade e encontrar as variáveis

não se verifica em toda ciência natural. Enquanto que em certas sociais alguns aspectos podem ser reduzidos e controlados. Em alguns casos, uma pergunta psicológica, econômica, linguística, histórica, antropológica, arqueológica, é simplificada. Noutros casos não. Logo, a complexidade não marca nenhuma diferença! [...] Dizer que as sociais são mais complexas é um sinal até de má formação científica. Pois de fato toda a ideia de complexidade, superveniência, emergência, multicausalidade, emergiu em disciplinas como a Oceanografia e a Meteorologia, por volta dos anos quarenta do século vinte. [...] Tenho para mim que a pergunta não é tanto se a didática das ciências naturais e sociais preveem transposições de uma a outra (já não falo agora de ciência, mas de didática). Parece-me que a pergunta que você deve se fazer é se a Didática da Geografia tem algum estatuto de cientificidade. Se admite perguntas ou problemas bem claros, específicos e distinguidos; e é capaz de solucioná-los de maneira científica e rigorosa – o que não significa necessariamente experimentos controlados, quantitativos e estatísticos; mas seriedade na solução dos problemas didáticos. E daí ficaria claro como a Didática “da Geografia” pode se parecer à da História, da Física, da Química e da Biologia.

Considerações finais

Neste artigo, procuramos destacar a natureza geral dos projetos e as ações empreendidas por um coletivo de pesquisadores liderados pelo argentino Agustín Adúriz-Bravo. Em termos essenciais, a intenção do Grupo é aperfeiçoar o ensino de ciência, frisando que seria altamente benéfico incluir nos programas (escolares e universitários) o tratamento de temas que façam o estudante (em escolarização ou formação docente) compreender os ângulos internalista e externalista da atividade científica.

Para isso, seu mentor vem concebendo “unidades didáticas” (*didactical units*), a fim de viabilizar a transposição de determinados temas-chave (de cunho fundamentalmente epistemológico) aos ambientes onde, como se pode presumir, privilegia-se antes o ensino/aprendizagem de conteúdos de primeira ordem. Uma alternativa que o GEHyD tem confirmado como venturosa é a que emprega narrativas cujo enredo possui alta potencialidade metafórica; e, portanto, apresentando chances significativas de veicular tópicos que são caros à Filosofia da Ciência. Testes têm sido feitos com contos e novelas – algo que, de fato, não é novo; porém, as ações do Grupo nos pareceram diferenciadas por um uso regular e consistente desses meios. Mesmo porque há uma convicção de que esse gênero de atividade detém elevado potencial para ensejar exercícios inferenciais. Ou seja: formatos narrativos desta natureza poderiam mesmo auxiliar a análise de indícios ... tanto quanto a formulação de argumentos.

É evidente que, além do recurso à analogia, os processos de julgamento e decisão executados pelo cientista podem ser estudados pela via “mais direta” (sic) que é a avaliação de episódios decisivos da história da ciência, propriamente. Compreender, por exemplo, a disputa de paradigmas ou a transição havida entre modelos descritivos é, indireta e simultaneamente, entender as reconstruções abstratas envolvidas no aspecto cognitivo da ciência. Isso é recuperável, sem dúvida, na literatura científica de cortes

biográfico e/ou historiográfico. Contudo, as fontes contribuidoras à exposição dos casos são múltiplas. Textos de ficção, filmografias, matérias jornalísticas, cartuns ... mais além de toda sorte de publicação acadêmica produzida pela comunidade de historiadores da ciência. Seja por umas ou outras vias, estudantes desfrutarão de uma via de acesso à Epistemologia: *método, decisão e valores*.

Para esta última questão (*valor* em ciência), especialmente, são projetadas atividades variadas. Todas elas intentam fazer ver os vieses que transcendem a estrita "lógica interna" da prática científica (o raciocínio abduutivo, p.ex.). São atividades que, dentre outros aspectos, auxiliam a salientar que as opções interpretativas podem estar ancoradas em (e, portanto, ser tributárias de) conjunturas temporais ou geográficas. Adúriz-Bravo entende que a apresentação dos "fundamentos da ciência" nos ambientes de formação escolar e mesmo universitária (quando ela se dá), ainda peca por restringi-los a suas feições internalistas. E se nos contentamos com elas, deixamos de avaliar o peso do contexto sociocultural sobre os pensamentos e os atos do cientista.

