

Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino da física: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático¹

Controversies about the nature of science as a curricular approach in physics teaching: Teaching the history of cosmology through a didactic game

ALEXANDRE BAGDONAS

Universidade de São Paulo | USP

JOÃO ZANETIC

Universidade de São Paulo | USP

IVÃ GURGEL

Universidade de São Paulo | USP

242

RESUMO A importância do estudo de episódios da história da ciência como forma de ensinar não só conteúdos científicos, mas também discutir sobre a chamada “natureza da ciência” têm sido amplamente defendidas por pesquisadores do ensino de ciências há muito tempo. Porém, na medida em que se reconhece haver questões controversas sobre a natureza da ciência, é natural que também haja divergências no modo como educadores, cientistas, historiadores, filósofos e sociólogos pensam ser a visão adequada sobre a ciência a ser apresentada às gerações futuras. Na chamada “Guerra das Ciências”, cientistas naturais se opuseram ao questionamento da autoridade da ciência em estudos realizados nas áreas da história, da filosofia e principalmente da sociologia das ciências. Apresentamos uma revisão de debates envolvendo controvérsias sobre a natureza da ciência na educação básica, com foco nas críticas à chamada “visão consensual”, que busca eliminar controvérsias construindo consensos. Defendemos que, ao invés de evitar aspectos controversos na educação básica, uma abordagem filosófica pluralista é mais adequada para formar cidadãos críticos. Para ilustrar como esta postura pode ser levada para a educação básica, apresentamos um jogo didático elaborado por um grupo de pesquisadores do ensino de física e professores do ensino médio, que tem como objetivo fazer uso de episódios da história da cosmologia para estimular debates sobre o valor atribuído pelos alunos à ciência, dando espaço para a discussão de questões prescritivas, não só sobre o que a ciência tem sido, mas sobre o que ela pode, poderia ou deveria ser.

Palavras-chave natureza da ciência – cosmologia – jogos didáticos.

ABSTRACT *The importance of the study of episodes from the history of science as a way to teach not only science, but also about science, or about the “nature of science”, has been defended by science education researchers for a long time. However, it is well known that there are many controversies about the nature of science, which lead to divergent positions among educators, scientists, historians, philosophers and sociologists of science on what should be the most adequate view of science to be presented to future generations. During the so called “Science Wars” natural scientists opposed themselves to the questioning of scientific authority derived from historical, philosophical and specially sociological studies*

about science. We present a brief review of the influence of these debates in science education research about “the nature of science”, with attention to criticism on the so called “consensual view of the nature of science” that aims to eliminate controversies by building consensus. We argue that instead of avoiding controversial discussions in basic education, a pluralist philosophical position would be better in educating critical citizens. Aiming to illustrate how this attitude can be introduced in basic education, we present a didactic game that was constructed by a group of physics education researchers and high school physics teachers. Its goal is to use episodes from the history of cosmology to conduct discussions about the value attributed by students to science, including not only descriptions of its history but also debating prescriptive questions about how science should or could be.

Keywords *nature of science – cosmology – educational games.*

Introdução

Podemos afirmar, como o fez Gérard Fourez², que o ensino de ciências passa por uma intensa crise, que pode ser reconhecida de diferentes maneiras. Uma delas é a verificação dos baixos índices de aprendizagem, aferidos por testes oficiais como o PISA ou por provas nacionais ou estaduais. Outra perspectiva envolve a constatação, a nosso ver muito grave, da falta de sentido e importância que a educação científica tem para os alunos e, conseqüentemente, para suas vidas. Aparentemente, nenhum dos elementos ou questões situados na base da constituição dos alunos como sujeitos se vinculam com o conhecimento apresentado na escola, o que configura uma educação vazia.

Embora essa realidade possa ser constatada na maioria das salas de aula, a apatia e falta de vínculo dos aprendizes com o conhecimento se tornam bem mais evidentes em trabalhos de pesquisa que envolvem questões de identidade, cultura e ensino para minorias³. Esta linha de pesquisa, mesmo que não seja nova, somente começou a ganhar maior destaque na área de Ensino de Ciências nos anos 2000⁴. Contudo, o campo de Teoria de Currículo vem acumulando importantes resultados há pelo menos meio século, o que nos ajuda a pensar diferentes questões hoje presentes no Ensino de Física.

Uma divisão que se tornou padrão na área de currículo foi a entre teorias tradicionais e teorias críticas ou pós-críticas⁵. Enquanto as primeiras, muito fortes até os anos 70, preocupavam-se fundamentalmente com o modo de elaborar um currículo, as últimas focavam em problemas de natureza epistemológica ou social, questionando-se sobre as finalidades do processo educativo, sobre as possibilidades de um determinado conhecimento ser adequado a tais finalidades e sobre quais grupos sociais são efetivamente contemplados com determinado modelo de educação⁶. Embora questões sobre por que ensinamos determinado assunto ou qual a melhor abordagem para um determinado conteúdo nem sempre figurem nas pesquisas sobre ensino-aprendizagem, nas principais tendências atuais em Teorias de Currículo elas são fundamentais para a promoção de uma educação socialmente responsável, preocupada com um ensino que forme sujeitos capazes de lidar com o mundo que os rodeia.

Ao tratar mais especificamente das concepções de conhecimento presentes no currículo, uma das principais questões levantadas pelas teorias críticas envolve o status de verdade que o mesmo adquire⁷. Neste caso a crítica não se dirige apenas a uma concepção ingênua de verdade, conforme apontam os estudos sobre Natureza da Ciência que comentaremos a seguir. O principal elemento que estes autores colocam relaciona-se à concepção de sujeito que é alvo destas “verdades”, isto é, que modelo de cidadão se está formando por meio delas. A apresentação da ciência como um “conhecimento oficial”, neutro e transparente⁸, serviria fundamentalmente para validar uma ideologia dominante, sobretudo por esconder as contradições ou limites que qualquer afirmação sobre o mundo pode ter. Se o conhecimento presente em sala de aula é colocado como verdadeiro, independente das questões levantadas ou dos contextos situacionais, o exercício de um pensamento crítico por meio de problematizações, debates e reflexões não tem espaço. Em última instância o processo educativo é a assimilação de um conjunto de afirmações selecionadas com precisão pelo professor e outros agentes escolares. Assim, uma visão de conhecimento limitada a proposições positivas sobre o mundo acabaria por formar sujeitos alienados.

O educador brasileiro Paulo Freire⁹, um dos autores mais referenciados pelas teorias críticas, defendeu uma educação problematizadora e dialógica, onde o processo de ensino-aprendizagem deve ser realizado pelo professor *com* o aluno, em contrapartida à educação “bancária” – aquela realizada *sobre* o aluno. Na pedagogia freireana o diálogo é essencial e conduzido pelo educador a fim de que ele e os educandos aprendam um com o outro e juntos estabeleçam um conhecimento sobre o mundo. Uma preocupação central nesta pedagogia é fazer com que os conhecimentos específicos não sejam fins em si mesmos, mas meios para a construção de um novo olhar sobre a realidade vivida.

A crítica ao ensino tradicional e a defesa de uma participação mais ativa dos estudantes pode dar a impressão de que a solução para as questões educacionais se resume à exclusão das aulas expositivas. Porém, o que Freire defende é um diálogo entre educadores e alunos a respeito de conhecimentos específicos: “o mal, na verdade, não está na aula expositiva, na explicação que o professor faz, não é isso o que caracteriza o que eu critiquei como prática bancária”¹⁰. O maior problema da educação bancária é o modo irrefletido de apresentação dos conhecimentos e a falta de vínculo com questões que os aprendizes reconhecem como relevantes. Há aulas expositivas bancárias quando os alunos são completamente passivos e o professor decide sozinho os rumos que sua exposição vai tomar sem levar em conta a presença a existência dos alunos. Mas há também exposições em que o professor pede que os alunos analisem o que foi exposto, estimulando seu espírito crítico e aprofundando o conhecimento sobre o assunto. Entretanto, é preciso considerar que a mudança educacional envolve mais do que uma renovação nos modos de organizar uma aula, ela exige, sobretudo, que seja repensada a maneira como os sujeitos se relacionam com os conhecimentos.

Na perspectiva das teorias críticas¹¹, a educação de um sujeito se daria com base numa concepção que considerasse a provisoriabilidade e limitações de um saber, podendo o mesmo ser objeto de contestação. Mais que os próprios conteúdos, o exercício reflexivo seria um dos elementos fundamentais à formação dos sujeitos. Vale destacar que o objetivo não é fazer necessariamente uma “guerra contra as ciências” ou negar a validade do conhecimento historicamente acumulado, mas reconhecer minimamente a necessidade de posturas mais conscientes sobre a natureza do que se aprende.

244

A importância e necessidade de se refletir sobre a “natureza da ciência” já é tema de pesquisas em ensino de ciências há algumas décadas¹². Nestes trabalhos, aponta-se fortemente para o problema das “verdades científicas” como um dos temas a serem tratados com os estudantes, com a finalidade de que eles aprendam a vê-las como algo limitado e provisório, e não definitivamente determinado. O assunto figura como um dos tópicos da chamada “visão consensual da natureza da ciência” que muitos autores vêm defendendo. Conforme discutiremos com cuidado nas seções que seguem, embora a maior parte dos pesquisadores dessa área de pesquisa reconheça que não há uma única visão sobre o que seja a ciência, os mesmos consideram válido estabelecer uma lista de tópicos consensuais para serem ensinados aos professores de ciências, e que estes os ensinem a seus alunos.

