

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Autoridade da ciência e educação

**Abrindo caixas pretas com a problematização
de discursos da mídia e temas da Física**

Leandro Daros Gama

Orientador: Prof. Dr. João Zanetic

São Paulo
2011

Universidade de São Paulo

Instituto de Física
Faculdade de Educação
Instituto de Biologia
Instituto de Química

Autoridade da ciência e educação
Abrindo caixas pretas com a problematização
de discursos da mídia e temas da Física

Authority of science and education

Opening black boxes with problematization of
discourses of media and themes of physics

Leandro Daros Gama

Dissertação submetida à banca
de Defesa para a obtenção do
título de Mestre em Ensino de
Física

Orientador: Prof. Dr. João Zanetic

Palavras-chave: Física; Ensino de Física; Autoridade da Ciência; Filosofia da Ciência

Keywords: *Physics; Physics Teaching; Authority of Science; Philosophy of Science*

São Paulo

2011

Financiamento: FAPESP

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Gama, Leandro Daros

Autoridade da ciência e educação: abrindo caixas pretas com a problematização de discursos da mídia e termos da física. - São Paulo, 2011.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. João Zanetic

Área de Concentração: Física

Unitermos: 1.Física – Estudo e ensino; 2. Filosofia da ciência; 3. Epistemologia.

USP/IF/SBI-051/2011

Às minhas avós, Rosa e Maria,
que estarão sempre vivas nas
minhas lembranças mais
carinhosas. Que estejam em Paz
ao lado de Deus e dos Anjos.

Índice

Agradecimentos	01
Resumo	02
<i>Summary</i>	03
1. Introdução	04
1.1. A autoridade da ciência	04
1.2. Caixas pretas	08
1.3. Aspecto social: o conhecimento como poder de decisão	09
1.4. Aspecto educacional: o conhecimento como problematização	13
1.5. Discussão epistemológica	17
1.5.1. Quadro teórico	17
1.5.2. Ensaio epistemológico: O conceito de demonstração	24
2. Discursos de autoridade da ciência	32
2.1. Descrição e intenção da amostragem	32
2.2. A autoridade da ciência em textos e mídias: explorando exemplos	32
2.2.1. O discurso de autoridade da ciência no contexto comercial: a propaganda	32
2.2.2. O discurso de divulgação na mídia: temas científicos e temas políticos	35
2.2.3. Tipos e escalas de discursos	37
2.2.4. O discurso na divulgação científica	39
2.2.5. Uma nota sobre a autoridade da ciência na ficção científica: o filme “2012”	50
2.2.6. A problemática do termo “cientista”	51

3. Exercícios epistemológicos	53
4. Estudos de caso: problematizando temas da Física	56
4.1. O caso das leis de Newton	56
4.1.1. As formas de Verdade	57
4.1.2. O que há dentro da caixa preta e por que abri-la?	57
4.1.3. O conteúdo das leis	58
4.1.4. A ideia de massa e o caso da matéria escura	60
4.1.5. Falseamento de Popper e Holismo de Quine	60
4.1.6. O porquê desse debate? - Consequências educacionais	62
4.2. A lei de Ohm	62
4.2.1. A demonstração em laboratório	62
4.2.2. Fazendo o exercício epistemológico crítico atuar sobre enunciados teóricos	64
4.2.3. Ilustrando o trilema de Fries	66
4.2.4. Mais algumas considerações para a sala de aula	67
4.3. A solução de Poincaré ao binômio Princípios x Convenções	68
4.4. A autoridade do Big Bang e do Modelo Cosmológico Padrão	69
5. Considerações finais	74
6. Referências bibliográficas	76
Apêndice: Relato da experiência de ministrar um curso de extensão	81

Agradecimentos

Em primeiro lugar, sem hesitar, agradeço a Deus – e não são enumeráveis as bênçãos que Ele me tem concedido – e a Jesus Cristo por tudo o que fez por mim.

Em segundo lugar, agradeço ao meu pai, Reinaldo, e à minha mãe, Doroti, por tantas coisas boas que já me deram e que por mim fizeram, que nem de longe seria capaz de citar todas. Mas, em particular, agradeço por todo o apoio (material e espiritual) que sempre me deram e pela família maravilhosa em que me proporcionaram nascer e crescer.

Não poderia deixar de agradecer à minha irmã, Aline, pelo seu apoio e pela sua amizade e seu carinho e, claro, à Lana e ao Lohan que tanto me ajudaram a manter o bom humor (agradeço até mesmo pelos momentos de interrupção – muito frequentes, aliás – em que estava escrevendo a Dissertação e era surpreendido por aquelas batidas de patas pedindo carinho).

Ao João Zanetic, que mais que um orientador, tem sido um amigão! Aos meus amigos, que dão tanto sentido à minha vida: à Viviam, ao Guilherme, à Condessa Maria Fernanda, à Michele, à Ki, ao Caio, à Leilyanne, à Eva, ao Thiago, à Flávia, ao Rodolfo, ao Jun, à Liz, à Elis, à Sílvia, ao Daniel e ao pessoal do Corredor do Ensino. Também agradeço ao João Vital e ao Osvaldo Pessoa pela ajuda; à professora Vera e ao professor Menezes pelas oportunidades e pela excelente experiência de convívio, à Fátima pelos seus conselhos e à Lígia pelo apoio em todos esses anos.

Ao pessoal da Banca, professores Émerson e Osvaldo, pelas pertinentes observações.

Agradeço, ainda, aos funcionários da USP, em especial aos do IF, dentre os quais (correndo o risco de esquecer de alguém) cito: O Ailton, o Agostinho, a Ellen, o Thomas, ao pessoal da portaria e, com carinho especial, à Sílvia e à Simone (da barraca de lanches).

Cabe aqui outro agradecimento especial à Viviam Schmaichel, pela revisão do texto.

E, por fim, agradeço à Universidade de São Paulo e, pelo financiamento parcial desta pesquisa, à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa - SP).

Resumo

Chamamos *caixa preta* um conceito ou instrumento cujos detalhes de funcionamento e debates históricos (a seu respeito) são abandonados quando do seu uso. Um computador é um exemplo de objeto que é usado, em geral, sem que haja preocupação ou conhecimento com relação às nuances de seu funcionamento. O fato, já bem aceito, de que a fórmula química da água é H_2O é outro exemplo de caixa preta, na medida em que alguém que afirma isso não precisa se preocupar em citar fontes ou remeter a discussões sobre a história da Química.

Trabalhamos com a hipótese de que a ciência tornou-se, por si mesma, uma caixa preta. A forma como se evoca a autoridade do conhecimento científico nos meios de divulgação, em livros, diálogos e anúncios comerciais (onde frequentemente figuram fórmulas como “eficácia cientificamente comprovada”) atesta um cenário atual onde a natureza da ciência e, em particular, a “comprovação” científica revelam algo que, estando carregado de poder, vem sendo veiculado, mesmo por cientistas, de maneira ingênua – sem passar por uma elaboração maior ou ignorando-se toda a complexa discussão, sobre esse assunto, presente na filosofia da ciência.

Em nosso ensaio, discutiremos essa problemática, explorando uma releitura do conceito de caixa preta de Bruno Latour em termos de lógica, no qual o expandimos para representar hipóteses tácitas presentes em uma teoria; apresentamos um quadro de discussões teóricas a respeito de questões da filosofia da ciência; analisamos criticamente alguns enunciados (de livros e revistas de divulgação científica) que invocam a autoridade da ciência e problematizamos assuntos da Física. Dessa forma, ilustramos a abertura de algumas caixas pretas tradicionalmente fechadas nos cursos médios e superiores de Física.

A fim de expressar diferentes posturas epistemológicas com as quais se pode apropriar de um tema científico, propusemos uma classificação de exercícios epistemológicos em três tipos: o científico (o trabalho do cientista normal), o crítico (o trabalho do cientista complementar, do historiador ou do epistemólogo) e o cético (o discurso de dúvida sobre a validade da ciência). Nossa tarefa residirá na postura do exercício crítico, uma vez que buscaremos transpor algumas caixas tradicionalmente fechadas.

Summary

A black box is a concept or a instrument whose details of operation and details the historical debates are abandoned when their use. A computer is an example of object that is used, in general, without concern or knowledge about the nuances of its operation. The fact, already well accepted, that the chemical formula for water is H₂O, is another example of black box, as someone who says that does not have to worry about citing sources or refer to discussions about the history of chemistry.

We hypothesized that science has become, in itself, a black box. The way it evokes the authority of scientific knowledge in media, in books, conversations and commercials (which often include formulas such as "scientifically proven efficacy") attests to a current scenario where the nature of science and, in particular, " proven "scientific reveal something that, being full of power, has been conveyed, even by scientists, naively - without going through a development more or ignoring all the complex discussion on this subject, present in the philosophy of science.

In our test, we will propose to discuss this issue, and to this end, we explore the concept of black box by Bruno Latour - a concept that can be classified as the sociology of science - and proposed a reinterpretation of this concept in terms logic, which expanded to represent the unspoken assumptions present in a theory, we present a theoretical framework for discussions on issues of philosophy of science, critically examine some statements (of books and science magazines) that invoke the authority of science and discuss some problems that can be found in matters of physics. Thus, we illustrate the opening of some traditionally closed black boxes in the middle and upper courses of physics.

In order to express different epistemological stances with which they can appropriate a scientific topic, we proposed a classification of types of epistemological exercises into three types (we will explain in detail in the body of the dissertation): the scientific (the normal work of the scientist) the critic (the complementary work of the scientist, historian or epistemologist) and skeptical (the discourse of doubt on the validity of science). Our task will reside in the posture of the critical exercise, since attempts to transfer some boxes traditionally closed.

1. Introdução

(...) uma teoria científica que simplifica as coisas constitui excelente recurso de defesa, graças à inabalável fé do homem moderno em tudo o que traz o rótulo de 'científico'. Um tal rótulo tranquiliza imediatamente o intelecto, tanto quanto o Roma locuta, causa finita (Roma falou, o assunto está encerrado).

(C. G. JUNG, "Psicologia e Religião")

1.1. A autoridade da ciência

A existência humana conheceu diferentes tipos de autoridade, sejam autoridades depositadas em pessoas, entidades ou divindades. Perguntar se a autoridade é algo positivo ou negativo é estabelecer uma questão demasiado simplista.

Antes de prosseguir, devemos sublinhar que autoridade é diferente de autoritarismo, já que essa distinção é fundamental para o que segue. Entendemos, como se conota geralmente, que a autoridade de algo ou alguém designa a confiança que se deposita na competência ou no discurso desse alguém ("Fulano é autoridade no assunto e saberá nos responder isso" ou "... sabe o que está fazendo").

Já o autoritarismo constitui um sistema discursivo no qual se busca dominar ou controlar o discurso do outro. Sabemos que, muitas vezes, o limiar entre autoridade e autoritarismo fica difuso e a sala de aula pode tornar-se um ambiente em que esse limiar acaba por ser atravessado quando a forma com que um tema é abordado em sala de aula tolhe as perspectivas questionadoras que se poderia esperar dos estudantes.