Por outro lado, naquilo que é uma prova de prudência, Adúriz-Bravo pensa ser necessário proteger os projetos de intervenção didática de um excesso de relativismo; o qual, numa má compensação, pode enaltecer exageradamente a faceta externalista do funcionamento da ciência. Importante mesmo é que os exercícios todos operem para desenvolver nos estudantes algumas das habilidades que estão inscritas na mentalidade científica. As práticas de descrever, argumentar, ensaiar analogias, derivar conclusões ... que estão, decerto, entre as promotoras de um aguçamento cognitivo e linguístico.

Mais do que um mero caso de suscitar admiração (passiva e à distância), entendemos que os feitos do GEHyD mereceriam apreciação atenta e, quem sabe, ensaios extensivos até a jurisdição do Ensino de Geografia. Porque pensamos que eles seriam possíveis e frutíferos num eventual empenho em fazer (também para o caso da formação colegial e universitária de nossa disciplina) infiltrar tópicos de FC, a fim de que os fundamentos do "praticar ciência" geográfica ganhassem também sentido ... e não somente os "produtos finais" dessa prática – as dezenas de matérias que recheiam as centenas de páginas dos manuais escolares e livros acadêmicos.

Divergiríamos da avaliação do pesquisador argentino num único ponto apenas. Se Adúriz-Bravo, nos casos em que verifica a presença de elementos epistemológicos no ensino de ciências naturais, os vê sob a supremacia (temerária) dos aspectos internalistas/lógicos – isto é, sobressaindo a racionalidade normativa do fazer ciência –, nós, no ensino de Geografia (equivocadamente confundido com ensino de ciências sociais), na eventual identificação daqueles elementos, provavelmente os veremos sob a hegemonia (não menos danosa) dos aspectos externalistas/sociológicos – sobressaindo, agora, o jogo de intencionalidades, a subjacência ideológica e as pressões coativas.

Sendo assim, aquilo que talvez ainda figure como preponderante ou exclusivo na apresentação da natureza das "CN's" aos jovens estudantes, não poderia estar, para o caso das "CS's", figurando como negligenciado ou suprimido? Mais uma razão, nos parece, para investirmos numa potente inserção de conteúdos epistemológicos em nossos (tão bem intencionados) projetos de ensino. Para que a própria Filosofia da Ciência nos alerte dos reducionismos incrustados em algumas de nossas metateorias.

Referências bibliográficas

- ADÚRIZ-BRAVO, A. **Elementos de teoría y de campo para la construcción de un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias**. 1999. 328f. Tesis (Maestría en Didáctica de les Ciències i les Matemàtiques) – Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. **Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias**. 2001. 636f. Tesis (Doctorat en Didàctica de les Ciències Experimentals) – Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. La muerte en el Nilo: una propuesta para aprender sobre la naturaleza de la ciencia en el aula de ciencias naturales de secundaria. In: ADÚRIZ-BRAVO, A.; PERAFÁN, G. A.; BADILLO, E. (Org.). **Actualización en didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas**. Bogotá: Editorial Magisterio, 2003. p. 129-138.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. Methodology and politics: a proposal to teach the structuring ideas of the philosophy of science through the pendulum. **Science & Education**, n. 13, p. 717-731, 2004.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. La epistemología en la formación de profesores de ciencias. **Revista Educación y Pedagogía**, v. 18, n. 45, p. 25-36, 2006.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. A proposal to teach the nature of science (NOS) to science teachers: the “structuring theoretical fields” of NOS. **Review of Science, Mathematics and ICT Education**, v. 1, n. 2, p. 41-56, 2007a.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. La naturaleza de la ciencia en la educación científica para todos y todas. **Educación en Ciencias e Ingeniería**, v. 5, n. 1, p. 28-36, 2007b.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución. In: GALAGOVSKY, L. (Org.). **Didáctica de las ciencias naturales: el caso de los modelos científicos**. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2011. p. 141-161.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. School science as intervention: Conceptual and material tools and the nature of science. In: HEERING, P.; KLASSEN, S.; METZ, D. (Ed.). **Enabling scientific understanding through historical instruments and experiments in formal and non-formal learning environments**. Flensburg: Flensburg University Press, 2013. p. 283-301. (“Flensburg Studies on the History and Philosophy of Science in Science Education”, v. 2).
- ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, n. 3, p. 130-140, 2002.
- ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. Utilizing the “3P-model” to characterize the discipline of didactics of science. **Science & Education**, n. 14, p. 29-41, 2005.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M.; ESTANY, A. Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 465-476, 2002.

AMADOR-RODRÍGUEZ, R. Y. A.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Afirmaciones epistemológicas con "alta carga teórica" que pueden tener incidencia en la didáctica de las ciencias: un estudio comparativo. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 2, p. 433-447, 2014.