A proposta de uma visão consensual de natureza da ciência tem validade educacional quando olhada do ponto de vista de organização e gerenciamento didáticos. Delimitar uma discussão filosófica por meio de um conjunto de afirmações sobre as ciências permite encaminhamentos mais claros para a construção de dinâmicas de sala de aula e de processos avaliativos. Contudo, quando visto na perspectiva das teorias curriculares, mais uma vez fazemos do projeto educativo não um exercício de reflexão crítica, mas apenas a apreensão de um conjunto de ideias prontas. Vem se tornando comum mesmo na literatura especializada um ensino limitado à exposição, às vezes ilustrada por episódios históricos, de um conjunto de afirmações sobre a ciência¹³. A contradição que se dá é que se faz do próprio tema “natureza da ciência” uma perspectiva educacional pouco filosófica, no sentido que não se valoriza o questionamento, a análise de seus fundamentos e a tomada de posição individual em relação ao que é apresentado.

Neste trabalho defendemos que o ensino de tópicos relacionados à natureza da ciência deva se dar por meio de um trabalho coletivo de análise e reflexão sobre diferentes visões de ciência. Contudo, para que este objetivo educacional possa ser realizado, acreditamos ser preciso pensar em pelo menos duas questões fundamentais: Quais são estas diferentes posturas frente às ciências (mesmo que tomadas como tendências principais)? É possível estabelecer uma estratégia de ensino na qual os alunos reflitam de modo não ingênuo sobre estas diferentes posturas?

O objetivo deste artigo é refletir sobre estas duas questões. Primeiramente faremos uma revisão do debate sobre a natureza da ciência no ensino com base em pesquisas em educação científica. Destacaremos principalmente os autores que defendem que algumas posturas filosóficas devem ser privilegiadas nas propostas de ensino. Em seguida discutiremos uma visão pluralista da natureza da ciência e sua relevância educacional, assumindo-a como a mais propícia para contribuir para a solução dos problemas de ensino acima referidos. Como forma de exemplificar a possibilidade de inserção deste tipo de visão sobre a ciência na educação básica, apresentaremos e analisaremos um jogo didático que trata da História da Cosmologia e que tem como objetivo fazer com que os alunos reflitam, a partir de um impulso lúdico, sobre diferentes concepções de conhecimento científico.

A natureza da ciência na educação básica

Há muito tempo se argumenta que a história e a filosofia da ciência poderiam contribuir para a melhoria do ensino de ciências naturais. No fim do século XIX, o físico e filósofo alemão Ernst Mach (1838-1916) defendeu que para a compreensão de um conceito teórico é necessário que se compreenda o seu desenvolvimento histórico, ou seja, a compreensão é necessariamente histórica¹⁴. Apesar disso, a presença efetiva de aspectos históricos nos currículos de ensino de ciências sempre foi pequena. A partir da década de 1970, com a criação de programas de Pós-Graduação, a realização de congressos e lançamentos de revistas científicas específicos da área de pesquisa em ensino de ciências no Brasil, o número de defensores da importância de se inserir aspectos da história e da filosofia das ciências no ensino de ciências naturais aumentou consideravelmente¹⁵.

A partir da década de 1990, vários novos programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências foram criados em todo o país e a produção dessa área aumentou muito. Nessa década, diversos autores defenderam teses de doutorado em que se realizaram estudos sobre história ou filosofia da ciência, buscando contribuições para a educação científica¹⁶. Posteriormente, quando passaram a orientar seus alunos, estes por sua vez também contribuíram para aumentar ainda mais a produção desta linha de pesquisa. Além disso, o ritmo crescente da produção na área foi também impulsionado pelo fato de ela continuar recebendo contribuições de autores que fizeram doutorado nas áreas de história da ciência¹⁷ e filosofia da ciência¹⁸.

Com o grande aumento de grupos de pesquisa interessados nessa temática, um número cada vez maior de pesquisas tem criado subsídios para que estudos de historiadores da ciência sobre episódios históricos possam ser utilizados na educação básica, com o especial objetivo de conduzir discussões epistemológicas. Um dos principais objetivos destas pesquisas é permitir que os alunos tenham acesso a uma visão mais ampla sobre o processo de construção das teorias científicas. Espera-se que os professores deixem de ver os conteúdos escolares de ciências na educação básica como produtos a serem transmitidos aos alunos e se interessem pelo complexo processo de produção do conhecimento científico.

No âmbito das pesquisas internacionais da área de ensino de ciências, a importância atribuída à busca de contribuições da história, filosofia e sociologia das ciências também cresceu muito na década de 1990. O *International History, Philosophy, and Science Teaching Group* (IHPST), criado em 1987, tem organizado conferências bianuais para aumentar a colaboração entre as comunidades de cientistas, matemáticos, historiadores, filósofos, psicólogos, sociólogos e educadores da ciência. Em 1992, foi criada a revista *Science & Education* que recebe frequentemente publicações de seus membros.

Nessa nova comunidade de pesquisa internacional, o estudo de episódios históricos passou a ser frequentemente justificado como uma forma de conduzir discussões sobre a chamada "natureza da ciência". Num trabalho de revisão bibliográfica, o biólogo e pesquisador em ensino de ciências Norman Lederman afirmou que: "embora a 'natureza da ciência' tenha sido definida de diversas formas, normalmente esse termo se refere aos valores e assunções inerentes ao desenvolvimento do conhecimento científico"¹⁹.

Vários dos alunos de Norman Lederman continuaram pesquisando sobre a “natureza da ciência”, criando métodos para avaliar as concepções de professores e alunos. Ele criou, em colaboração com Fouad Abd-El-Khalick, Randy L. Bell e Renée S. Schwartz, o questionário *Views of Nature of Science Questionnaire* (VNOS), para ser usado como um instrumento seguro na avaliação de concepções de natureza da ciência²⁰. Esse questionário, que se tornou referência mundial, foi traduzido e empregado para avaliar as concepções de natureza da ciência de professores e estudantes brasileiros²¹. Nos últimos anos, diversas pesquisas semelhantes foram realizadas, com questionários similares ou adaptados a partir dos questionários criados pelo grupo de Norman Lederman²².

Em artigos de revisão da pesquisa em ensino sobre “natureza da ciência”, Lederman descreveu três principais linhas de pesquisa nos estudos dessa área:

1. *Avaliação das concepções de estudantes e professores sobre a natureza da ciência;*
2. *Desenvolvimento, implementação e teste de propostas visando à melhoria das concepções de estudantes e professores sobre a natureza da ciência;*
3. *Investigações sobre as relações entre concepções de professores, prática pedagógica e concepções de estudantes*²³.

Os pesquisadores da primeira linha de pesquisa concluíram que a maioria dos alunos e professores têm concepções consideradas inadequadas sobre a natureza da ciência. Em um artigo de revisão das pesquisas sobre concepções de ciência, algumas das “visões deformadas sobre o trabalho científico”, relatadas por Gil Pérez foram:

1. *Uma concepção empírico-indutivista e atórica, que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação, esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como das teorias disponíveis que orientam todo o processo;*
2. *Uma visão rígida, algorítmica, exata da prática científica, que se resumiria ao emprego de um suposto ‘método científico’, entendido como um conjunto de etapas que devem ser seguidas mecanicamente;*
3. *Uma visão dogmática e fechada da ciência, que ignora os obstáculos enfrentados e erros cometidos ao longo do processo de construção das teorias. Seguindo esta visão, o ensino é conduzido como uma retórica de conclusões, buscando-se transmitir aos alunos conhecimentos já elaborados, reconstruídos racionalmente, sem discutir as limitações do conhecimento científico;*
4. *Uma visão exclusivamente analítica da ciência, que “ênfatiza a divisão dos estudos, o seu caráter limitado, simplificador. Porém, esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos”;*
5. *Um relativismo extremo, tanto metodológico (“tudo vale”), como conceitual (não há uma realidade objetiva que permita assegurar a validade das construções científicas: a única base em que se apoia o conhecimento é o consenso da comunidade de investigadores nesse campo);*
6. *Uma visão individualista e elitista da ciência, em que o conhecimento científico é visto como a obra de gênios isolados, perdendo-se de vista a natureza cooperativa do trabalho científico;*
7. *Uma visão socialmente neutra da ciência, que diminui a importância das relações entre ciência, tecnologia e sociedade e ignora o contexto histórico e cultural em que se insere a atividade científica*²⁴.

Estes pontos formariam um conjunto de elementos que não permitiriam uma educação científica plena.

Na segunda linha de pesquisa apresentada por Lederman²⁵, temos diversas pesquisas que elaboraram propostas para alterar concepções de ciência consideradas inadequadas, como as apresentadas na lista acima. Em geral, concluíram que mesmo quando as propostas curriculares trazem visões adequadas da natureza da ciência, e que os professores também tenham visões adequadas, não há garantia de que as visões inadequadas dos estudantes sejam

alteradas. Em outras palavras, a concepção adequada dos professores sobre a natureza da ciência é uma condição necessária, mas não suficiente para que seus alunos tenham concepções adequadas. Com isso, a terceira linha de pesquisa, voltada às relações entre as concepções de professores, práticas pedagógicas e concepções de estudantes, mostrou-se particularmente importante, embora ainda tenhamos poucos resultados. Além disso, também se concluiu que, para haver alguma chance de alterar as concepções dos estudantes sobre a natureza da ciência, discussões explícitas são necessárias²⁶.