Nesses termos, o discurso de autoridade seria aquele em que figura a confiança *a priori* no que se enuncia, dado que se considera que o enunciador conhece bem o tema do qual fala. Já o discurso autoritário seria aquele que se vale da autoridade para calar outros discursos.

Quando o educando confia no que diz um livro, está confiando na *autoridade*

de quem o escreveu, a quem se nomeia de *autor*. Essa confiança, a princípio, não é negativa. Mas, na medida em que esse livro passa a ditar o currículo que o professor virá a ensinar e na medida em que as afirmações contidas no texto deixam de cumprir o papel de um convite ao diálogo problematizador para tornarem-se um dogma que se justifica pela autoridade com que foram escritas, então já estaremos falando de um clima no qual poderá emergir uma figura autoritária do conhecimento. Isso significa que foi atingido um ponto no qual a autoridade permitiu emergir o autoritarismo, uma vez que outros discursos (os questionamentos) foram calados, e o diálogo não se estabeleceu.

A autoridade da ciência vem sendo invocada em conversas, textos e particularmente em comerciais de TV (GAMA & ZANETIC, 2010). Frases como “está comprovado cientificamente que tal produto...”, “cl clinicamente comprovado”, muitas vezes acompanhadas de cenários futuristas (com laboratórios, produções robotizadas, etc.) onde cientistas (ou médicos, dentistas e outros especialistas) aparecem vestidos de branco, vêm se popularizando nos reclames da televisão e da mídia impressa. O respaldo científico tem figurado desde em situações tecnicamente aceitáveis (como ocorre, por exemplo, quando um livro didático fala de uma teoria científica bem aceita) até situações que extrapolam os limites da ciência formal (quando se fala em “curas quânticas” ou em catástrofes globais supostamente previstas, pelos cientistas, para 2012).

No domínio do senso comum, o conceito de "comprovação científica" torna-se um ícone da autoridade da ciência. É desse conceito que o discurso que apela à autoridade da ciência toma emprestada a faculdade de anunciar verdades (cf. CORACINI, 1991, p. 122). É a credibilidade, da qual goza a ciência, que confere a esta valor suficiente para ser invocada na qualidade de apoiador para o discurso que se pretende proferir.

Saindo de um uso corriqueiro, do discurso em contexto do senso comum, uma visita a um outro ambiente colocará conceitos como "ciência" e "comprovação científica" sob uma perspectiva crítica: referimo-nos à temática da Filosofia contemporânea das Ciências. A abordagem epistemológica convida-nos a uma atitude de desconfiança a respeito do uso da palavra "comprovação". Caso lhe atribuamos o sentido de uma corroboração definitiva e inquestionável, vemo-nos

diante do problema de poder considerar o termo um exagero.

O que pretendemos abordar aqui, a isso chamemos mais uma vez a atenção, é a autoridade presente nesses discursos, a autoridade da Ciência. Não intencionamos desmerecer essa autoridade (entendendo por autoridade o reconhecimento público do valor do seu discurso). A intenção aqui é a de defender, com preocupações educacionais, a problematização dessa autoridade, tendo o intuito, inclusive, de que esta não venha a dar lugar a um autoritarismo.

Se admitirmos que a formação desejável, o ensino que vem sido defendido idealisticamente nas últimas décadas, é uma prática onde reina a crítica e o questionamento ativos – conforme defendia Paulo Freire (cf. 1988, 1994 e 1996) –, vemo-nos diante de um desafio pedagógico: o da formação de sujeitos críticos.

É de se esperar que esses sujeitos sejam capazes de adotar uma postura de questionamento diante, por exemplo, de um comercial que diz “Use o creme dental X: eficácia comprovada cientificamente” ou diante de alguma reportagem que afirme estar provado que certa dieta miraculosa ajuda a emagrecer. O discurso da comprovação científica pode estar abrigando uma separação excessiva (e, nesse sentido, indesejável) entre o mundo do homem comum e o mundo da ciência. Vale colocar que

(...) o sistema de educação vigente é muitas vezes abordado, segundo Paulo Freire (1987)¹, como uma educação bancária que apenas transmite conhecimentos já prontos e acabados, não permitindo a construção coletiva do conhecimento. Atuando de forma reprodutora da realidade, a educação atual não permite o desenvolvimento da criatividade e da criticidade. A educação em todos os graus de ensino tem sido questionada por não estimular nos educandos uma forma autônoma de pensar e de agir.

Existe um paradigma clássico oriundo do século XVIII que prioriza a razão científica advinda do conhecimento das ciências naturais que apenas valoriza aquilo que pode ser comprovado cientificamente, ou seja, “o que não é quantificável é cientificamente irrelevante”. (SANTOS, 1987, p. 15)². Este paradigma dominante constituiu um modelo global de racionalidade científica no qual se apoia uma verdade absoluta impassível de contestações. (PAGEL, 2008)

É possível defender que a ciência é uma manifestação que faz parte do conjunto da herança cultural humana. Essa herança e, com ela, a dinâmica da sua construção pertencem a todos os homens e mulheres. Conhecê-la e ser capaz de

1 “Pedagogia do Oprimido”. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

2 “Um discurso sobre as ciências”. Porto: Afrontamento.

discuti-la parece um direito nem um pouco abusivo (HÖTTECKE, 2010; SILVA, 2010). Esses argumentos, somados a outros, permitem acrescentar uma preposição à frase "ensinar ciência" e fazermos desejar também "ensinar *sobre* ciência".

Por toda a metodologia de seu trabalho e a construção histórica de seu conhecimento, sem dúvida que a ciência é digna da autoridade que possui. Mas a situação é análoga à do relógio: confiamos que ele esteja medindo as horas, mas geralmente nos habituamos a não fazer perguntas sobre seu funcionamento e sobre o porquê de ele eventualmente quebrar ou adiantar. Da mesma forma, acreditamos nos resultados da ciência, mas frequentemente nos furtamos de discutir alguns desses resultados e deixamos de lado os questionamentos sobre sua natureza. O fato é que a filosofia da ciência contemporânea tem colocado o significado e a construção da ciência na berlinda, mas o senso comum sobre o conhecimento científico mostra uma imagem estereotipada, estereótipo esse que já vem sendo (como esperamos mostrar) explorado pelas propagandas comerciais.

No nosso entender, a autoridade da ciência vive uma mistificação, ou seja, uma ocultação (gr. *mistikós* = segredo), já que tanto as conquistas de conhecimentos quanto os avanços tecnológicos que tem promovido surgem aos olhos do cidadão comum sob uma forma não muito diferente de um ato mágico, no sentido de que seus mecanismos internos são em geral desconhecidos. Defenderemos que a desmistificação do fazer científico, sua compreensão com a finalidade de vislumbrar os mecanismos da construção da ciência, é um desafio a ser aceito pela educação científica.

Nesse sentido, buscaremos defender que (e ilustrar em que) sentidos e de que formas a filosofia da ciência pode contribuir para a construção de tal debate na formação de professores.

Cabe, finalmente, mencionar uma convenção de termos que adotaremos. O termo "gnosiologia" refere-se ao corpo de estudos acerca do conhecimento em geral (sem se preocupar com o tipo particular do conhecimento abordado, designando, enfim, a teoria do conhecimento; cf. MORA, 1994, pp. 216 e 318-319); em se tratando especificamente do conhecimento científico, cabe falar em "epistemologia da ciência" ou "teorias da ciência" (DUTRA, 2009, pp. 14-18). Contudo, salvo quando especificado sentido diferente, dentro do contexto das discussões que seguirão

neste trabalho adotaremos a simplificação de falar “epistemologia” referindo-nos à epistemologia da ciência ou ainda às discussões da epistemologia *latu sensu* que porventura sejam contributivas para discutir o conhecimento científico.

1.2. Caixas pretas

O sociólogo francês Bruno Latour (em "*Ciência em ação*") compara certo estado final dos conceitos científicos, aparelhos de medida, etc., a caixas pretas fechadas. Ilustrando essa analogia, peguemos um objeto muito comum, nos pulsos, em celulares, em paredes... Referimo-nos ao relógio. Na dúvida sobre quanto tempo ainda resta até começar um certo evento ou na preocupação típica de quem se vê parado no trânsito da cidade grande, consultamos o relógio, aceitamos que as marcas no visor ou a posição dos ponteiros informam-nos algo que, referindo-se ao tempo, cronometrando nossas ações ou acusando nossos atrasos, conexo mesmo à claridade e à escuridão do céu, chamamos simplesmente de "hora".

Difícilmente alguém se atém a pensar nas deusas guardiãs do monte Olimpo, na regularidade do movimento dos astros, nas convenções mesopotâmicas da divisão do dia: as Horas existem, estão de certo modo guardando nosso mundo, e aceitamos facilmente dividir o cotidiano com 24 homônimas delas, sem perguntar por que não as fizemos 10 ou 20 ou qualquer outro número. Tiveram lá sua história, certamente envolveram abertas discussões, mas hoje costumam estar fechadas; o conceito de hora já aparece como monolítico: virou uma caixa preta.

É do mesmo tipo a situação quando se pensa em abrir a caixa que é o relógio. Sim, ele mostra as horas mesmo? Mas como ele faz isso? Já se foram as engrenagens e os cristais de quartzo para dentro da caixa quase hermeticamente fechada que o relógio literalmente é.

Abrir uma dessas caixas envolve muito esforço. Mas tomemos a liberdade de propor abrir algumas delas, para servirem de exemplo de um desafio que defendemos como válido para o ensino. Tomemos essa liberdade sobre os conceitos relativos à ciência, buscando entendê-los como caixas outrora fechadas e ora estereotipadas. Abri-las é uma atividade que começa quando nos damos conta de que existem: isso evidencia aspectos fundamentais da dinâmica de construção do

conhecimento científico.

Encontramos muitos exemplos de caixas pretas em aulas de Física³: o próprio uso de equações e leis, que passam ao status de “fórmulas” (aqui o nome já é bastante revelador do processo pelo qual as leis físicas tornaram-se caixas pretas: o nome “fórmula” remete a algo pronto, uma receita a ser seguida em busca de um resultado). De fato, quando se coloca, em sala de aula, que $F = m a$, corre-se o risco de se estar discutindo uma informação tão pouco profunda quanto um $a = b c$ qualquer. A segunda lei de Newton torna-se uma caixa preta, com pouco mais propósito que simplesmente servir de aparato fornecedor de resultados que “dão certo” (talvez por obra de algum fator místico); e esse “dar certo” frequentemente significa “passar na prova” ou “ser aprovado no vestibular”.

Ao reduzir a força, a massa e a aceleração a meras incógnitas de exercício matemático (muito mais matemático que físico, diga-se de passagem), transformamos cada conceito em não mais que uma simples letra (a inicial do nome da grandeza, mero “truque” para facilitar a resolução de exercícios) e o despimos de sua história, de sua significação, de seu papel na ciência e das muitas discussões filosóficas que ele provoca, ou seja:

(...) a física ensinada em nossas escolas é essencialmente matemático-operacional, metodologicamente pobre, sem experimentos, sem história interna ou externa e desligada da vivência dos alunos e da prática dos cientistas. Por tudo isso, a física ensinada nas escolas, a física escolar, nasce sob o signo do distanciamento com relação à “física real”. (ZANETIC, 1989, p. 177).