BAILER-JONES, D. M. Models, metaphors and analogies. In: MACHAMER, P.; SILBERSTEIN, M. (Ed.). **Blackwell guide to philosophy of science**. Oxford, UK: Blackwell, 2002. p. 108-127.

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da ciência para formação de professores**. São Paulo: Livraria da Física, 2014. 128p.

CAÑAL DE LEÓN, P.; PORLÁN-ARIZA, R. Investigaciones y experiencias: una experiencia de aprendizaje por investigación directa del medio en la formación de maestros. **Revista de Educación**, n. 284, p. 273-294, 1987.

CARRETERO, M. *Constructivismo y problemas educativos: una relación compleja*. **Anuario de Psicología**, n. 69, p. 183-187, 1996.

DAHL, R. The landlady. **The New Yorker**, p. 52, nov. 1959. Disponível em: <<http://www.newyorker.com/magazine/1959/11/28/the-landlady>>.

DUSCHL, R. Science education and philosophy of science: twenty-five years of mutually exclusive development. **School Science and Mathematics**, v. 85, n. 7, p. 541-555, 1985.

DUSCHL, R. Using and abusing: relating history of science to learning and teaching science. In: Annual Meeting of the British Society for the History of Science, 2000. **Reports...** London: BSHC, 2000. p. 1-16.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: el concepto de "modelo didáctico analógico". **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 2, p. 231-242, 2001.

GALAGOVSKY, L.; BONAN, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Problemas con el lenguaje científico en la escuela: un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 2, p. 315-321, 1998.

GIERE, R. The nature and function of models. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 24, n. 6, p. 1060, dec. 2001.

GIERE, R. Scientific perspectivism: behind the stage door. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 40, n. 2, p. 221-223, 2009.

GIERE, R. An agent-based conception of models and scientific representation. **Synthese**, v. 172, p. 269-281, 2010.

GIERE, R. A new program for the philosophy of science? **Perspectives on Science**, v. 20, n. 3, p. 339-343, 2012.

GOODAY, G. et al. Does science education need the history of science? *Isis*, v. 99, p. 322-330, 2008.

HACKING, I. **Representar e intervir**. México: Paidós, 1996. 321p.

HESSE, M. **Models and analogies in science**. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1970. 184p.

HODSON, D. Nature of science in the science curriculum: origin, development, implications and shifting emphases. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International handbook of research in history, philosophy and science teaching**: volume II. Dordrecht: Springer, 2014. p. 911-970.

KLOPFER, L.; COOLEY, W. **The use of case histories in the development of student understanding of science and scientists**. Cambridge: HUP, 1961. 200p.

KLOPFER, L.; COOLEY, W. *The history of science cases for high school* in the development of student understanding of science and scientists. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 1, n. 1, p. 33-47, 1963.

LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 4, n. 29, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G. Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2006.

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, dez. 1995.

McCOMAS, W. F. Ten myths of science: reexamining what we think we know about the nature of science. **School Science and Mathematics**, v. 96, n. 1, p. 10-16, 1996.

McCOMAS, W. F. Nature of science in the science curriculum and in teacher education programs in the United States. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International handbook of research in history, philosophy and science teaching**: volume III. Dordrecht: Springer, 2014. p. 1993-2023.

NIINILUOTO, I. The aim and structure of applied research. **Erkenntnis**, v. 38, n. 1, p. 1-21, 1993.

OSBORNE, J. F. Beyond constructivism. **Science Education**, v. 80, n. 1, p. 53-82, 1996.

PUJALTE, A. P.; ADÚRIZ-BRAVO, A. El "hombre artificial" en las artes: un insumo para la discusión en la biología escolar. **Revista Boletín Biológica**, v. 7, n. 29, p. 5-10, 2013.

SAMAJA, J. **Epistemología y metodología**: elementos para una teoría de la investigación científica. 3. ed. Buenos Aires: EUDEBA, 2012. 414p.

SANMARTÍ, N. **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria**. Madrid: Síntesis, 2002. 384p.

VERHAEGHE, J.-C. et. al. **Praticar a epistemologia: um manual de iniciação para professores e formadores**. São Paulo: Loyola, 2010. 241p.

Dante Flávio da Costa Reis Júnior

Doutor em Ciências pela Unicamp, Mestre em Geografia pela Unesp de Rio Claro e graduado em Geografia pela Universidade Federal de Pelotas-RS.

Atualmente é professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, onde integra o LAGIM, Laboratório de Geo-Iconografia e Multimídias.

Campus Darcy Ribeiro, ICC Norte (mezanino), 70910-900, Brasília/DF

E-mail: dantereis@unb.br

Recebido para publicação em maio de 2015

Aceito para publicação em agosto de 2015