Uma visão “consensual” para o ensino de ciências

A tentativa de esboçar tópicos consensuais sobre a natureza da ciência tem sido objeto de investigação de um grande número de pesquisadores nos últimos anos. Diferentes grupos de pesquisa apresentaram sínteses convergentes elaboradas a partir do estudo de documentos curriculares internacionais e a partir da revisão bibliográfica de pesquisas em ensino de ciências. McComas e colaboradores apresentaram uma síntese de *aspectos consensuais sobre a natureza da ciência*, elaborada a partir do estudo de documentos curriculares internacionais:

1. *O conhecimento científico, enquanto durável, tem um caráter provisório;*
2. *O conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não totalmente, na observação, em evidências experimentais, em argumentos racionais e no ceticismo;*
3. *Não existe uma única maneira de se fazer ciência (portanto, não existe um método científico universal);*
4. *A ciência é uma tentativa de explicar os fenômenos naturais;*
5. *Leis e teorias desempenham diferentes papéis na ciência, portanto os estudantes devem notar que as teorias não se tornam leis mesmo com evidências adicionais;*
6. *Pessoas de todas as culturas contribuem para a ciência;*
7. *O novo conhecimento deve ser informado clara e abertamente;*
8. *Os cientistas necessitam da preservação de registros precisos, revisão e replicabilidade;*
9. *As observações são dependentes da teoria;*
10. *Os cientistas são criativos;*
11. *A história da ciência revela tanto um caráter evolucionário quanto revolucionário;*
12. *A ciência é parte de tradições culturais e sociais;*
13. *A ciência e a tecnologia se influenciam;*
14. *As ideias científicas são afetadas pelo ambiente histórico e social*²⁷.

Listas semelhantes a esta foram apresentadas por diversos pesquisadores, que defendem que embora muitos historiadores, filósofos e sociólogos da ciência concordem que não exista um consenso em relação a uma única *natureza da ciência*, essas discordâncias seriam irrelevantes para a educação básica²⁸. Seguindo essa tendência, muitos pesquisadores têm adotado o que Gürol Irzik e Robert Nola²⁹ chamam de *visão consensual sobre a natureza da ciência*, que trata somente de aspectos não controversos como adequados para serem discutidos no Ensino de Ciências.

Ao analisarmos os tópicos apresentados como síntese da “visão consensual da natureza da ciência” elaborados nas últimas décadas, notamos forte influência dos epistemólogos que se posicionaram contra o Positivismo Lógico, como Karl Popper, Gaston Bachelard, Thomas Kuhn e Imre Lakatos. Os aspectos considerados “inadequados” são predominantemente associados a visões empiristas, indutivistas e positivistas, que foram amplamente criticadas por esses autores.

Ainda que de maneira geral os filósofos anteriormente indicados concordem na crítica das visões ingênuas sobre a natureza da ciência, vale destacar que persistem diversas diferenças entre suas proposições. Responder a questões como “o que é a ciência?” envolve tensões entre especialistas de diferentes áreas do conhecimento, como história, filosofia e sociologia das ciências, a psicologia, as visões dos próprios cientistas sobre sua prática e até mesmo as demandas dos cidadãos em geral sobre como a ciência deveria ser.

Brian Alters³⁰ analisou as concepções de 176 membros da associação de filosofia da ciência dos EUA, concluindo que há pelo menos onze visões diferentes sobre a natureza da ciência. Essa enorme variedade leva muitos autores a questionarem a pertinência de se buscar uma visão única sobre “a Ciência”. Seria mais sensato assumir que existem várias concepções sobre a natureza da ciência e que nenhuma delas pode ser tida como prioritária.

Outros filósofos também enfatizaram mais as discordâncias do que os consensos existentes entre estudiosos sobre a natureza da ciência:

O conceito de natureza da ciência parece pressupor: (a) que existe uma natureza da ciência para ser descoberta e ensinada aos estudantes; (b) que uma lista de tópicos pode descrever a natureza da ciência; e (c) que para uma disciplina ser considerada científica, cada um dos tópicos deve ser verdadeiro para essa disciplina. Na filosofia, essa é considerada uma visão essencialista da ciência, em que se acredita que há uma essência ou um conjunto de critérios que descrevam todas as atividades e investigações que são consideradas científicas. A maior parte dos filósofos da ciência e educadores que refletiram sobre essa questão considera que essa visão essencialista não pode ser sustentada, pois cada ciência possui suas especificidades³¹.

Estes filósofos da ciência defendem que apenas *pedagogicamente* o essencialismo sobre a natureza da ciência pode ser apropriado. Inicialmente seria aceitável uma visão de ciência única, mas que aos poucos, ao longo da vida escolar, os estudantes deveriam ter contato com visões cada vez mais complexas sobre as diferentes ciências. Portanto, também na opinião destes autores a “natureza da ciência” não pode receber uma definição exata, precisa e definitiva³².

Dentre os diversos aspectos controversos debatidos entre filósofos, historiadores e sociólogos da ciência, há dois tópicos particularmente relevantes para a educação científica:

- 1. A geração do conhecimento científico depende de compromissos teóricos e fatores sociais e culturais.*
- 2. A verdade das teorias científicas é determinada por características do mundo que existem independentemente do cientista³³.*

A maioria dos pesquisadores reconhece que a geração do conhecimento científico depende de questões teóricas e de fatores históricos e sociais, mas há uma grande discordância sobre a importância dessa influência “externa” quando comparada com a de fatores “internos”, lógicos ou racionais. Tendo em vista estas duas grandes áreas sem consenso, eles apresentam uma série de tensões entre correntes filosóficas diferentes sobre as ciências, contrapondo o *racionalismo* ao *historicismo*, e o *realismo* ao *instrumentalismo*.

O construtivismo social no ensino de ciências

Em paralelo ao debate sobre tópicos consensuais da natureza da ciência, a área de ensino vive uma discussão sobre a validade de posturas relativistas no Ensino de Ciências. A partir da década de 1990 alguns pesquisadores, tendo como base epistemológica uma defesa do Realismo, criticaram o chamado “construtivismo social” no ensino de ciências, normalmente associado a visões antirrealistas da ciência³⁴.

Peter Slezak³⁵ criticou o “Programa Forte da Sociologia da Ciência” no periódico *Science & Education*, dedicado a trazer contribuições da história, filosofia e sociologia das ciências para a educação. Em sua crítica foram mencionados como representantes desse movimento sociólogos e historiadores sociais como Bruno Latour, Steve Woolgar, Trevor Pinch, Harry Collins, David Bloor e Steven Shapin, entre outros. Contestou os construtivistas sociais por repudiarem a noção de “mérito” e a descrição da ciência como ceticismo organizado no “Ethos Mertoniano”, segundo o qual os cientistas valorizam virtudes como a verdade, honestidade e integridade. A descrição da ciência como “refletindo somente interesses e relações de poder entre diferentes grupos” nos impediria de tomar uma posição contrária, por exemplo, ao ensino do criacionismo em aulas de biologia³⁶. Ele defendeu que na educação científica seria importante diferenciar as influências sociais inconscientes e inevitáveis sobre a ciência, das manipulações fraudulentas propositalmente, o que exige que se leve em conta não só as influências sociais sobre as teorias científicas, mas também o seu conteúdo cognitivo. Os critérios meramente sociológicos para aceitação das teorias implicariam que se a maioria da população aceitar que, por exemplo, as teorias raciais presentes no *Mein Kampf* sejam adequadas, então essa teoria deveria ser ensinada nas escolas. Defende que a educação seja diferente de doutrinação e propaganda, o que só seria possível se abandonarmos as propostas do *construtivismo social* radical.

Slezak apresentou e criticou os quatro princípios do “Programa Forte da Sociologia da Ciência”, citando o livro de Bloor *Knowledge and Social Imagery*. No entanto, ao comparar a citação de Slezak³⁷ e o texto de Bloor³⁸, notamos que a frase destacada foi omitida:

1. *É causal, preocupado com as condições que formam crenças ou estados de conhecimento. Naturalmente haverá outros tipos de causas, além das sociais, que vão cooperar em levar à crença.*
2. *É imparcial em relação à verdade e falsidade, racionalidade e irracionalidade, sucesso ou falha. Os dois lados destas dicotomias precisam ser explicados.*
3. *É simétrico em relação ao estilo de explicação. O mesmo tipo de causas deve explicar, por exemplo, crenças verdadeiras ou falsas.*
4. *É reflexivo. A princípio, os padrões de explicação devem ser aplicáveis à própria sociologia.*

249

A omissão de Slezak da frase destacada na citação de Bloor nos mostra que ele distorceu as teses do Programa Forte da Sociologia da Ciência, algo que infelizmente não foi nada incomum nos debates intelectuais da chamada “Guerra das Ciências”. Os críticos do construtivismo social argumentaram que a partir do mesmo contexto social, costumam surgir diversas teorias diferentes. Então, como poderiam ser exclusivamente sociais as causas destas diferentes teorias?

A tese de Paul Forman³⁹ sobre a influência de intelectuais alemães críticos à razão e às ciências no abandono da causalidade na mecânica quântica, durante o período da República de Weimar, gerou muita controvérsia. Recebeu muitas críticas porque contradiz explicitamente a tese de que os cientistas, como seres humanos, podem sofrer influências sociais e culturais, mas não o próprio conteúdo das teorias científicas.

Os filósofos Robert Nola e Gürol Irzik⁴⁰ aceitaram a validade do estudo histórico de Forman, porém argumentaram que devemos tomar cuidado ao estender teses sobre a ciência como um todo com base neste episódio. Eles criticaram a importância exagerada que se tem atribuído às influências sociais sobre a ciência nos últimos anos. Defendem uma concepção realista e racionalista da ciência, recusando a visão de que as influências sociais possam atingir os conteúdos científicos. Apoiam os estudos da sociologia do conhecimento científico mais antigos, realizados por autores como Robert Merton, mas criticaram o chamado “Programa Forte”, citando autores como Barry Barnes e David Bloor.