1.3. Aspecto social: o conhecimento como poder de decisão

Além da relação que a autoridade estabelece com o autoritarismo, não podemos ignorar a relação que há entre autoridade e poder:

3 Em um trabalho que se propôs a uma análise crítica sobre a formação de pesquisadores em Física, ao explorar a resposta de um estudante a uma atividade de uma disciplina que problematiza os conceitos de Relatividade, Marcília E. Barcellos escreve o seguinte:

Nessa fala podemos indicar a presença de uma reflexão sobre a atividade do cientista. Quando o estudante destaca o trabalho de Einstein, ele comenta que o cientista desmontou a concepção newtoniana, ou seja, a caixa preta da Mecânica Newtoniana. Isso porque, segundo o estudante, Einstein questionou relações internas dessa caixa que já eram aceitas como verdade pela comunidade científica e não estavam mais sujeitas a ser questionadas. (BARCELLOS, 2008, p. 112)

Na medida em que a ciência é sempre um “poder fazer”, um certo domínio da Natureza, ela se liga, por tabela, ao poder que o ser humano possui um sobre o outro. A ciência e a tecnologia tiveram uma parte bem significativa na organização da sociedade contemporânea, a ponto de esta não poder prescindir das primeiras: energia, meios de transporte, comunicações, eletrodomésticos etc. O conhecimento é sempre uma representação daquilo que poderia ser objeto de uma decisão na sociedade.

A questão do vínculo entre os conhecimentos e as decisões se impõe, portanto. (...).

Desde sempre se supôs uma relação entre o conhecimento e o poder político: sempre se afirmou que um rei ou que um chefe devia ser “sábio” (ver Druet, 1977)⁴ (...). (FOUREZ, 1995, pp. 208-209)

Ao colocar que “o conhecimento é sempre uma representação daquilo que poderia ser objeto de uma decisão” ou falar em “uma relação entre o conhecimento e o poder político”, Gérard Fourez está apontando, segundo nossa leitura, em uma direção que vai ao encontro do que Paulo Freire defendia em sua obra, na medida em que ambos acenam uma perspectiva do conhecimento como poder político, possibilidade de atuação e transformação sobre o mundo.

Isso posto, o conhecimento, e particularmente o conhecimento científico, mostra-se item necessário para que seja possível tomar decisões: é preciso conhecer para decidir. Mas o *decidir* é, de fato, o *poder de decidir*. Assim, ter conhecimento é ter um certo poder. O guardião de um conhecimento, portador desse poder é o chamado técnico ou especialista. A respeito das interações entre especialistas e leigos para a tomada de decisões, Fourez (1995, pp. 208-224) cita os seguintes modelos de decisão elencados por J. Habermas (*La science et la technique comme “idéologie”*. Paris: Gallimard, 1973):

- No modelo **tecnocrático**, os especialistas decidem as políticas que serão seguidas, isto é, definem os fins a serem alcançados e os meios para tal. É o caso de um grupo de educadores em Matemática que decidem qual currículo as escolas deverão seguir: eles definem o que os estudantes deverão aprender e que meios devem ser seguidos para alcançar esse objetivo⁵. É também o caso de uma equipe de engenheiros que define qual a melhor forma, segundo seus critérios, de obtenção de energia a ser explorada por uma cidade (os fins) e, a partir disso, estabelecem

4 DRUET, P. P. **Rationalité scientifique, Etat rationnel et raison d'Etat**. In: Un lieu de contrôle démocratique des sciences. Facultés Universitaires de Namur, septembre, 1977.

5 Prescinda-se, assim, da construção do projeto políticopedagógico, que deveria ser atribuição da equipe de professores de cada escola em interação com estudantes e com a comunidade (cf. art. 14.º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, LDB).

um plano para a construção de uma usina (os meios).

- No modelo **decisionista**, os fins são definidos por não-especialistas, e cabe ao técnico projetar os meios para atingir essas metas. Seria o caso de uma cidade que decide construir uma usina nuclear e contrata uma equipe de engenheiros e físicos para projetar a usina.

- No modelo **pragmático-político** há uma dinâmica semelhante à do decisionista, com a diferença de que o diálogo entre leigo e especialista é permanente. Um exemplo seria o do mecânico e seu cliente: o mecânico pode telefonar para a casa do cliente explicando que este tem duas opções – ou substituir uma peça por outra original, de preço elevado mas de grande vida útil, ou por uma peça de preço muito menor mas vida útil reduzida – e as diferenças entre cada um desses meios será ponderada pelo cliente que poderá rever seus objetivos. Nesse modelo, os meios fazem redefinir os fins e não apenas o contrário, e não se admite que os meios e os fins sejam independentes entre si.

É importante colocar que não se trata de defender um modelo como absolutamente melhor: cada qual tem suas vantagens e limitações. O pragmático-político pode mostrar-se mais democrático, dando abertura à maior participação social, mas nem por isso o modelo tecnocrático deixa de ser preferível ou útil, em alguns momentos: quando se está viajando de avião ou quando se está passando por uma cirurgia, é preferível deixar que o especialista (o piloto ou o cirurgião) tome as decisões (FOUREZ, *ibid.*, p. 218).

Tendo em vista esses modelos, apontemos alguns aspectos daquele que mais nos interessa, por sua mais intensa relação com a autoridade – o tecnocrático. A respeito, Fourez argumenta que

Em nossa sociedade, o modelo tecnocrático é bastante difundido: há uma tendência de recorrer aos “especialistas”. Pressupõe-se que o “comum dos mortais” não compreende nada, e recorre-se então aos que “sabem”⁶. Ocorre até que se pretenda que suas decisões sejam neutras, puramente ditadas pela racionalidade científica. (*Ibid.*, p. 211)

O enfoque tecnocrático, ao pretender poder determinar a política (ou a

6 Comunicando-nos com o que foi colocado na nota anterior, podemos mencionar uma situação bem atual: o projeto pedagógico que está sendo adotado no estado de São Paulo. Pode-se afirmar que a Secretaria da Educação, ao adotar um pacote de conteúdos curriculares e vinculá-los a um modelo de avaliação, trata o conjunto dos professores da rede pública de educação básica como o “comum dos mortais” mencionado por Fourez.

ética) a ser seguida, graças ao conhecimento científico, comete um “abuso de saber”, pois, afinal, o conhecimento científico não é neutro. Foi construído de acordo com um projeto organizador e este último pode determinar a sua natureza. (*Ibid.*, p. 212)

É possível levantar limitações do modelo tecnocrático. A tecnocracia não é neutra, nem puramente racional, como se afirma nas ocasiões em que se busca justificá-la, supondo que possa o discurso do especialista ser imparcial. O especialista fala em nome de um paradigma disciplinar, a cujos pressupostos adere-se. O grupo de engenheiros que defende que uma certa cidade devia construir uma usina nuclear porque isso seria “o melhor” para a cidade não pode especificar o que significa “melhor” senão pelo paradigma ao qual é adepto. Essa decisão precisaria levar em conta não apenas os aspectos técnicos mas também os sociais e ambientais e, uma vez analisadas essas dimensões, talvez a usina nuclear não seja “o melhor” para a cidade.

A aparente neutralidade dos tecnocratas provém do fato de que as decisões importantes foram tomadas quando se adotou determinado paradigma disciplinar ou determinado método interdisciplinar. Ao adotá-los, aceita-se de maneira cega os seus pressupostos. Desse modo, o médico só pode ser tecnocrata se escolher utilizar os valores e todos os pressupostos da medicina científica. Essa maneira de trabalhar pode ser comparada à dos professores que pensam corrigir as redações de maneira absolutamente neutra e objetiva por terem determinado de antemão que cada erro de ortografia seria penalizado com um ponto. Um método como esse só aparentemente é neutro, já que todo o seu aspecto convencional foi rejeitado na decisão inicial. Pode-se dizer o mesmo a respeito da tecnocracia que, afinal, baseia-se no convencional ligado às escolhas paradigmáticas. (*Ibid.*, pp. 213-214).

Um paradigma apenas aparentemente é neutro, já que seus postulados iniciais carregam um construto histórico-epistemológico mais complexo do que diz a opinião vulgata. A afirmação de que o conhecimento científico é puro ou imparcial e deriva diretamente das observações é factível, mas está longe de ser consenso entre os epistemólogos (GAMA & ZANETIC, 2009).

Mesmo se se tratar de um grupo interdisciplinar de especialistas, em primeiro lugar precisamos perguntar quem os escolheu e por qual critério. Em segundo lugar, Fourez acredita que “essa equipe interdisciplinar irá privilegiar uma certa visão e tenderá a fundar um quase-paradigma que a fará assemelhar-se a um só técnico” (p. 213); ou seja, os especialistas construirão, em sua discussão, algo

análogo a um paradigma (derivado do acordo estabelecido entre paradigmas que a ele darão origem).

1.4. Aspecto educacional: o conhecimento como problematização

Um dos objetivos desta seção é apresentar uma leitura da pedagogia freireana (mais especificamente, de um de seus menos conhecidos textos, o “Extensão ou comunicação?”), que – segundo nossa leitura – oferece uma discussão do conceito de conhecimento.

Há certas considerações gnosiológicas na concepção que Freire apresenta com respeito ao processo de cognição, na qual defende uma posição que assume *status* de ideal educacional em direção ao qual apontaremos nossa discussão do ensino da filosofia da ciência.

A gênese dessa obra freireana repousa na experiência que Paulo Freire viveu no Chile, no final da década de 1960, por ocasião de um processo de reforma agrária, onde teve a oportunidade de testemunhar a relação de extensão (termo que virá a debater largamente) que se estabelecia entre os agrônomos (homens de ciência e técnicas atuais) e os camponeses (homens de técnicas tradicionais, ensinadas de geração a geração), a quem os primeiros desejavam ensinar os “modernos” instrumentos de agricultura, produtos da ciência.

Neste contexto, Freire associa o ato de estender ao de levar um conhecimento, o das técnicas agrícolas atuais, desenvolvidas pelas pesquisas científicas, aos trabalhadores do campo. Se estender é levar algo a um lugar ou a alguém, a ação do agrônomo que estende é semelhante à do professor que *passa* seus conhecimentos, que *deposita* o conteúdo na mente do aluno.

Freire discute o contexto do agrônomo, extensionista, que intenta atuar para solucionar o problema da erosão do solo em certa região. Como ele aponta, a ação de estender mostra-se inconveniente quer seja dada diretamente sobre a terra em erosão, quer se dê sobre os camponeses. No primeiro caso, por não se tratar de formar um conhecimento, posto que atua ele mesmo (diretamente, sem a colaboração dos camponeses) sobre o problema. No segundo, por ignorar, de certa maneira, a humanidade dos camponeses. De fato, Freire coloca que

(...) a ação extensionista envolve, qualquer que seja o setor em que se realize, a necessidade que sentem aqueles que a fazem, de ir até a 'outra parte do mundo', considerá-la inferior, para, à sua maneira, 'normalizá-la'. Para fazê-la mais ou menos semelhante a seu mundo.