Outro argumento comum dos críticos do Programa Forte é o uso que os sociólogos da ciência têm feito da tese de Duhem-Quine, segundo a qual nenhuma proposição pode ser refutada individualmente por nenhuma evidência, porque é sempre possível fazer ajustes no restante do sistema, de modo a evitar o falseamento. Esta tese foi formulada a partir das obras do físico e filósofo da ciência francês Pierre Duhem (1861-1916) e do lógico e filósofo analítico estadunidense Willard Quine (1908–2000). Portanto, ela não se fundamentou nem em pesquisas históricas, nem em pesquisas socio-

lógicas “e não pode ser substituída por nenhuma generalização histórica ou sociológica”⁴¹. Além disso, se aceitarmos seu conteúdo como verdadeiro, isso não favorece a escolha de fatores sociais para a escolha entre teorias diferentes. Em suma, a tese de Duhem-Quine é neutra em relação à relevância de influências sociais sobre a ciência⁴².

O historiador da ciência Helge Kragh⁴³ também defendeu que se a educação científica seguir os conselhos dados pelos construtivistas sociais radicais, então aconteceria o fim da Física. No entanto, limitou suas críticas a essas versões extremas do construtivismo social, mantendo sua defesa no valor das contribuições para a educação de estudos culturais e sociais sobre as ciências.

Pietrocola⁴⁴ defende que seria importante fortalecer a dimensão ontológica do conhecimento, valorizando a relação entre o conteúdo ensinado e a realidade diária dos estudantes, de modo a promover um mínimo sentimento de realidade. Caso contrário, haveria um fortalecimento do relativismo e a ciência perderia espaço para outras atividades supostamente mais interessantes ou mais práticas, tais como religião e astrologia, ou informática e economia.

Por outro lado, há alguns pesquisadores que defendem que o *relativismo* e o *construtivismo social* podem trazer contribuições para a educação científica. Ileana Greca e Olival Freire Júnior⁴⁵ argumentam que os elementos proveinentes das análises de autores dessa tendência pós-moderna poderiam fornecer uma imagem mais rica e realista da ciência contemporânea, e que para evitar tendências irracionais seria melhor discuti-las nas salas de aula, em vez de simplesmente ignorá-las ou mesmo rejeitá-las. Para isso analisam obras do sociólogo português Boaventura Santos, considerando suas possíveis contribuições para o ensino. Também apresentam como possíveis contribuições para a educação pesquisas de história social das ciências, como as de Daniel Kevles, David Kaiser e do brasileiro Carlos Ziller.

A tese de Forman⁴⁶, ainda que controversa, tornou-se um texto clássico dos estudos de história, filosofia e sociologia das ciências, sendo traduzida para inúmeras línguas e debatida com frequência em Programas de Pós-graduação. Igualmente controverso foi o trabalho de Boris Hessen sobre influências sociais na obra de Newton, publicado em 1931. Tanto Forman como Hessen foram muito debatidos e adotados como modelos metodológicos para os estudiosos do movimento denominado *Science Studies*, por mostrarem a ciência como uma atividade essencialmente humana, e, portanto também terrena social e cultural⁴⁷.

Alguns orientandos do professor João Zanetic, que defenderam dissertações de mestrado no Programa Interunidades em Ensino de Ciências da USP, também trouxeram contribuições de alguns autores conhecidos como “relativistas” para o ensino de ciências. Todos adotam em comum a visão freireana de que tudo merece ser problematizado, inclusive nossa confiança na ciência contemporânea.

Alexandre Custódio Pinto⁴⁸ explorou algumas perspectivas educacionais oriundas da epistemologia de Paul Feyerabend, concebendo a educação científica como iniciação em uma tradição cultural. Valorizou os debates entre teorias concorrentes, abordando o problema do movimento da Terra, os argumentos envolvidos na superação do Geocentrismo pelo Heliocentrismo e até mesmo controvérsias atuais na ciência, apresentando e discutindo a teoria da Mecânica Relacional do físico brasileiro André Assis.

Adalberto Oliveira⁴⁹ criticou o cientificismo presente em muitas obras de ficção científica, que tentam convencer seus leitores a adorar a ciência, persuadindo-os a venerá-la, em uma devoção submissa. Com base nos estudos de autores como Paulo Freire, Mikhail Bakhtin, Lev Vygotsky, Thomas Kuhn e Paul Feyerabend, defendeu a ficção científica como uma forma de apresentar e *discutir* os mitos culturais que recheiam nosso imaginário, influenciando nossas concepções de ciência e tecnologia. Ao invés de apresentar a ficção científica “como uma sereia que seduz o jovem” para que ele se afunde ainda mais no mar tecno-científico, Oliveira e Zanetic defendem que “a ciência não seja apresentada apenas como algo que liberta e apraz, pois que ela também aprisiona e oprime”⁵⁰.

Marcília Barcelos⁵¹ apresentou uma reflexão crítica sobre a formação de pesquisadores em física, partindo dos estudos sociais sobre a ciência realizados por Bruno Latour. Sua proposta pretende estimular discussões sobre as ciências nos cursos de bacharelado, a partir do estudo histórico da relação massa-energia, $E=mc^2$, buscando favorecer a formação de um futuro pesquisador crítico, autônomo e consciente, que reflita sua prática, seus objetivos e os

impactos de sua atividade. Ela se posicionou contra os críticos do Programa Forte da Sociologia da Ciência e de suas contribuições para o Ensino de Ciências⁵² argumentando que se analisarmos a evolução das ideias de Latour em sua obra, podemos trazer contribuições interessantes para a educação. Assim, sua leitura é de que Latour não seria um autor puramente “relativista radical” ou “determinista social”.

Leandro Daros Gama⁵³ também aproveitou conceitos oriundos da obra de Latour para o ensino de ciências, em especial o conceito de “caixa preta” para defender a problematização da autoridade da ciência na educação básica. Entre seus estudos de caso, está o questionamento da autoridade atribuída ao modelo padrão da cosmologia, defendendo que haja espaço para teorias alternativas.

A obra de Bruno Latour é sem dúvida muito polêmica, e analisar com maior profundidade as possibilidades das contribuições de sua obra para o ensino de ciências está além das pretensões de nossa pesquisa. É interessante notar que mesmo entre autores como David Bloor e Bruno Latour, que foram classificados como “relativistas”, há profundas discordâncias sobre como se deve fazer uma pesquisa de qualidade tendo a ciência como objeto de estudo. David Bloor criticou Latour severamente por ter apoiado e encorajado um estereótipo completamente falso do Programa Forte da Sociologia da Ciência, ao propor que suas teses implicariam no absurdo de que o conhecimento seria “puramente social”. Bloor⁵⁴ considera lamentável, embora compreensível, que tal distorção seja difundida por críticos mal informados que estão fora deste campo de pesquisa, mas acha incompreensível que isso seja feito por um autor central do movimento.

Uma crítica à visão “consensual” para o ensino

Tendo em vista essas controvérsias e a complexidade das questões levantadas, é bastante arriscado estabelecer uma suposta “concepção adequada de ciência” como se fosse a única visão correta.

Pesquisadores do Ensino de Ciências que apresentam listas de tópicos sobre a *visão consensual* da natureza da ciência têm sido prudentes, apresentando-as como um consenso pedagógico que não é absoluto, mas sujeito ao debate e passível de mudança com o tempo.

Uma revisão da literatura especializada sobre a natureza da ciência necessita ser realizada levando-se em conta que, assim como o conhecimento científico, as concepções sobre a natureza da ciência são necessariamente tentativas e históricas. Em outras palavras, devemos estar cientes que concepções da natureza da ciência adotadas atualmente por professores de ciências e organizações do ensino de ciências não são ‘inerentemente melhores’ do que, por exemplo, aquelas enfatizadas durante os anos de 1960. Foi somente com a vantagem da visão retrospectiva que tais comparações normativas puderam ser feitas⁵⁵.

Apesar de os pesquisadores estarem cientes da necessidade de cautela em relação à imposição de uma visão “adequada” sobre a ciência, é preocupante que, com a divulgação destes trabalhos, essas frases cautelosas presentes nos artigos sejam depois esquecidas. Assim, encontraríamos professores utilizando a lista de aspectos “consensuais da natureza da ciência” como um novo conteúdo a ser ensinado nas aulas de ciências.

Mesmo reconhecendo o valor das diversas pesquisas realizadas nos últimos anos, concordamos com as críticas de Gürol Irzik e Robert Nola à tendência de se evitar controvérsias sobre a natureza da ciência no ensino. Estes autores afirmam que:

A chamada “visão consensual”, que devemos principalmente a Norman Lederman e seus colaboradores (Abd-El-Khalick 2004; Bell 2004; Cobern and Loving 2001; Flick and Lederman 2004; Hanuscin et alli 2006; Khishfe and Lederman 2006; Lederman 2004; McComas et alli 1998; McComas and Olson 1998; Osborne et alli 2003; Smith and Scharmann 1999; Ziedler et alli 2002), busca contornar as dificuldades relacionadas ao ensino da natureza da ciência, apresentando apenas os aspectos menos controversos⁵⁶.

A crítica de Irzik e Nola⁵⁷ ao que chamaram de “visão consensual da natureza da ciência” pode ser resumida nos seguintes tópicos:

- 1) *Essa postura mostra uma visão muito pobre da ciência; por exemplo, quando se afirma que “não existe um método científico universal e atemporal”. Embora esta afirmação seja consensual, ao se limitar a aceitá-la, deixa-se de refletir sobre as diferentes metodologias gerais utilizadas pelos cientistas em sua prática;*
- 2) *Mostra uma visão única de ciência, cega às diferenças entre as disciplinas, como entre a cosmologia, uma ciência baseada em observações astronômicas e modelos físicos, e a química e outras ciências empíricas, cujas teorias podem ser testadas em laboratórios;*
- 3) *Não ficam claras as relações entre certos itens apresentados nas listas “consensuais”, sendo que existem tensões entre alguns deles. Por exemplo, muitas vezes é apresentada como consensual a tese de que a observação científica é carregada de teoria (“theory-laden”) e que as interpretações de dados experimentais são influenciadas por fatores subjetivos. Mas isso torna a objetividade da ciência impossível? Os desdobramentos filosóficos da relação teoria e realidade não são desenvolvidos, limitando muito o próprio debate sobre a natureza da ciência.*

Há uma forte concordância de que a ciência deve ser apresentada como uma construção humana e como um empreendimento complexo, de modo que devemos evitar uma visão da ciência rígida, não problematizada e não histórica^{bf}. Acreditamos que o mesmo pode ser argumentado em relação à postura dos educadores em relação às listas “consensuais” sobre a natureza da ciência, que não podem ser apresentadas de forma dogmática aos estudantes. Sugerimos que seria mais rico substituir essas listas de consensos por tensões, deixando evidente que há debates não concluídos sobre estes assuntos.

Seguindo a tradição de autores que tem defendido a inserção de aspectos da história e filosofia da ciência no ensino de ciências, acreditamos que posturas moderadas nos debates controversos sobre a natureza da ciência são as mais adequadas⁵⁹.

Esse tipo de discussão aberta sobre aspectos controversos da natureza da ciência pode contribuir para posições mais críticas dos estudantes. Para tanto, os professores não têm de defender sua própria posição particular, abstenendo-se assim de mudar as ideias dos estudantes para que se tornem iguais às suas⁶⁰. Discussões controversas são frequentemente evitadas porque, não havendo, pela própria natureza do objeto discutido, uma conclusão definitiva no final, facilmente se tem a impressão de que, apesar do esforço para articular os inúmeros argumentos apresentados, não há evolução no debate, nem mudança das posições originais. Para evitar isso, professores de ciências devem estar preparados para conduzir discussões abertas no sentido de estimular os estudantes a criarem a sua própria visão sobre as questões debatidas, apesar da complexidade dos argumentos envolvidos.

Aceitamos os argumentos apresentados contra o *Programa Forte da Sociologia das Ciências* e suas contribuições para a educação, considerando que qualquer forma de determinismo social ou relativismo radical deva ser problematizada. Por defendermos uma postura pluralista e problematizadora, rejeitamos abordagens dogmáticas que dificultem o surgimento de abordagens diferentes, que possam dialogar entre si a partir de críticas construtivas. Portanto, isso também nos leva a buscar contribuições da sociologia da ciência ou da história social para as discussões sobre as ciências.

Os defensores do racionalismo frequentemente consideram que abordagens relativistas poderiam ser perigosas para os jovens iniciantes, como sugeriu o historiador da ciência Stephen Brush em seu artigo *A história deveria ser proibida para menores de idade?*⁶¹. Quando se ensina ciência, normalmente os professores querem que seus alunos vejam os cientistas como seres humanos, mas que respeitem os padrões de imparcialidade, rigor lógico e verificação experimental das hipóteses. Espera-se que o cientista evite teorizações excessivas sobre fenômenos novos ou não explicados, baseadas em preconceitos metafísicos, místicos ou teológicos⁶². Nessa concepção, o contato com teorias descartadas ou com visões críticas da ciência contemporânea poderia ser subversivo, induzindo os estudantes a aceitarem ideias atualmente consideradas ultrapassadas, ou desanimá-los por destruir sua confiança na autoridade da ciência.

Para Brush, porém, a postura de proibir a história da ciência para “menores de idade” só deveria ser adotada por professores que desejem “doutrinar seus estudantes no papel tradicional do cientista como um investigador neutro”⁶³. Para isso, seria legítimo até mesmo usar uma história fictícia ou “presentista” para ilustrar as teses sobre o método científico. Contudo, Brush defende que essa postura deve ser evitada, realçando a importância de se apresentar uma visão de ciência mais próxima da história “real” para os estudantes:

*Por outro lado, aqueles professores, que desejam neutralizar o dogmatismo dos textos didáticos e transmitir algum entendimento da ciência como uma atividade que não pode estar divorciada de considerações metafísicas ou estéticas, podem encontrar algum estímulo na história da ciência*⁶⁴.

Concordando com Brush⁶⁵, Oliveira⁶⁶ considera que essa visão cautelosa, que busca esconder a história da ciência dos estudantes jovens “confunde história com histeria, e parte de uma visão deturpada e muito pessimista do ser humano, legitimando uma distorção/invasão cultural ao manipular-lhe a reflexão e, portanto, a práxis”.

Diversos cientistas também têm apresentado, como membros internos dessa comunidade, visões críticas da ciência. Condenaram, por exemplo, a burocratização, a presença de modismos, a falta de estímulo para a imaginação e a criatividade nas pesquisas, as falhas do sistema de revisão por pares, o crescimento de uma visão comercial e capitalista da ciência que levaria a distorções éticas e intelectuais, e muitos outros males⁶⁷.

Acreditamos que cada professor pode fazer uso de diferentes tipos de história da ciência, dependendo de seus objetivos pedagógicos. Na formação de cientistas, quando se pretende vincular a publicação do maior número de artigos com o menor tempo de formação possível, estimulando a produtividade e economia de recursos investidos, o uso de uma reconstrução racional da história da ciência parece ser a melhor opção. O mesmo vale para a educação básica, se pensarmos num ensino propedêutico que avalia a qualidade do ensino pela quantidade de conteúdo assimilada pelos alunos no menor tempo possível. Por outro lado, se pudermos nos dar ao luxo de permitir aos nossos cientistas terem um pouco mais de tempo para refletir criticamente sobre sua área de estudo; ou se quisermos formar cidadãos que possam analisar a ciência contemporânea de forma crítica, reconhecendo seu valor e os perigos oriundos da confiança cega em sua autoridade, então uma pluralidade de abordagens historiográficas e filosóficas lhes devem ser apresentadas, desde sua formação escolar básica.

As histórias com ênfase mais internalista são indicadas para o professor que privilegia o aprendizado de conteúdos científicos, ou nos episódios em que as influências sociais não tenham sido muito importantes, nem permitam realizar discussões interessantes sobre as ciências. Já as histórias da ciência que dão mais ênfase a possíveis influências recíprocas entre teorias científicas e seu contexto sócio-histórico podem ser particularmente interessantes para discutir relações entre ciência, tecnologia e sociedade⁶⁸.

Acreditamos que, sendo a ciência uma produção humana tão complexa e diversificada, não nos cabe assumir, a princípio, que fatores sociais, culturais, políticos e econômicos sejam sempre mais ou menos importantes que fatores experimentais, lógicos ou racionais. Cada caso deve ser analisado separadamente, tanto no âmbito dos estudos de sociologia, história ou filosofia da ciência, quanto nas discussões sobre as ciências no contexto da educação. Para isso, é essencial a colaboração entre educadores, pesquisadores da área de ensino de ciências, historiadores, sociólogos e filósofos da ciência na produção de textos, materiais didáticos e sequências didáticas que possam ser utilizados na formação de professores de ciências e em aulas do ensino médio e fundamental.

Um jogo didático para discutir questões controversas sobre a natureza da ciência

Para ilustrar como questões controversas sobre a natureza da ciência podem ser debatidas em aulas de física do ensino médio, apresentamos uma breve descrição de uma sequência didática que foi investigada em escolas públicas da cidade de São Paulo.

A sequência foi produzida pelo grupo de pesquisa composto por pesquisadores em ensino de ciências do Programa Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo e professores de física de escolas públicas do Estado de São Paulo. A primeira sequência didática produzida coletivamente por este grupo, liderado pelo prof. Ivã Gurgel, tratou da Relatividade Restrita, com foco na questão do Paradoxo dos Gêmeos⁶⁹. Em maio de 2012, o grupo iniciou a criação de uma sequência sobre cosmologia, tendo como base os estudos histórico-filosóficos realizados nesta pesquisa.

Como forma de diversificar as estratégias para o ensino de história da ciência, que normalmente envolve somente a leitura, discussão e interpretação de textos, o grupo decidiu criar um jogo didático. Além de introduzir um mecanismo para tornar a leitura mais lúdica e significativa, também pretende-se estimular a argumentação, capacidade de trabalhar em grupos e a habilidade de selecionar informações relevantes em uma pesquisa. O objetivo geral do jogo é permitir aos estudantes uma compreensão mais rica sobre as formas com que a ciência se relaciona com seu contexto histórico-social. Para isso, o jogo visa à investigação da história da ciência no início do século XX, principalmente entre 1914 e 1939, refletindo e discutindo sobre possíveis relações entre a história política mundial e o desenvolvimento da cosmologia relativística.

Neste jogo, que constitui a estrutura principal da sequência didática, os objetivos gerais são problematizar tanto a visão do cientista neutro, livre de influências ideológicas, quanto o relativismo ingênuo, a visão do cientista dominado por influências ideológicas. Buscamos apresentar a ciência como uma construção humana influenciada pelo contexto histórico-social, mas não determinada exclusivamente por ele.