Daí que, em seu 'campo associativo', o termo extensão se encontre em relação significativa com *transmissão, entrega, doação, messianismo, mecanicismo, invasão cultural*, etc.

E todos esses termos envolvem ações que, transformando o homem em quase 'coisa', o negam como ser de transformação do mundo. Além de negar, como veremos, a formação e a constituição do conhecimento autênticos. Além de negar a ação e a reflexão verdadeiras àqueles que são objetos de tais ações.

(FREIRE, 1988, p. 22)

É possível estabelecer que a pedagogia pautada na extensão do conhecimento científico revela e reforça a presença da autoridade da ciência (ingenuamente encarada) em nossa cultura. Não podemos nos esquecer de que o homem age sempre segundo uma visão de mundo, por mais implícita ou tácita que ela esteja. *“Qualquer que seja, contudo, o nível em que se dá a ação do homem sobre o mundo, esta ação subentende uma teoria”* (FREIRE, 1988, p. 40).

Essa afirmação, por si mesma, provoca uma discussão mais detalhada a respeito da natureza do conhecimento; mas deixaremos essa discussão por ora. O que pretendemos destacar é que não podemos esquecer que há sempre certa relação estreita entre uma concepção pedagógica (adotada em certa época) e uma concepção epistemológica, a respeito do que vem a ser conhecimento, que se lhe corresponde; ou seja: *“Das diferentes formas de se conceber o conhecimento e de como ele se constitui, decorrem formas também diversas de organização da prática pedagógica e dos conteúdos escolares”* (SIMÕES, 1994, p. 56).

Em sua Dissertação, Simões (*Ibid.*) discute e problematiza, em uma perspectiva epistemológico-pedagógica, a concepção ontológica segundo a qual o conhecimento científico corresponde a uma essência extraída, pelo pensamento humano, da natureza real dos objetos. Por essa perspectiva, um tal conhecimento é a-histórico e goza de certa qualidade absoluta.

O autor discute as limitações filosóficas e pedagógicas da metafísica e aponta uma alternativa na didática dialética:

É fundamental que destaquemos a enorme diferença que existe entre a

idéia metafísica de reprodução e a categoria de representação utilizada pela dialética.

A metafísica no seu afã de deter o real nas malhas estreitas de suas categorias absolutas de essência e verdade, exige do conhecimento humano aquilo que ele não pode lhe dar: a infalibilidade⁷. Negando o caráter histórico do conhecimento, a metafísica o congela na natureza quando entende que lá ele já reside absoluto, imutável, pleno, exterior e pré-existente ao sujeito que pensa. Portanto atribui ao pensamento a tarefa de reproduzir seja por “apreensão” (próprio da metafísica mais tradicional), ou por “reflexo” (próprio da metafísica travestida de materialismo), aquele conteúdo de verdade que uma vez no intelecto será conhecimento.

A dialética reconhece essa obviedade que é a historicidade do conhecimento, seu caráter transitório, seu movimento permanente. Sendo assim entende o conhecimento como representação, como modelo da realidade, que é inventado, construído, e não descoberto como quem descobre a Lua ao olhar para o céu. (*Ibid.*, p. 69, grifos do autor)

A pluralidade de modelos de mundo, de visões sobre a realidade, é apontada como uma das características da concepção dialética (*Ibid.*, p. 70). Ao aceitar as múltiplas visões que o homem (e a mulher) pode lançar sobre o mundo, reconhece-se que o ser humano é capaz de significar a realidade de diferentes maneiras. Esse reconhecimento, que vai ao encontro do respeito às múltiplas concepções que os estudantes levam para a sala de aula, tanto combate a invasão cultural, tão criticada por Paulo Freire em sua obra, quanto guarda aproximações com a pluralidade de teorias defendida por Paul Feyerabend (2007, *passim*).

Por fim, tratemos brevemente da discussão que Freire aponta sobre o conceito de conhecimento. Para Paulo Freire (1988, *passim*), o conhecimento parece guardar estreita relação com transformação: com a forma transformadora de ser do homem no mundo. Se o homem atua transformando as coisas do mundo, isso se aplica – em particular – ao conhecimento, que, portanto, faz-se passível de transformações.

Assim, o conhecimento é agente transformável e agente transformador ao mesmo tempo, visto que, por um lado, é o conhecer que nos possibilita ampliar nossa capacidade de transformar o mundo à nossa volta e, por outro, o conhecimento deve estruturar-se de maneira dinâmica, e não estática, na medida em que, como aponta Freire:

(...) bastaria que reconhecêssemos o homem como um ser de

7 Vale notar que, no século XX, a metafísica mais próxima da ciência abandonou o ideal de infalibilidade.

permanentes relações com o mundo, que ele transforma através de seu trabalho, para que o percebêssemos como um ser que conhece, ainda que este conhecimento se dê em níveis diferentes: da “doxa”, da magia, e do “logos”, que é o verdadeiro saber. (...) não há absolutização da ignorância nem absolutização do saber. (...) O saber começa com a consciência do saber pouco (enquanto alguém atua). (...). Quem tudo soubesse já não poderia saber, pois não indagaria. O homem, como um ser histórico, inserido num permanente movimento de procura, faz e refaz constantemente o seu saber. (...)

Há, portanto, uma sucessão constante do saber, de tal forma que todo novo saber, ao instalar-se, aponta para o que virá substituí-lo. (*Ibid.*, p. 47).

Mencionemos que essas colocações de Freire, na nossa leitura, guardam proximidades com outros autores. Nomeadamente, a dinamicidade do conhecimento humano é muito explorada por filósofos da ciência como Bachelard, Kuhn e Feyerabend. Além disso, vale lembrar que a historicidade do conhecimento científico, na proposta dialética de Simões, é formulada, em seu trabalho, tendo Freire como um de seus referenciais.

Essas aproximações entre os autores apontados não se dão apenas pontualmente, mas encenam toda uma perspectiva de conhecimento, perspectiva essa que reconhece sua dinamicidade e sua historicidade.

Cabe notar que estamos falando de dois tipos de conhecimento que podem ser distinguidos entre si: o conhecimento individual e o conhecimento científico. Contudo, as argumentações que acabamos de apresentar nos permitem supor que o conhecimento, como um todo, quer seja individualmente quer coletivamente construído, é de natureza histórica, posto que o homem é um ser histórico.

E, sendo assim, é natural que nos coloquemos favoravelmente a que a dinamicidade/historicidade do conhecimento seja reconhecida pelas pedagogias atuais. Nesse sentido, é defensável que o saber nasce da indagação, como aponta a citação de Freire feita há pouco e dado, sob um olhar bachelardiano, que

Assim, para a ciência e para o espírito científico, todo conhecimento representa resposta a uma dúvida, a uma questão. E o sentido da dúvida e de problema é que dá a marca do verdadeiro espírito investigador. Se não houver problemas, não há respostas. A pedagogia científica de que fala Bachelard procura estimular o aluno na capacidade de inquietar-se, de colocar sempre novas questões e de estar em permanente estado de inconformismo com o conhecido, com a ciência dita "normal" e com o conhecimento estabelecido. (FONSECA, 2008).

Tendo em vista tal natureza do conhecimento, talvez o caminho mais adequado para atingi-lo seja o da problematização, pela qual o questionamento se instala. É no problematizar que o estudante questiona sua opinião (“doxa”), eventualmente transformando a certeza em dúvida – dúvida essa que, à semelhança das crises que aponta Kuhn como precursoras das revoluções científicas (cf. KUHN, 1975, pp. 93-105), abre a porta para a obtenção do que Freire considera o conhecimento propriamente dito:

(...) O melhor aluno de filosofia é o que pensa criticamente sobre todo esse pensar e corre o risco de pensar também.

Quanto mais é simples e dócil receptor dos conteúdos com os quais, em nome do saber, é “enchido” por seus professores, tanto menos pode pensar e apenas repete.

Na verdade, nenhum pensador, como nenhum cientista, elaborou seu pensamento ou sistematizou seu saber científico sem ter sido problematizado, desafiado. (...) (FREIRE, 1988, pp. 53-54).

Em suma, na “gnosologia” freireana (cf. *Op. Cit.*) há duas formas de lidar com o ente cognoscível: a *doxa*, que corresponde a uma visão ingênua ou mágica, e o conhecimento propriamente dito, que surge de uma postura crítica que em geral não é trabalhada na educação bancária (modelo de ensino tradicional). Com base nesses termos, temos condições de reler os objetivos deste trabalho sob as seguintes palavras: buscamos discutir as bases teóricas, a necessidade e os efeitos não de se derrubar a autoridade da ciência, mas de elevar a forma de se lidar com ela da dimensão da doxa para a dimensão de conhecimento. Para isso, discutiremos aspectos epistemológicos da Física.

1.5. Discussão epistemológica

1.5.1. Quadro teórico

O século XX conheceu grandes revoluções no pensamento em diferentes áreas. Em particular, as revoluções científicas (usando um conhecido termo da historiografia científica de T. Kuhn) presenciadas foram incentivadoras de grandes revisões sobre as concepções epistemológicas anteriores. Um certo número de

escolas, lançando diferentes visões sobre os processos de construção e a natureza do conhecimento científico vieram a formar-se (GAMA & ZANETIC 2009 e *Id.* 2010). Para fins da análise a que nos propomos, visitemos uma questão que se lança sobre a construção do conhecimento em geral, não apenas o científico: trata-se do problema da Indução, de Hume (cf. DUTRA, 2009, p. 16; COSTA, 2007, pp. 15-17).

O método de *indução*, apontado pelo filósofo Francis Bacon (1561-1626) como um critério de demarcação entre o conhecimento científico e outras formas de conhecimento, ilustra bem a concepção de metodologia científica positivista, de cunho empirista, que logrou perdurar do século XVII até o século XIX. Ele baseia-se em uma racionalidade científica segundo a qual as hipóteses devem advir imediatamente dos fatos empíricos, e ainda segundo a qual o crivo do teste experimental promove a *verificação* da teoria científica.

De acordo com essa concepção, o conhecimento científico é obtido quando se segue um método pelo qual as primeiras hipóteses teóricas são induzidas diretamente da observação; em seguida, conforme avança a aplicação do método, teremos a sistematização das hipóteses até que cheguemos a axiomas ou princípios gerais a serem verificados na natureza.

Hume criticou a construção do conhecimento científico por esse método⁸, lançando a questão de que, mesmo tendo sido construído seguindo rigorosamente os passos baconianos, os princípios obtidos no final eram derivados do princípio de indução. O problema cabível é que, muito embora seguindo-se este Princípio certas Leis serem demonstráveis, o Princípio da Indução em si não o era, nem em teoria nem empiricamente. O conhecimento assim adquirido estava solidamente ligado a uma base instável, ela mesma não apoiada em nada. Dessa forma, o problema de Hume era constatar que a aquisição do conhecimento científico indubitável de fato seria impossível: jamais seria possível ter certeza, de um ponto de vista puramente lógico, da validade das Leis descobertas (COSTA, 2007, p. 16).