Ainda que seja baseado em estudos de história da cosmologia que se preocupam com a qualidade histórica das questões discutidas⁷⁰, o jogo possui também certos elementos fictícios que buscam tornar a experiência lúdica mais atrativa para os estudantes. Um dos principais desafios desta proposta foi buscar estratégias para lidar com a tensão entre as visões de historiadores da ciência e educadores sobre formas de levar a história e da filosofia das ciências para a educação, analisada com detalhe por Forato⁷¹.

254

Para os profissionais da história da ciência, características como a profundidade do estudo, o rigor histórico e a preocupação com distorções são essenciais para a qualidade das pesquisas. Já no ensino de ciências, há o desafio de apresentar os casos históricos com maior extensão do que profundidade para permitir aos alunos um primeiro contato mais superficial e abrangente de cada período histórico, uma vez que o tempo didático disponível é muito menor para o aluno do que o tempo de pesquisa do historiador profissional. Para os jovens não é possível nem desejável apenas mostrar a complexidade e riqueza de detalhes presentes em qualquer episódio histórico analisado com um olhar profundo. É essencial que sejam feitas simplificações e uma busca por maior compreensibilidade. Portanto, nessa tensão entre simplificação e complexificação, há sempre o risco de exageros para qualquer um dos dois lados, tanto através da construção de uma atividade muito pobre, com distorções históricas graves, que inevitavelmente causam muitos danos ao transmitir visões ingênuas sobre a natureza da ciência, quanto ao se construir uma sequência didática excessivamente complicada e específica, que não poderá ser compreendida nem pelos professores nem pelos alunos, e que também causará danos indiretos ao negligenciar outros objetivos de aprendizagem não relacionados à história da ciência.

Como objetivos específicos, queremos que os alunos possam compreender conceitos de cosmologia, como: constante cosmológica e universo estático; expansão do universo e o desvio espectral para o vermelho; a relação entre desvio espectral e distância e as diferentes interpretações para o desvio para o vermelho, percebendo que os mesmos dados podem ser interpretados de diferentes maneiras. Queremos também que eles possam refletir sobre o conceito de “descoberta” na ciência, percebendo as distorções comuns veiculadas pela mídia, interpretando a criação de teorias como produtos da mente de cientistas isolados a partir de *insights* geniais; discutir os possíveis candidatos para a “descoberta” da expansão do universo, percebendo que a construção dessa teoria teve muitos colaboradores; entender o processo de aceitação dos artigos científicos a partir da avaliação por pares; perceber tanto a importância das observações astronômicas para a decisão de qual seria o melhor modelo cosmológico, quanto algumas influências humanas sobre a atividade científica, nas relações de poder entre cientistas, disputas de prioridade e na avaliação dos resultados obtidos.

O episódio histórico escolhido foi a criação e aceitação de modelos cosmológicos entre 1917 e 1939, na Europa Ocidental e na URSS. Esses episódios são especialmente adequados à nossa discussão, sobretudo porque nessa época as influências políticas e religiosas sobre a ciência foram particularmente importantes. Conforme detalhado nas seções anteriores, não há consenso quanto à relevância das influências “externas”, quando comparadas com fatores usualmente denominados “internos”, sendo a própria definição de “interno” e “externo” complexa e sujeita a discordâncias. Porém, na construção das fontes históricas que usamos no jogo, que não serão apresentadas em detalhe neste artigo, buscamos contribuições tanto de histórias da cosmologia com maior ênfase nos conceitos físicos, experimentos e debates sobre teorias cosmológicas em artigos publicados em periódicos^{bt}; quanto de teses históricas mais preocupadas com a análise de como fatores políticos, culturais e econômicos afetaram a ciência⁷³.

O cenário fictício do jogo começa no início da Primeira Guerra Mundial (1914), com o professor se apresentando como o dirigente de uma subdivisão recém-formada da Fundação Rockefeller, responsável pelo incentivo ao desenvolvimento da cosmologia. Os objetivos dessa instituição são a busca e o financiamento filantrópico de atividades humanas que promovam o desenvolvimento humano em geral, incluindo o desenvolvimento científico⁷⁴. Em seguida, o professor justifica o surgimento da subdivisão referida, afirmando que nesta época estão começando a surgir pesquisas que podem trazer informações relevantes para o entendimento da humanidade sobre o universo. Os alunos, representando membros da Fundação Rockefeller, são divididos em 7 grupos, 6 grupos de investigadores e 1 grupo que compõe o júri. A meta de cada grupo de investigadores é buscar, ao redor do mundo, informações sobre países e cientistas com potencial para desenvolver pesquisas sobre cosmologia, e em seguida orientar o júri na decisão de onde e como devem ser feitos os financiamentos programados pela fundação.

O jogo é dividido em três fases, que representam três períodos distintos (1914-1924; 1925-1931; 1932-1939). Cada uma destas fases possui três etapas, cada qual sendo desenvolvida em uma aula distinta.

Na primeira etapa os alunos pesquisam sobre a história da cosmologia “viajando” por um tabuleiro representativo dos países que mostra os caminhos possíveis de serem realizados. A cada visita a um país, o grupo recebe um cartão contendo textos e ilustrações sobre história, política, cultura, ciência e economia relativas à época considerada, as chamadas “pistas”. Os países foram escolhidos com base nas pesquisas realizadas sobre as teorias cosmológicas mais importantes em cada período. Por isso, o tabuleiro não é um *mapa-mundi*, mas sim um mapa da Europa e Estados Unidos. Com base na leitura e discussão das informações registradas nas investigações, os alunos apresentam para o resto da sala as informações que julgaram relevantes e votam em um país que possui potencial para receber investimentos da fundação. Ao final da aula o professor recebe dos alunos, por escrito, as justificativas de sua escolha, para que o professor decida quais foram os melhores argumentos.

A segunda etapa é uma sistematização feita pelo professor sobre os eventos mais relevantes da época em questão, tanto na história política quanto na história da cosmologia, seguindo um plano de aula elaborado para cada fase do jogo. Na terceira etapa, com base nas novas informações apresentadas pelo professor, os alunos escolhem um cientista para receber um prêmio por seu trabalho no período. O objetivo principal desta aula é que os alunos possam formular argumentos sobre o que é uma boa teoria científica, tendo como condições de contorno o fato que ele faz parte da subdivisão de cosmologia da Fundação Rockefeller. Ao final, o júri, com ajuda do professor, decide quais foram os melhores argumentos apresentados, e, portanto, define qual cientista receberá o prêmio.

A introdução envolve, além do cenário inicial do jogo, também uma discussão sobre “o que é cosmologia?” e sobre algumas diferenças entre cosmologia e astronomia. Para isto são apresentados vídeos e discussões sobre as dimensões e distâncias que podemos calcular com base em observações astronômicas, com o objetivo de propor aos alunos o desafio e a pretensão de se tentar entender o universo como um todo.

As outras três fases do jogo são todas divididas em três etapas cada uma: 1. Etapa de investigação (busca por pistas); 2. Etapa de sistematização dos acontecimentos 3. Etapa de argumentação e premiação de cientista. Os alunos têm um primeiro contato com os elementos relevantes da época no momento de investigação, em um exercício de selecionar e organizar informações relevantes, percebendo ao longo do processo o que é mais importante para o

aprendizado de cada um. Um risco desta etapa é que seja transmitida uma visão pobre de história da ciência aos alunos, que poderia ser reduzida a um amontoado de nomes e fatos. Após a investigação, há um segundo contato com os elementos da época, através de uma aula de discussão e sistematização dos eventos mais importantes deste período, tanto na história política, quanto na história da cosmologia, de forma a enfatizar elementos que são relevantes para a história da cosmologia. Finalmente, cada fase tem uma aula dedicada exclusivamente à argumentação entre os alunos a respeito de qual cientista da época considerada deve receber um prêmio. Neste momento, os alunos estão livres para usar como argumento qualquer informação obtida pelas pistas ou pela aula de sistematização.

Análise do jogo

A sequência didática foi ministrada em uma escola da rede estadual de São Paulo durante o 1º semestre de 2013. As aulas foram registradas em áudio e vídeo. Contudo, para os fins deste artigo não analisaremos detalhadamente cada uma das aulas ministradas, mas somente indicaremos as características principais do jogo que julgamos importantes para a promoção de debates envolvendo aspectos controversos da ciência.

O jogo é baseado em estudos de história da ciência, com uma proposta descritiva do processo de construção de modelos cosmológicos entre 1910 e 1940. Porém, parte importante do aprendizado dos alunos também se dá em discussões sobre o valor da ciência. Os alunos recebem orientações gerais sobre que tipo de pesquisa devem realizar ao longo do jogo, porém têm a liberdade de escolher os aspectos históricos que lhes parecem mais interessantes, podendo orientar seu próprio processo de aprendizagem com base nos aspectos que julgam mais relevantes para a sua própria formação.

No jogo há sempre uma tensão constante quando se deve realizar qualquer escolha: o que se deve privilegiar, os aspectos mais “internos” à comunidade científica, como se os modelos foram bem formulados, se fizeram previsões testáveis e se as observações astronômicas estão dando suporte a esses modelos? Ou devemos pensar mais no contexto social em que os cientistas estão inseridos, se as condições econômicas, sociais e políticas no país são favoráveis ao desenvolvimento de boa ciência? Isso envolve, naturalmente, discutir o que é boa ciência, que tipo de sociedade se quer e o que tudo isso tem a ver com a cosmologia. Evidentemente todas essas questões não são nada “consensuais”, mas acreditamos que são todas importantes para a formação de alunos críticos.