Um exemplo clássico que ilustra o problema da indução é o seguinte: Tome-se a proposição “Todos os cisnes são brancos”. Então, suponhamos que tenhamos observado 100 cisnes e que fossem todos brancos – ainda não teríamos certeza da

8 É muito importante distinguir o seguinte: A indução não é um “vilão” na ciência. De fato, pode-se dizer que sem ela é impossível fazer ciência (e qualquer outro empreendimento). O que se apresenta, no Problema da Indução, não é a negação da prática desta na ciência, mas o fato de que o princípio indutivo não é suficiente, rigorosa e logicamente falando, para justificar o conhecimento científico.

validade da assertiva. Se observássemos mais 500 cisnes, ainda todos brancos, teríamos maior grau de certeza, mas esta não seria absoluta. E assim por diante... Contudo, bastaria que observássemos um único cisne negro para que a proposição se mostrasse falsa.

Hume destaca que, embora se pretenda que o conhecimento científico advenha diretamente da observação, conforme estabelece a indução, esta própria não se obtém pela observação, ou, dito de outra forma: a indução precisa ser aceita como princípio para que seja possível a pesquisa científica, no entanto não há nenhuma evidência direta dos sentidos que demonstre a validade da indução. Por ser esta a base de todo conhecimento da ciência, e por ela não ser demonstrável, fica a ciência portanto sem demonstração! Tal era o problema da indução apontado por Hume (que figura em destaque na história da filosofia, enquanto base do positivismo lógico):

Segundo Hume, as teorias não podem ser derivadas dos fatos. A exigência de admitir somente as teorias que decorrem dos fatos deixa-nos sem teoria alguma. Logo, a ciência tal como a conhecemos pode existir só se abandonarmos essa exigência e revisarmos nossa metodologia. (FEYERABEND, 2007, p. 85)

É preciso notar que o que Hume aponta, já no trecho citado do século XVIII, é uma fundamentada crítica ao conceito de comprovação definitiva de uma teoria. E, diga-se de passagem, esse questionamento foi observado com grande atenção por nomes importantes da filosofia da ciência. É uma discussão que não pode ficar fora do nosso sistema educacional, e talvez menos ainda de nossa academia.

O questionamento lançado sobre a indução, que ficou iconizado na figura de Hume, é retomado com outra ótica após o advento de novas teorias, como a Relatividade e a Mecânica Quântica. As enormes mudanças de concepções de mundo que essas teorias promoveram chamaram à atenção alguns estudiosos interessados no tema da construção do conhecimento humano.

Um desses personagens foi o filósofo alemão Hans Reichenbach (1891-1953), que propôs uma lógica indutiva baseada na expectativa ou na probabilidade de ocorrência dos eventos. Nessa visão, a indução não exatamente prevê uma verificação da teoria, mas admite-se que, se até o momento um certo princípio mostrou valer, é de se esperar, com boa chance de acerto, que continuará valendo.

Assim, as proposições científicas abandonam o caráter afirmativo “A implica em B” para substituí-lo por algo como “se A ocorre, então muito provavelmente B ocorrerá”.

Não nos estenderemos na visão reichenbachiana, mas passaremos agora a uma outra pessoa cujas ideias hoje são amplamente exploradas nos estudos sobre a natureza da ciência (NdC). Trata-se do epistemólogo austríaco Karl Popper (1902-1994), que também interessou-se especialmente pela questão de Hume.

O livro de Bryan Magee, “As idéias de Popper” (1973), apresenta a escola popperiana da filosofia da ciência e salienta, considerando o problema da indução, que Popper inspirou-se em um importante aspecto da lógica presente na verificação: ele explorou a assimetria que existe entre *verificar* e *refutar* hipóteses universais⁹: enquanto a primeira exigiria infinitas observações, a segunda pode-se configurar com um único contra-exemplo. Seriam, então, dois os alicerces nos quais Popper fundamenta sua filosofia:

1. O fato de que, embora a verificação seja impossível, a refutação ou, seu sinônimo, o falseamento, é factível e perfeitamente admissível em uma filosofia do conhecimento:

Ora, a meu ver não existe a chamada indução. Nestes termos, inferências que levam a teorias, partindo-se de enunciados singulares 'verificados por experiência' (não importa o que isto possa significar) são logicamente inadmissíveis. Consequentemente, as teorias nunca são empiricamente verificáveis. (POPPER, 1975, pp. 41-2)

2. O critério, estabelecido pelo método baconiano, para separar ciência de metafísica corre o risco de ser restrito e impreciso, de forma que uma nova filosofia da ciência deve fundar-se em um critério de demarcação tal que mesmo as hipóteses mais distantes de uma suposta verificação possam ser admitidas. Isso exigirá que essa filosofia contemple uma concepção diferente de hipótese, a qual poderá ir além de uma imediata indução pelos fatos, isto é, deve-se admitir que uma hipótese, quando de sua elaboração, tenha liberdade de alçar maiores abstrações, no lugar de apenas ater-se ao objeto empírico mais próximo. Assim exprime Popper seu critério de demarcação

⁹ Naturalmente, em se tratando de enunciados acerca de verdades pontuais ou de exceção (como, p. ex., “Existe um cisne negro”) não entram nessa discussão. De fato, esse tipo de enunciado não é interessante, para Popper, uma vez que são as leis universais que interessam à ciência.

pelo falseacionismo:

Só reconhecerei um sistema como empírico ou científico se ele for passível de comprovação por experiência. Essas considerações sugerem que deve ser tomado como critério de demarcação, não a verificabilidade, mas a falseabilidade de um sistema. Em outras palavras, não exigirei que um sistema científico seja suscetível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico. (Ibid., p. 42)

Cabe aqui citar um exemplo de enunciado não-falseável (baseado no exemplo que Magee apresenta em seu livro). Se alguém diz “choverá”, o enunciado é tão impreciso, por não identificar local e horário do evento, que mesmo após séculos de seca no planeta inteiro, não se pode dizer que houve refutação da afirmativa. Entretanto, se disser “choverá amanhã, ao meio-dia, no centro desta cidade” há uma possibilidade nada desprezível de haver refutação da afirmativa.

Perceba-se que “falseável” é completamente diferente de “falseado” (ou “refutável” de “refutado”). A primeira palavra exprime que uma afirmação admite o risco de mostrar-se falsa diante da experiência, ou seja, que é precisa e objetiva o suficiente para acarretar a si mesma esse risco. A segunda refere-se a uma assertiva que, sendo falseável, de fato acabou por mostrar-se refutada em um conjunto de experimentos. Um adendo, neste ponto: é preciso ter o cuidado de não dar uma teoria por falseada pelo resultado de apenas um experimento, pois outros fatores podem ter influído nas medidas. Ademais, mesmo após falseada uma teoria não necessariamente é abandonada, mas o que ocorre é evidenciar os seus limites e incentivar a elaboração de novas teorias.

Por fim isso nos leva (e voltaremos a esse ponto em um momento de seção posterior) ao fato de que a epistemologia popperiana trabalha com o conceito de *mensurabilidade* ou grau de *verossimilhança* de teorias, que deriva da noção de falseamento. De forma resumida, para exprimir esse conceito, suponhamos que duas teorias falseáveis A e B tratem de uma mesma classe de fenômenos. Suponha-se que exista um conjunto de fenômenos F experimentados sob a perspectiva de testar ambas as teorias e que A tenha sido falseada para um conjunto F - F1 de observações, ou seja, observa-se que A expressa bem os fenômenos do conjunto

F1, mas há um limite de validade dessa teoria: suas previsões são insatisfatórias para o conjunto de fenômenos F - F1.

Suponha-se que as previsões de B estejam em bom acordo com todos os fenômenos de um conjunto F2, sendo tal que F1 está contido em F2, o qual por sua vez é contido ou idêntico ao conjunto F. Por outras palavras: B parece expressar em bom acordo todos os fenômenos empíricos nos quais A tinha sucesso e mais outros diante dos quais A teria “falhado”. Em termos popperianos, não se diz que B seja mais *verdadeira* que A, posto que a verificação final de B é impossível, mas afirma-se que B é mais *verossímil* que A.

Finalizando esse curto recorte epistemológico, apresentamos muito brevemente a concepção de Paul Feyerabend (1924-1994). Em um artigo de Laudan encontra-se a seguinte colocação sobre essa filosofia:

(...) sustenta que a nossa experiência como um todo deve ser reinterpretada ou reordenada à luz das categorias conceituais de uma nova teoria global. Por se tratar de um processo que requer tempo e a articulação de várias teorias colaterais sobre virtualmente o campo inteiro, ele mantém que as novas teorias globais nunca podem (em seus estágios iniciais) desfrutar do mesmo grau de apoio empírico armazenado por suas rivais mais antigas. Desse modo, é preciso renunciar a todas as regras usuais de apoio empírico, caso as novas teorias globais venham a ter uma chance de aceitação.

À medida que uma nova teoria global se desenvolve, muitos fenômenos que as teorias globais mais antigas pensavam explicar passam a ser considerados espúrios, de menor consequência, ou mesmo como anomalias para estas teorias. Tais anomalias não poderiam ser encontradas na ausência da nova teoria global. A incessante competição entre teorias globais rivais é, portanto, essencial ao progresso científico; a ciência normal, em que um conjunto de teorias globais possui total domínio numa disciplina, é um mito. Finalmente, Feyerabend salienta que, mesmo quando uma teoria está completamente madura, ela continua a confrontar-se com numerosas anomalias. (LAUDAN et al., 1993, p. 61)

Essa epistemologia recebe muitas vezes a alcunha, que o próprio autor adotava, de *anarquismo epistemológico*, por defender que nenhuma concepção metodológica tem validade sobre toda a história da ciência. Segundo Feyerabend, o conhecimento obteve avanço em muitos momentos nos quais algumas pessoas ousaram agir *contra-indutivamente*. Isso significa que importantes concepções que hoje a ciência utiliza apenas puderam surgir porque houve defensores que aceitaram tais idéias à revelia da aparente contradição com os “fatos” empíricos. Um exemplo muito explorado por Feyerabend é o do argumento da torre.

A leitura que se faz desse episódio pode ser assim resumida: a hipótese de

mobilidade da Terra parece refutada pela evidência dos sentidos, segundo a concepção corrente no passado, que não atesta nenhum movimento. A aceitação de que esse fato em nada nega o mover do mundo depende da aceitação simultânea de outra coisa: a hipótese teórica de que o movimento é relativo, de modo que as velocidades compartilhadas (como a do movimento que nós compartilhamos com a Terra) não são perceptíveis. Em suma: é preciso, a um tempo, aceitar uma mudança na teoria e olhar para a observação empírica com outra concepção, de modo que as colocações de uma Terra em movimento e de uma física que relativiza o movimento devem ocorrer ao mesmo tempo, pois se isoladas não podem sustentar-se.

Na sua visão, portanto, se não houver um constante confronto entre diferentes teorias, as eventuais limitações de uma teoria isolada não se farão perceptíveis. É necessário que formas alternativas de ver o mundo (e mesmo formas ditas não-“científicas”) sejam postas a dialogar, a fim de que, por vias da comparação e das releituras que uma visão lança sobre a outra, seja possível fazer avançar o conhecimento.