Como o jogo envolve investigações com base em uma divisão regional, realizada a partir de investigações sobre a história da ciência em diferentes países e em diferentes períodos, os alunos entram em contato com a história política e cultural dos países envolvidos no episódio histórico considerado. Com isso, é possível conduzir inúmeras reflexões sobre acontecimentos sociais, artísticos e outros que permitem perceber a relação da ciência com sua época. Assim, o professor pode conduzir discussões de modo a mostrar a ciência como o produto de um período histórico, influenciada, mas não determinada por seu contexto sociocultural. Também é possível avaliar como determinado saber muda ao longo do tempo, evitando a visão das teorias científicas como verdades absolutas. Porém, ao mesmo tempo, é importante ressaltar que os debates realizados foram pautados em observações astronômicas e suas interpretações baseadas em teorias físicas, de forma que visões relativistas ingênuas da ciência também podem ser problematizadas.

Durante o jogo, os estudantes avaliaram as contribuições que diferentes cientistas deram à cosmologia ao estudarem, por exemplo, os desvios espectrais para o vermelho de nebulosas espirais, corpos que hoje chamamos de galáxias. A partir de discussões sobre o valor dos resultados obtidos, a dinâmica do jogo facilita a percepção de que o universo em expansão é uma inferência a partir de um conjunto de dados realizada a partir de um processo coletivo e estendido no tempo, e não uma descoberta isolada de Edwin Hubble feita ao apontar o seu grande telescópio para as galáxias e constatar que estão se afastando. Foram apresentadas e debatidas explicações diferentes para as mesmas observações, incluindo as dúvidas de Hubble em relação à expansão do universo e sua simpatia pela teoria da “luz cansada”⁷⁵. Assim esperamos que os alunos percebam que as interpretações dos dados são sujeitas a discordâncias e influências de fatores culturais, religiosos ou sociais.

Os debates entre Albert Einstein, Alexander Friedmann e Georges Lemaître sobre a expansão do universo permitiram realizar reflexões sobre a influência de crenças, concepções estéticas e outros fatores sócio-culturais sobre a ciência. Mesmo que historiadores discutam, por exemplo, sobre o quanto o fato de Lemaître ser religioso sobre o quanto o fato de ele ser padre pode ter efetivamente influenciado suas concepções sobre modelos cosmológicos^{bx}, a possibilidade de que cientistas sejam influenciados por crenças aparece explicitamente, de forma que aspectos deste debate historiográfico foram apresentados de forma didática aos estudantes.

Com isso, os estudantes debateram questões como: Einstein estava certo ao introduzir a constante cosmológica? A comunidade científica foi racional, se levamos em conta escalas maiores de tempo? A postura de Einstein foi adequada quando ele admitiu que estava errado? Devemos valorizar cientistas que, como Einstein, assumiram seus erros, ou é melhor valorizar cientistas como Hubble, que foram bem sucedidos em divulgar suas contribuições como mais importantes que a de seus rivais?

Os alunos debateram sobre o quanto a cosmologia foi influenciada por fatores muitas vezes considerados “externos” à ciência, como religião, política e cultura, deixando claro que a ciência não é uma atividade neutra. Os cientistas muitas vezes são movidos por compromissos teóricos que envolvem conhecimentos prévios, expectativas e crenças.

Apesar disso, encontramos poucos alunos defendendo visões relativistas de ciência, o que parece contrariar os temores dos que julgam muito arriscado trazer contribuições da história social para a educação básica.

Caso tivéssemos adotado questionários como o VNOS para investigar as concepções de ciência dos estudantes, seguindo a abordagem “consensual” sobre a natureza da ciência, teríamos concluído que suas concepções eram ingênuas ou inadequadas. A maioria dos alunos expressou concepções pouco relativistas e mais próximas de visões racionalistas da ciência, que consideram influências sociais como distorções a serem evitadas.

Conforme pretendemos detalhar em trabalhos futuros, vamos argumentar que este jogo didático permite uma análise mais rica destas concepções “inadequadas”, permitindo o detalhamento de nuances como diferenças entre visões prescritivas e descritivas da ciência.

257

Considerações finais

Elaboramos uma proposta de jogo didático e, a partir de sua análise, encontramos alguns temas de debate relevantes para o ensino de aspectos controversos e não consensuais da natureza da ciência, tais como a relevância de aspectos culturais, sociais, políticos, crenças pessoais e religiosas no desenvolvimento da ciência em diversas épocas e regiões. Verificou-se também que certos elementos do debate, como observações astronômicas, suas interpretações e os modelos de universo criados a partir delas, mudam em diferentes períodos históricos, gerando problematizações relevantes para o próprio desenvolvimento do debate.

Esta proposta, mesmo que elaborada visando uma abordagem em cosmologia, apresentou uma dinâmica de discussões que pode ser adaptada para outros assuntos no ensino de ciências e para enfatizar outros aspectos da natureza da ciência sem muitas dificuldades. Assim, consideramos que o mesmo caminho metodológico pode ser explorado quando se busca ensinar outros conteúdos.

Finalizando, gostaríamos de ressaltar que consideramos a realização de discussões sobre aspectos controversos da ciência essenciais para formar cidadãos críticos, conhecedores da riqueza da construção do conhecimento científico e, ao mesmo tempo, conscientes dos limites da autoridade científica, capacitados para contestar de maneira sensata e equilibrada as afirmações emitidas por especialistas sobre que tipo de sociedade queremos no futuro.

Notas e Referências bibliográficas

Alexandre Bagdonas é doutorando no Programa Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo. E-mail: alexandre.bagdonas@usp.br.

João Zanetic é Professor Sênior do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. E-mail: zanetic@if.usp.br.

Ivã Gurgel é Professor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. E-mail: gurgel@if.usp.br.

- 1 Agradecemos o financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, processo 2011/07928-0; à professora Cibelle Silva que orientou a dissertação de mestrado que deu origem a esta pesquisa, continuada com auxílio dos grupos de pesquisa dos professores João Zanetic e Ivã Gurgel. Além de agradecer às contribuições de diversos membros destes dois grupos, merecem destaque André Moreira, Vitor Machado e Felipe Velasquez que foram coautores na criação do Jogo COSMIC e Evandro Rozentalski que além de ajudar testando o jogo, também contribui com discussões sobre controvérsias sobre a natureza da ciência
- 2 FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências, *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.
- 3 SHANAHAN, M.C. Identity in Science Learning: Exploring the Attention Given to Agency and Structure in Studies of Identity. *Studies in Science Education*, v. 45, n. 1, p. 43-64, 2009; CALABREASE BARTON, A. Teaching Science with Homeless Children. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, p. 379-394, 1988; CALABREASE BARTON, A., TAN, E., RIVET, A. Creating Hybrid Spaces for Engaging School Science among Urban Middle School. *American Educational Research Journal*, 45, p. 68-103, 2008.
- 4 SHANAHAN, op. cit., 2009.
- 5 TADEU, T. *Documentos de Identidade*. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.
- 6 MOREIRA, A. F. B.; TADEU, T. Sociologia e Teoria Crítica do Currículo: Uma Introdução. IN: ____ (Org.). *Currículo, Cultura e Sociedade*. São Paulo: Editora Cortez, 2011.
- 7 MOREIRA, A. F. B.; TADEU, T. op. cit., 2011; LOPES, A. C.; MACEDO, E. *Teorias de Currículo*. São Paulo: Editora Cortez, 2011.
- 8 APPLE, M. *Conhecimento Oficial: A Educação Democrática numa Era Conservadora*. Petrópolis: Ed. Vozes, 1999.
- 9 FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.
- 10 FREIRE, P. *Pedagogia da esperança: um reencontro com a Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1993, p.119.
- 11 MOREIRA, A. F. B.; TADEU, T. op. cit., 2011; LOPES, A. C.; MACEDO, E. op. cit., 2011.
- 12 LEDERMAN, Norman G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992; LEDERMAN, N. Nature of science: past, present, and future. In: S. Abell e N. Lederman (Eds.). *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007, p. 831-880.
- 13 Ver, por exemplo, MCCOMAS, William F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008.
- 14 MATTHEWS, Michael R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- 15 SALÉM, Sonia; KAWAMURA, *Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1992-1995)*, São Paulo: s.n., Projeto USP/BID Formação de Professores de Ciências, 1996.
- 16 ZANETIC, João. *Física também é cultura*. 1989. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo; ANGOTTI, José André P. *Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências*. 1991. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação/ Instituto de Física, Universidade Estadual de São Paulo; DELIZOICOV, Demétrio. *Tensões e transições do conhecimento*. 1991. (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo; NEVES, M. C. D. *Uma perspectiva fenomenológica para o professor em sua expressão de "o que é isto, a ciência?"*. 1991. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Campinas; PEDUZZI, Luiz. *As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história e filosofia da ciência em um curso de mecânica*. 1998. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina; HARRES, João B. S. Uma Revisão de Pesquisas nas Concepções de Professores sobre a Natureza da Ciência e suas Implicações para o Ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, 1999.
- 17 PIETROCOLA, Maurício. *Élie Mascalart et l'optique des corps en mouvement*. 1992. Tese (Doutorado) – Université de Paris 7; FREIRE JÚNIOR, Olival. *A emergência da totalidade. David Bohm e a controvérsia dos quanta*. 1995. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. *A teoria cromossômica da hereditariedade: proposta, fundamentação, crítica e aceitação*. 1997. Tese (Doutorado em Genética) – Universidade Estadual de Campinas.
- 18 PESSOA JR., Osvaldo F. *Measurement in Quantum Physics: Experimental and Formal Approaches*. 1990. Thesis (Ph.D.) – Indiana University; BATISTA, Irinea. *A teoria universal de Fermi: da sua formulação inicial à reformulação V-A*. 1999. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- 19 LEDERMAN, op. cit., 1992, p. 331. (tradução livre)
- 20 LEDERMAN, Norm G., Fouad ABD EL KHALICK, Randy L. BELL, and Renèe S. SCHWARTZ. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.
- 21 TEIXEIRA, Elder Sales; FREIRE JÚNIOR, Olival; EL-HANI, Charbel Niño. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de Física. *Ciência & Educação*, v. 15, p. 529-556, 2009.
- 22 PORRA, A. C.; SALES, N. L. L.; SILVA, C. C. Natureza da ciência: concepções de licenciandos em ciências exatas. In: I Encontro de Física, 2011, Foz do Iguaçu, Pr. Atas do XIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2011.
- 23 LEDERMAN, op. cit., 1992; 2007.