Somente o confronto entre teorias (e, portanto, deveria-se defender a proliferação destas) permite que sejam questionadas hipóteses tão antigas que sequer sabemos que as estamos usando. Um exemplo simples seria o uso da palavra “cair”, diante de cujo significado seria possível argumentar que não pode a Terra ser redonda ou as chuvas, em certas regiões, dar-se-iam para cima. Aqui está presente a hipótese tácita de que existe uma referência absoluta de “para cima” e “para baixo”; faz-se necessário apresentar uma concepção diferente a fim de explicitar essa suposição implícita no verbo “cair”.

A linguagem que [os fenômenos] “falam”, é claro, é influenciada pelas crenças de gerações anteriores, crenças mantidas há tanto tempo que não mais aparecem como princípios separados, mas penetram nos termos do discurso cotidiano e, após o treinamento prescrito, parecem emergir das próprias coisas. (FEYERABEND, 2007, p. 93)

Há outras escolas e muitos outros nomes que poderiam ser citados, mas restringimo-nos a esboçar um quadro que pretende, basicamente, evidenciar a gama de concepções possíveis sobre a NdC, mostrando que há de fato uma discussão atual sobre o tema, que portanto cabe ser abordado e discutido com atenção maior.

Com base no que foi mostrado até aqui, pode-se levantar que é

questionável (e, de fato, atualmente é em geral rejeitada) a idéia de que o método indutivo é o método científico único. O conceito de ciência é também palco de debates, assim como a mensurabilidade de teorias. Mas se essas referências que mencionamos sugerem colocar em questionamento uma concepção simplista de demonstração científica, e basicamente refutam a possibilidade de se crer em “provas finais” (ou comprovações definitivas), é possível lançar a pergunta: que relação se estabelece entre a teoria e a observação? Essa questão apareceu no breve esboço que acabamos de apresentar.

Em que medida o experimento dá “a palavra final” sobre a teoria e em que medida esta tem um papel sobre a interpretação e o estabelecimento do próprio experimento ou da observação? A pergunta pode ser abordada e respondida de acordo com diferentes escolas de pensamento. Se nos colocarmos na linha de pensamento feyerabendiana, veremos argumentos a favor de que existem tantas hipóteses implícitas mesmo na narração de um fenômeno, que sem um confronto entre diferentes leituras de mundo não seremos capazes de explicitá-las todas, de maneira que a elaboração e a interpretação de observações empíricas ficará demasiado restrita.

1.5.2. Ensaio epistemológico: O conceito de demonstração

As palavras “mostrar” e “demonstrar” aparecem em diferentes contextos, e não apenas em textos acadêmicos. Quanto a “comprovar”, o uso da palavra geralmente encerra um valor um tanto definitivo da afirmação. Não é nosso intuito defender uma definição para cada um desses termos. No entanto, é mais que conveniente adotar, neste ponto, uma convenção – mais ou menos arbitrária no que nos cabe – sobre como cada uma dessas palavras será doravante entendida, a fim de explicitar nosso raciocínio ao leitor.

Quanto ao termo *demonstração*, tomar-lo-emos como distinto de *comprovação*, admitindo um sentido amplo que lhe confere referir-se a qualquer processo de teste ou observação empírica, quer se lhe atribua, quer não, algum poder de refutação ou verificação da validade de uma teoria ou de um modelo para o caso específico dos limites do experimento. A demonstração – da forma que

colocamos – não tem, portanto, o caráter definitivo que subentenderemos ao falar em comprovação, e, na verdade, adiantando o que se pode considerar bem aceito na epistemologia, a comprovação seria impossível.

Essa impossibilidade pode não se verificar na Matemática, em que se podem ver provados os teoremas (aqui sim o termo demonstração reduz-se a sinônimo de prova ou comprovação). Tomemos o exemplo: como provar que 1 é maior que 0 ? Sob um ponto de vista empirista, poderíamos argumentar que quem possui *uma* coisa tem mais do que aquele que não possui *nenhuma*. E, na medida em que isso sempre acontece, 1 será sempre maior que 0 .

Adendos são possíveis a esta altura, afinal os números são conceitos que representam quantidades do mundo “real”, ou, dito melhor, do mundo empírico. O fato de um ente teórico representar um ente empírico pode ser devido à *definição* da entidade teórica, relacionando-a com um fenômeno observacional. Assim, se definições são usadas tanto na matemática como nas ciências ditas experimentais, como a Física, pode-se questionar o papel que uma definição exerce em cada área, e buscar em quais aspectos existem semelhanças e em quais há diferenças entre elas.

Em outras palavras, se por um lado a Matemática e a Física têm naturezas epistemológicas bastante diferentes (uma experimental¹⁰ e outra formal), o valor da definição em física pode estar sendo negligenciado algumas vezes, quando se esquece que o fenômeno é não apenas experimental, mas também teórico, pois “todo conhecimento é impregnado de teoria, inclusive nossas observações” (POPPER, 1975, p. 75).

A título de ilustração deste problema, suponhamos um ato empírico simples: medir a temperatura da água de uma panela usando um termômetro. Se nos questionássemos “o termômetro mediu a temperatura da água?”, haveria uma possibilidade de problematizar a resposta: foi observada a altura da coluna de mercúrio no instrumento, mas não se pode esquecer que há todo um arranjo teórico bem estabelecido que nos dá a interpretar essa coluna como uma indicação da temperatura¹¹.

10 Em alguns dos critérios de demarcação (em particular, os baseados em Popper), a Matemática fica fora da classificação de ciência, por conta do fato de não ser falseável.

11 Esse arranjo teórico vai desde modelos sobre dilatação térmica até a definição de temperatura através da anteprema lei da termodinâmica. Aqui é possível mesmo fazer discussões acerca de em que medida algumas

A respeito do mesmo assunto cabe a seguinte discussão de Bachelard:

O simples fato do caráter indireto das determinações do real científico já nos coloca num reino epistemológico novo. Por exemplo, enquanto se tratava, num espírito positivista, de determinar os pesos atômicos, a técnica – sem dúvida muito precisa – da balança bastava. Mas, quando no século XX se separam e pesam os isótopos, é necessária uma técnica indireta. O espectroscópio de massa, indispensável para essa técnica, fundamenta-se na ação dos campos elétricos e magnéticos. É um instrumento que podemos perfeitamente qualificar de indireto se o compararmos à balança.

(...)

No que diz respeito ao espectroscópio de massa, encontramos-nos em plena epistemologia discursiva. Um longo percurso através da ciência teórica é necessário para compreender os seus dados. Na realidade, os dados são aqui resultados. (BACHELARD, 1983, pp.18-9, grifos do autor)

É possível argumentar, a respeito dos parágrafos reproduzidos, que mesmo uma simples balança de pratos apresenta uma medida que se comunica com muitos itens – como alguma concepção de equilíbrio estático, a relação entre massas inercial e gravitacional, entre outros – que, ainda que bem estabelecidos empiricamente, figuram como fatos que devem ser aceitos a fim de que seja possível atribuir sentido à medição realizada (são, portanto, de uma classe de hipóteses de medida¹²). Conforme acaba de ser mencionado, a intenção do autor no trecho reproduzido é a de introduzir uma discussão dos níveis de percepção fenomenológica (que pode ir de uma percepção mais direta a uma mais abstrata).

Essa distinção entre *direto* e *indireto* é mais profundamente explorada na obra bachelardiana, e de fato a epistemologia desse autor apresenta uma formulação relativamente complexa, e muito interessante. Entretanto, o ponto que nos interessa na citação anterior é o que toca a forte presença da teoria na prática de medidas empíricas.

Nosso interesse nesse excerto, no entanto, reside na última frase, em que o próprio uso da palavra “dados” fica questionado; afinal, a realização de uma medida

leis físicas são verificadas e em que medida são definidas: tal questão é foco de debates na epistemologia atual. A lei de inércia, p. ex., é um princípio físico ou uma definição de força? A distinção assume importância epistêmica quando tratamos do conceito popperiano de falseamento. Não cabe, por ora, avançar neste ponto, confrontando os partidários de cada idéia: limitamo-nos a mencionar que o debate existe.

12 Muitos trabalhos e modelos epistemológicos debruçaram-se sobre essa questão da medição. Na linha da lógica das teorias científicas, a teoria de LAKATOS (1977) trata o problema da medição a partir do conceito de teorias auxiliares. Contudo, nosso intuito não é o de defender que essa questão não tenha solução possível na Filosofia da Ciência, mas sim mostrar que essa discussão existe e, mesmo que solucionada, exige que se vá adiante de um conhecimento ingênuo do assunto. Por outras palavras: reiteramos que nossa defesa é no sentido de que a natureza da ciência deve ser problematizada.

exige que sejam aceitas certas hipóteses sobre os princípios naturais envolvidos no funcionamento do equipamento. Voltaremos a esse ponto mais tarde.

Retornando à questão dos números, que propusemos como exemplo: a matemática aborda o problema de um modo não-empírico que lhe é de certa forma próprio. Trata-se do uso de definições como axiomas, dos quais extraem-se demonstrações. Considerem-se os seguintes axiomas dos números reais¹³:

1. o número 1 é elemento neutro da multiplicação; ou seja: $1 \cdot a = a$ para qualquer a ;
2. $a \cdot a \geq 0$, qualquer que seja a ; e
3. $0 \neq 1$.

Se a valer 1 , o axioma 1 garante que $1 \cdot 1 = 1$. Levando em conta esse resultado, pelo axioma 2 teremos $1 \geq 0$. Pelo axioma 3, temos que 0 e 1 não são iguais; logo, só resta a conclusão de que $1 > 0$, “como queríamos demonstrar”. Mas a condição com que iniciamos a demonstração (a valer 1) é garantidamente possível pelas afirmações de que os axiomas 1 e 2 valem “para qualquer a ” (ou bastaria que valesse para o caso em que $a = 1$). Esse tipo de garantia de generalidade não está presente em ciências com viés empírico, caso da Física.

Em matemática, um teorema é um enunciado que pode ser provado. Assim sendo, dado um conjunto H de hipóteses, $H = \{H_1, H_2, \dots, H_n\}$, prova-se uma tese T a partir de um certo raciocínio de demonstração que usualmente representamos pelo símbolo lógico “ \Rightarrow ”. Essa situação pode ser denotada pela seguinte frase:

$$H_1, H_2, \dots, H_n \Rightarrow T$$

O assim chamado sistema de hipóteses H que sustentam a tese T é garantido, em última instância, por um conjunto de axiomas. Estes, por sua vez, são aceitos como definição, e como tal são válidos a priori, não sendo passíveis de violação ou dúvida.