- 24 GIL-PÉREZ, Daniel; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, João. Para uma Imagem Não-deformada do Trabalho Científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p.125-153, 2001.
- 25 LEDERMAN, op. cit., 1992; op. cit., 2007.
- 26 ABD-EL-KHALICK, Fouad; LEDERMAN, Norman G. Improving science teachers' conceptions of the nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education* v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000. LEDERMAN, op. cit., 2007.
- 27 McCOMAS, Willian F, Almazroa, H. & Clough, M. P. The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education*, v. 7, p. 511-532, 1998, p. 513; MOURA, Breno A. *A aceitação da óptica newtoniana no século XVIII: subsídios para discutir a natureza da ciência no ensino*. 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.
- 28 HARRIS, op. cit., 1999; GIL PEREZ et ali., op. cit., 2001, LEDERMAN 2007; FORATO, Thaís C. M. *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. 2009. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- 29 IRZIK, Gürol e NOLA, Robert. **A family resemblance approach to the nature of science for science education**, *Science & Education*, v. 20, 2011.
- 30 ALTERS, Brian. **Nature of science: A diversity or uniformity of ideas?** *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, p.1105–1108, 1997.
- 31 EFLIN, Juli; GLENNAN, Stuart e REISH, George. The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, n. 1, p. 107-116, 1999, p.108 (Tradução livre).
- 32 EFLIN; GLENNAN; REISH, op. cit., 1999; IRZIK; NOLA, op. cit., 2011.
- 33 EFLIN; GLENNAN; REISH, op. cit., 1999, p.109.
- 34 BARRA, Eduardo S. O. A realidade do mundo da ciência: um desafio para a história, a filosofia e a educação científica, *Ciência & Educação*, 5, 1, p. 15-16, 1998; MATTHEWS, Michael R., *Constructivism in science education: A philosophical examination*. Springer, 1998; PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o realismo científico de Mario Bunge e o ensino de ciências através de modelos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.
- 35 SLEZAK, Peter. **Sociology of scientific knowledge and scientific education: Part 1**, *Science & Education*, v. 3, n. 3, 265-294, 1994.
- 36 SLEZAK, op. cit., 1994, p. 266.
- 37 SLEZAK, op. cit., 1994, p. 273.
- 38 BLOOR, David. *Knowledge and social imagery*, London: Routledge, 1976, p.5. (Tradução nossa).
- 39 FORMAN, Paul. **Weimar culture, causality, and quantum theory: adaptation by German physicists and mathematicians to a hostile environment**, *Historical Studies in the Physical Sciences*, v. 3, p. 1-115. 1971.
- 40 NOLA, Robert; IRZIK, Gürol. *Philosophy, science, education and culture*. Vol. 28. Springer, 2005, p. 334.
- 41 MARTINS, Roberto de Andrade. Que tipo de história da ciência esperamos ter nas próximas décadas? *Episteme. Filosofia e História das Ciências em Revista*, v.10, p.39-56, 2000, p.51.
- 42 SLEZAK, op. cit., 1994, p.284.
- 43 KRAGH, Helge. **Social Constructivism, the Gospel of Science, and the Teaching of Physics**, *Science & Education*, 7,3, p. 231-243, 1998.
- 44 PIETROCOLA, op. cit., 1999.
- 45 GRECA, Ileana M., FREIRE JÚNIOR, Olival. **A “crítica forte” da ciência e implicações para a educação em ciências**. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 343-361, 2004.
- 46 FORMAN, op. cit., 1971.
- 47 KOJEVNIKOV, Alexei, CARSON, C., and TRISCHLER, H. The Forman Thesis: 40 Years After. Introduction to Weimar Culture and Quantum Mechanics In: KOJEVNIKOV, A.; CARSON, C.; TRISCHLER, H *Weimar Culture and Quantum Mechanics*. London and Singapore, 2011, p. 2.
- 48 PINTO, Alexandre C. *Tradição cultural, contraste entre teorias e ensino de física*. São Paulo, Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2003.
- 49 OLIVEIRA, Adalberto. *Física e ficção científica: desvelando mitos culturais em uma educação para a liberdade*. 2011. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.
- 50 OLIVEIRA, op. cit., 2011, p.24.
- 51 BARCELOS, Marcília. *História, Sociologia, Massa e Energia. Uma reflexão sobre a formação de pesquisadores em física*. 2008. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2008.
- 52 Como BARRA, op. cit., 1998 e PIETROCOLA, op. cit., 1999.
- 53 GAMA, Leandro Daros. *Autoridade da ciência e educação: abrindo caixas pretas com a problematização de discursos da mídia e temas da física*. 2011. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.
- 54 BLOOR, David. **Anti-latour**, *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 30, n. 1, p.81-112, 1999.
- 55 ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, op. cit., 2000, p.668. (Tradução livre)
- 56 IRZIK; NOLA, op. cit., 2011, p.592. (Adaptado. Tradução nossa)
- 57 IRZIN; NOLA, op.cit., 2011, p.592-593.
- 58 GIL PEREZ et al., op. cit., 2001.
- 59 EFLIN; GLENNAN; REISH, op. cit., 1999; PIETROCOLA, op. cit., 1999; BAGDONAS, Alexandre. *Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da*

história da cosmologia. 2011. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo; BAGDONAS, Alexandre; ZANETIC, João; GURGEL, Ivã. Críticas à visão consensual da natureza da ciência e a ausência de controvérsias na educação científica: o que é ciência, afinal? In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 15., 2012, *Anais...* (no prelo); ROZENTALSKI, E.; BAGDONAS, A.; NORONHA, A. Realismo e Antirrealismo Científico: Pela pluralidade filosófica no Ensino de Ciências. In: INTERNATIONAL HISTORY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE TEACHING GROUP LATIN AMERICA, 2., 2012, Mendoza, *Anais...* (no prelo).

- 60 VENEZUELA, Osvaldo Dias. *Demarcando Ciências e Pseudociências para alunos do Ensino Médio*. 2008. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.
- 61 BRUSH, Stephen G. Should the history of science be rated X? *Science*, v. 183, p. 1164-1172, 1974.
- 62 BRUSH, op. cit., 1974, p.1164.
- 63 BRUSH, op. cit., 1974, p.1170.
- 64 Idem.
- 65 BRUSH, op. cit., 1974.
- 66 OLIVEIRA, op. cit., 2011, p.73.
- 67 SHAPIN, Steven. Rarely Pure and Never Simple: Talking about Truth. *Configurations*, n. 7, p.1-14, 1999.
- 68 NORONHA, André B.; GURGEL, I. Reflexões sobre diferentes ênfases históricas do episódio das origens da Teoria da Relatividade Especial e implicações para o ensino de ciências. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 13., 2012, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2012, p.1-15.
- 69 PIETROCOLA, Maurício et al. Development of a TLS on the relativity of time and the Twin Paradox: Analysis of its Structural Elements. In: THE WORLD CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION, Turkey, 2012.
- 70 Como, por exemplo, KRAGH, Helge. *Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe*. Princeton: Princeton University Press, 1996. BAGDONAS, op. cit., 2011.
- 71 FORATO, op. cit., 2009. Na construção da sequência, o grupo debateu os parâmetros criados nessa tese de doutorado para guiar a inserção de episódios históricos na educação básica. Esses debates serão analisados em trabalhos futuros.
- 72 Como NORTH, John David. *Measure of the universe: a history of modern cosmology*. New York: Dover, 1965.
- 73 Como KRAGH, op. cit., 1996; HEILBRON, John L. *The dilemmas of an upright man: Max Planck as spokesman for German science*. University of California Press, 1987; KEVLES, Daniel. Albert Einstein: Relativity, War, and Fame. In: A CENTURY OF BOOKS. Princeton: University Press, 1905-2005, p.115-24, 2005; GALISON, Peter. Einstein's clocks: The place of time. *Critical Inquiry*, v. 26, n. 2, p. 355-389, 2000; KOJEVNIKOV, Alexei. A grande ciência de Stalin: tempos e aventuras de físicos soviéticos no exemplo da biografia política de Lev Landau, *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 4, n. 1, p. 6-15, 2011.
- 74 Este cenário, ainda que fictício, foi baseado na história da Fundação Rockefeller. Para mais detalhes ver <http://www.rockefellerfoundation.org/>. Porém jamais houve uma subdivisão de cosmologia nesta fundação.
- 75 ASSIS, André. K. T.; NEVES, Marcos C. D. e SOARES, Domingos S. d. L. A cosmologia de Hubble: De um universo finito em expansão a um universo infinito no espaço e no tempo. In: NEVES, M. C. D.; SILVA, J. A. P.(Ed.), *Evoluções e Revoluções: O Mundo em Transição*. Maringá: Editora Massoni e LCV Edições, 2008, p. 199-221.
- 76 BAGDONAS, op. cit., 2011; KRAGH, op. cit., 1996.

[Recebido em Dezembro de 2013. Aprovado para publicação em Setembro de 2014].