Quando se constrói, no corpo da Matemática, por exemplo, a Teoria dos Conjuntos, define-se (axiomatiza-se) que um conjunto A é dito subconjunto de um

¹³ Existe mais de um arranjo possível de axiomas para o conjunto real (arranjos esses equivalentes entre si). Estamos aqui supondo três axiomas de um arranjo particular, suficientes para nosso objetivo. Este exemplo é adaptado de GUIDORIZZI (1985, p. 13).

conjunto B se, e somente se, todos os elementos pertencentes a A são também pertencentes a B. Coloque-se então a questão "o conjunto vazio é subconjunto de algum outro conjunto?". Pois bem - examinemos essa questão a partir dos axiomas:

Um dos princípios da Lógica ordinária, chamado "Terceiro Excluído", estabelece que, dada uma certa afirmação A', verifica-se uma, e apenas uma, das seguintes opções: A' é falsa ou A' é verdadeira. Isso significa que, se o oposto de uma afirmação é falso, esta será necessariamente verdadeira, e vice-versa. Ou (sendo \oplus o símbolo de "ou exclusivo" e \neg o símbolo de "não") :

$$A' \oplus \neg A'$$

Assim, se temos dificuldade em estudar uma afirmação mas não seu oposto, buscaremos descobrir se este é falso ou verdadeiro: consequentemente a afirmação original será classificada com o valor de verdade (verdadeira ou falsa) inversa à de seu oposto. Sigamos com nosso exemplo:

Não sabemos se o vazio \emptyset é subconjunto de algum conjunto. Suponhamos, então, a antítese: " \emptyset não é subconjunto de algum conjunto". Isso significa que existe ao menos um conjunto C do qual \emptyset não é subconjunto. Pelo axioma apresentado antes, isso exige que exista ao menos um elemento x que pertence a \emptyset mas não pertence a C. Contudo, por definição (outro axioma), o conjunto vazio não tem elementos; sendo assim, a antítese é absurda (falsa), e portanto a seguinte tese deve ser verdadeira: "o vazio é subconjunto de todo e qualquer conjunto".

$$\neg (\exists A \mid \emptyset \not\subset A) \Leftrightarrow (\forall A : \emptyset \subset A)$$

O que queremos mostrar nesse exemplo é o seguinte: podemos conceber alguma situação em que a tese de que todo conjunto contém o vazio será falsa? A resposta é um definitivo "não". Mesmo que tentássemos simular uma tal situação, estamos atrelados a essa conclusão por força de definição e de lógica. Esta última é como um jogo com todas as cartas na mesa. Isso, em parte, é devido ao fato de que construímos a teoria dos conjuntos a partir de um corpo de axiomas. Em termos popperianos, podemos dizer que a teoria dos conjuntos não é falseável (mas nem

por isso deixa de ser uma caixa preta e, como tal, passível de abertura e problematização tanto histórica quanto conceitual).

Porém, quando falamos de uma ciência natural, não estamos diante de algo cujo objeto de estudos nós mesmos tenhamos construído¹⁴. Neste caso as cartas são incontáveis, e não temos todas elas sobre a mesa. O jogo prossegue com algumas variáveis estando ocultas, e nosso acesso a uma parte restrita delas se dá através de processos a respeito dos quais temos muitas dúvidas (haja vista as diversas escolas epistemológicas que pretendem investigar esses processos).

Podemos supor falseável, por exemplo, a afirmação "todos os corpos, quando soltos do repouso, caem": basta supor (imaginar) uma situação em que um objeto, quando solto, não cai. Outro exemplo: a primeira lei da Termodinâmica infere que "Se a energia total de um sistema se conserva, no caso de uma máquina que receba uma quantidade de calor Q e realize um trabalho W o aumento de sua energia interna será $\Delta U = Q - W$ ". Se essa lei fosse um teorema, poderíamos decompô-la segundo a mesma estrutura que usamos no caso do exemplo matemático:

Axioma geral ou Postulado (P): A energia total se conserva (lei geral da Conservação da Energia);

Hipótese do teorema (H): A máquina apenas recebe Q , realiza W e aumenta U , de maneira que Q , W e U são as únicas formas de energia envolvidas no fenômeno do funcionamento das máquinas térmicas;

Tese (T): $\Delta U = Q - W$

Essa estrutura pode ter seu funcionamento descrito da seguinte forma: o axioma deve ter validade geral, a hipótese é específica do teorema, e a tese só tem obrigação de se verificar quando a hipótese for verdadeira (essa hipótese não vale sempre, mas o teorema garantiria que sempre que H for verdadeira T também o será). O fato, aqui, é que P não é necessariamente verdade sempre: não temos garantias de que a lei de Conservação não tenha nenhuma exceção no universo.

¹⁴ Pode-se defender que a matemática também possui origens na experiência que o homem trava com o mundo "real" (como o faz Poincaré, 1998) ou que a definição dos objetos de estudo da física possua certas características arbitrárias. A constatação de uma origem empírica também para a matemática e uma teórica igualmente para a física, contudo, não impossibilita o fato de haver maior facilidade e justificabilidade em se aplicar a indução a um teorema matemático que a uma lei física. De fato, a indução tem, na matemática, um sentido bem distinto do que adquire na física.

Poderíamos então retirá-la de P e incorporar em H? A princípio sim; mas se o fizéssemos teríamos uma estrutura de enunciados com pouco conteúdo de informação, já que seria muito difícil ter de verificar, caso a caso, quando a lei de conservação vale.

Talvez as ciências naturais sejam mais parecidas com uma investigação criminal que com a matemática. Vejamos... Dado um teorema T, suponhamos que para ele ofereçamos uma demonstração formal D1. Caso alguém consiga elaborar um outro caminho formal de demonstração D2, teremos então duas provas distintas do mesmo teorema, mas uma delas basta para crer em sua veracidade (as múltiplas demonstrações terão mais valor didático que epistêmico).

Agora, suponha-se que uma testemunha tenha visto o sr. F ameaçar a sra. G (evidência 1) e que se tenha constatado que a arma que matou a sra. G seja propriedade do sr. F (evidência 2). Essa situação dá boas suspeitas (tese T) de que F tenha sido o assassino de G, mas não temos certeza disso. Seria mesmo possível que F fornecesse evidências de que, no momento do crime, ele estava em outra cidade (evidência 3): isso colocaria em dúvida a conclusão inicial (T) de que F foi o assassino de G; mas alguma tese alternativa (T') terá de ser formulada a fim de explicar até mesmo as disparidades entre as evidências (talvez F tenha forjado o alibi; ou talvez o verdadeiro assassino tenha elaborado um complexo esquema para incriminar o sr. F).

A diferença, com respeito à situação anterior, é que uma evidência só não basta, e mesmo duas podem não ser suficientes para um júri condenar o sr. F. Quanto mais evidências a perícia e a promotoria somarem, mais certos podemos ficar de que F tenha sido o autor do crime. Trata-se, na verdade, de fazer uma importante distinção entre evidência e prova.

Por considerações como essa, pode-se classificar a defesa de que há comprovações definitivas em ciências como uma falácia ingênua ou talvez mesmo leviana. Ao tentarmos levantar a questão "a natureza da matemática é a mesma que a da física ou a da geologia?", colocamo-nos diante de uma distinção epistêmica importante. As ciências naturais ocorrem em processos de autocritica e autorrevisão, não estão prontas e suas teorias têm aceitações que dependem de um complexo de fatores. Não é por acaso, então, que uma das obras de Karl Popper tem o título

“Conjecturas e refutações”, que o livro mais conhecido de Thomas Kuhn se intitula “A estrutura das revoluções científicas”, a tese de doutorado de Bachelard, defendida em 1928, tenha o sonoro título “Conhecimento aproximado” e que Feyerabend tenha escrito “Contra o método”.

2. Discursos de autoridade da ciência

2.1. Descrição e intenção da amostragem

No interesse de focalizar alguns discursos que invocam a autoridade da ciência e apelam a modelos tecnocráticos, tomamos uma pequena amostra de enunciações, em diferentes situações (livros, revistas, comerciais), a fim de amparar nossa discussão. Participaram, também, desse *corpus*, os discursos que todos já ouvimos em diálogos dos quais eventualmente participamos, em que alguém (possivelmente nós mesmos) usa, a fim de defender algum argumento, expressões como "foi cientificamente provado que..." ou "você está sendo pouco científico".

Estabeleceremos, ao longo de nossa discussão, um modelo hipotético para classificar os movimentos e os tipos de enunciação que estamos observando. Definir um modelo científico é, entre outras coisas, fixar os termos a partir dos quais se referirá ao fenômeno estudado. Assim, é importante enfatizar que não pretendemos, com isso, propor uma classificação de validade mais geral ou defender um modelo teórico para essa classe de discursos, mas tão somente sistematizar o *corpus* sobre o qual se apoia nossa discussão.

2.2. A autoridade da ciência em textos e mídias: explorando exemplos

2.2.1. O discurso de autoridade da ciência no contexto comercial: a propaganda

A observação, talvez não inesperada, que pudemos fazer dos enunciados que estudamos, sugere que não há grandes variações entre os significados e as intenções das palavras "comprovado/provado" nos discursos dentro de uma mesma classe de situações. Expliquemos:

Os comerciais de TV que usam esses termos de nosso interesse parecem seguir uma fórmula geral do tipo "está (com)provada cientificamente a eficácia do produto X", como havíamos proposto anteriormente. A novidade aqui é que observamos outros tipos de apelo à comprovação que não a científica: "cl clinicamente

comprovado", "dermatologicamente testado", além de outras. A primeira observamos não raramente em comerciais de analgésicos ou de antigripais, a segunda aparece nos anúncios de produtos de limpeza, detergentes, etc. Há variações dessas frases, nas quais são visíveis os apelos a uma dupla autoridade: uma de cunho objetivo e outra mais subjetiva. Explicitemos o exemplo a que nos referimos:

Em um comercial exibido na TV em 2009, anunciando um produto que promete proteger crianças de picadas de insetos, o *slogan* é "testado por cientistas, aprovado pelas mães". Aqui a objetividade da ciência e a subjetividade do julgamento materno concordam que a mistura é eficaz contra os mosquitos e protege de fato as crianças.

Em 2011, uma marca de sabonete lançou duas propagandas, em particular, que evidenciam claramente esses aspectos que estamos comentando: uma delas, que se inicia com a cena de crianças brincando e com um *zoom* que mostra as bactérias presentes na areia em que brincam, termina com uma "especialista" (com avental branco) falando dos efeitos comprovados de lavar as mãos com esse sabonete (que reduziriam os riscos de contaminação em até 75%); na segunda, a personagem (apresentada inclusive com o número de sua inscrição no Conselho Regional de Farmácia) que anuncia o produto apresenta-se como microbiologista e em seguida também como mãe (aparecendo antes com o jaleco branco e depois com uma roupa mais esportiva), fala dos perigos das bactérias e germes envolvidos no cotidiano das crianças (e novamente aparecem os *zooms* demonstrativos de bactérias nas mãos das crianças em atividades corriqueiras) e no final lança a seguinte frase: "... oferece 10 vezes mais proteção que os sabonetes comuns e é certificado pela Sociedade Brasileira de Pediatria (...) [Nossa marca é] 100 % confiável".

Tanto do ponto de vista do rigor da ciência quanto do ponto de vista do cuidado maternal, há a unanimidade de que se pode usar tranquilamente o produto. A dupla autoridade, que pode ser sugerida pelas imagens de "cientista" e de "mãe", dá lugar a uma complementaridade que se encaixa perfeitamente, convergindo a uma segura conclusão: vale a pena adquirir o produto. As imagens a seguir foram destacadas dos dois referidos comerciais do sabonete.

É claro que muitas perguntas podem ser feitas a respeito desses *slogans*.

Algumas delas seriam: que especialistas? Que mães testaram o produto em seus filhos antes do lançamento deste ao mercado? Podemos perguntar que metodologia de teste foi usada e quais os resultados numericamente obtidos, com que incerteza ("margem de erro") e qual conceito de "especialista" está por trás da frase, já que essa palavra é bastante imprecisa de um ponto de vista epistemológico.

Produtos alimentares têm participado, com especial frequência, das propagandas que aludem à autoridade do conhecimento científico. O espectro abrange desde as dietas miraculosas (vendidas ou sob a forma de produtos para serem ingeridos ou sob a forma de revistas com dicas de emagrecimento – muitas das quais carregam nomes de cientistas ou de universidades), que vêm se multiplicando, a cereais pouco conhecidos entre os brasileiros: estamos nos referindo à quinua, que nos últimos anos vem sendo vendido não apenas sob o slogan de ser um “cereal sagrado dos incas” (em claro apelo à atmosfera mística que envolve essa antiga civilização), mas sob o argumento de ter sido considerado o alimento mais rico conhecido pelo homem, consumido pelos astronautas da NASA (o que, em nossa leitura, constitui invocação da autoridade da ciência).

Outra classe de produtos cujos comerciais nos últimos anos passaram a apelar à autoridade da ciência é a dos odontológicos (cremes e escovas dentais, fixadores de dentaduras, etc.): nesses anúncios, tem sido comum aparecer um dentista (vestido de branco e apresentado por uma legenda que fornece seu número de registro no Conselho Regional de Odontologia, CRO); é essa pessoa que fornece as informações acerca da eficácia do produto anunciado, afirma que ela mesma o usa, e é comum aparecerem animações mostrando os dentes sendo analisados, bactérias ampliadas ou outras montagens que apresentam detalhes de estudos efetuados para determinar o funcionamento e a eficiência de certos produtos.

As imagens e os sons remetem a um ambiente científico (ou aquilo que, no estereótipo, se imagina ser um ambiente científico). O fornecimento do número do registro do profissional no CRO dá garantias de que aquela pessoa pertence a uma comunidade – talvez a versão “marketeira” da comunidade científica. Aqui temos um exemplo particularmente interessante para motivar uma discussão do que se refere à comunidade: é difícil definir quem é cientista, e a comunidade científica não é um clube que fornece carteirinhas a seus sócios... Ou será que fornece? O número do

CRO parece ser informado, nos comerciais, no intuito de dar garantias de que não é um ator quem fala, mas o especialista – o portavoza da autoridade da ciência.

Em termos de metodologia de teste, outro exemplo de comercial (um pouco mais antigo que o do *spray*) que despertou interesse em nossa investigação é um de xampu contra queda de cabelo. Nas imagens, enquanto apareciam mulheres sentadas, tendo seus couros cabeludos analisados por um estranho equipamento (sugerindo um ambiente de pesquisa altamente dotado de última tecnologia), o narrador falava "está comprovado: o xampu Z reduz 90% da queda de cabelo". Fica indefinida a metodologia de pesquisa (supondo que tenha de fato ocorrido) pela qual se chegou a um número tão específico.

Sabemos que todo experimento tem suas imprecisões. Toda grandeza medida possui uma incerteza, oriunda do instrumento, da metodologia de medição e de flutuações aleatórias, além de outros fatores. Isso é de tal maneira relevante que desenvolveu-se toda uma teoria estatística sofisticada para estudar as incertezas: a Teoria de Erros.

2.2.2. O discurso de divulgação na mídia: temas científicos e temas políticos

A precisão do resultado remete-nos à questão das incertezas, e podemos nos perguntar: por que as notícias sobre descobertas científicas e os anúncios de produtos que apelam à autoridade da ciência não aludem ao fato de as pesquisas científicas estarem sendo tomadas dentro de uma margem de precisão e, no entanto, as divulgações de pesquisas de intenções eleitorais especificam inclusive o valor dessa margem? Devemos perguntar, então, acerca das intenções em cada caso: a notícia de uma descoberta científica *versus* a notícia do último resultado das intenções de voto.

Esta última envolve todo o rigor legal para a propaganda política e a divulgação desses resultados. Levando em conta que é necessário preservar a decisão do eleitor, e mais inúmeras diferenças entre os dois tipos de notícias, é fácil compreender que não se deseja informar a estimativa de intenções de votos como uma informação derradeira e absoluta. Além do fato de a divulgação tornar-se proibida às vésperas da eleição, com o passar dos dias esses resultados vão sendo

mostrados dinamicamente, em gráficos de avanço e retrocesso da preferência por cada candidato. É uma dinâmica que tem paralelo, em diferente escala, na ciência, mas não fica evidenciada na notificação de suas constatações.

Entre as várias diferenças, atenhamo-nos à que se refere ao fato de que qualquer pessoa dentro das especificações mínimas legais pode (e em alguns países – caso do Brasil – deve) votar; os assuntos de política, de diferentes maneiras, participam de conversas e são largamente explorados em programas humorísticos da TV. A ciência e suas decisões, por outro lado, figuram como privilégio de poucos, e mesmo sua linguagem é um dialeto compreendido por uma minoria¹⁵. O termo "margem de erro" pode ser compreendido por muitos eleitores, mas no contexto em que se fala de ciência, talvez figurasse como mais um daqueles termos técnicos ininteligíveis, dos quais, em geral, procura-se desvencilhar. Neste momento, em que ouve falar de ciência, a pessoa não está se informando para tomar uma decisão: está recebendo e consumindo um produto de uma decisão já tomada. A margem de erro e todos os outros números fazem farte da metodologia com a qual os cientistas já se preocuparam, as porcentagens de segurança e de chance de erro da conclusão já foram devidamente ponderadas e debatidas entre os cientistas, e coube a eles decidir qual a resposta "certa".

A eleição é um processo *ocorrendo*: o eleitor *está participando* dele; após a contagem dos votos, o resultado será divulgado e a caixa preta será fechada, com as propagandas, debates e eventuais indecisões dentro dela. Algo parecido acontece na ciência, mas o cidadão comum só tem acesso à caixa quando ela já se fechou. Oculta-se a brecha presente entre as conclusões transformadas em paradigmas e as aberturas a revisões e contestações desses resultados.

O produto que chega ao homem e à mulher não envolvidos na prática científica é um resultado cristalizado e incontestado, embalado e 'pronto para beber'. Como o paciente completamente leigo em assuntos de medicina, que procura o médico por conta de alguma enfermidade, está interessado no remédio receitado, deixando nas mãos dos especialistas as discussões detalhadas sobre seu funcionamento ou mesmo os eventuais debates sobre qual o melhor tratamento para

15 Não estamos afirmando que a política não figura entre os temas com jargões próprios e conceitos técnicos, mesmo porque as "ciências políticas" constituem área de pesquisa acadêmica. Contudo, acreditamos que é muito mais comum haver conversas sobre política que sobre ciência entre os não-especialistas.

aquela patologia, o não-cientista espera receber uma conclusão segura, e essa segurança aparecerá redobrada se o interlocutor (geralmente aquele que está fazendo uma propaganda) tiver especial interesse em convencê-lo a comprar um produto.

2.2.3. Tipos e escalas de discursos

Estamos agora nos deparando com um esboço dos tipos de ouvinte atento aos assuntos científicos. Sendo ele um especialista, requisitará detalhes e provavelmente elaborará perguntas até convencer-se ou contestar a informação transmitida, não se intimidará com os termos técnicos e dará especial atenção aos detalhes conceituais e metodológicos. Sendo ele um curioso, terá afinidade com alguns dos termos técnicos, talvez pesquise na intenção de aprender mais detalhes, mas é incapaz de ir além de certo ponto, de modo que os enunciados a ele direcionados serão, em maior ou menor medida (dependendo do público ao qual pertence, podendo ser mais ou menos íntimo da área) parcialmente detalhados; pode elaborar muitas perguntas, mas geralmente terão intenções de esclarecimento e não de contestação. O outro extremo desse espectro parece ser o consumidor, que, no limite, tem total desinteresse e/ou inabilidade para lidar com os detalhes técnicos do assunto, estando mais aberto a praticamente 'beber' o enunciado do *marketeiro*. A intensidade da simplificação tende a dobrar, como discutimos há pouco, somando o desinteresse por aprofundamento do consumidor ao interesse em convencimento do vendedor. Indo do ouvinte especialista, chamado "tipo 1", ao extremo consumidor "tipo 3", as intensidades de perda dos detalhes deve estabelecer uma escala aproximadamente assim:

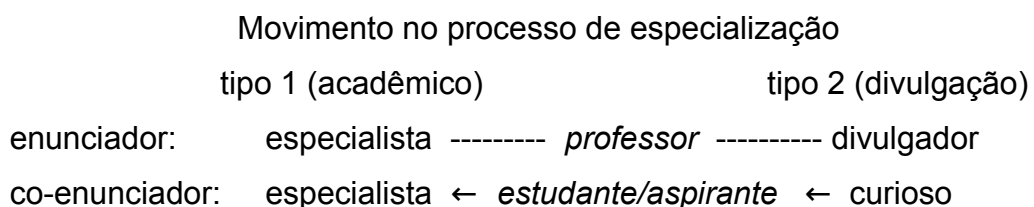
Escala hipotética de discursos sobre a ciência

	tipo 1	tipo 2	tipo 3
	acadêmico	divulgação	comercial
enunciador:	especialista	divulgador	vendedor
co-enunciador:	especialista	curioso	consumidor

Estamos propondo um modelo de divisão meramente ilustrativo do nosso *corpus*, que se mostrará válido e útil no restante de nossa análise. Vale colocar que um mesmo sujeito pode localizar-se, dependendo do momento, em diferentes posições nesse espectro dos tipos. Os manuais de ensinos básico e universitário oscilariam, geralmente, entre os tipos 1 e 2: enuncia-se o saber científico, detalhado até certo ponto, a um estudante, podendo este ser ou não um aspirante a especialista. É importante lembrar que mesmo um especialista torna-se curioso (ou leigo) por uma área um pouco diferente da sua e certamente consumirá produtos finais de muitas áreas, mesmo a sua, em diversas situações.

Com efeito, há hoje, dado o alto grau de especializações que vivenciamos, muitas ocasiões em que o cientista competente de uma área usa frequentemente resultados de áreas afins (ou da própria) cujas demonstrações fogem ao seu conhecimento: não fosse assim, estaria ele tão envolvido em verificar pessoalmente cada resultado que não empreenderia outro trabalho. Um exemplo desses casos refere-se às inúmeras especificidades e correções matemáticas necessárias para ajustar imagens obtidas por telescópios, a fim de reparar alterações causadas pela atmosfera, pelo equipamento, e por efeitos do percurso da luz até a Terra.

Com respeito ao discurso de sala de aula (ou de leitura de um manual didático), o professor (ou o autor do livro) é um especialista com conhecimento suficiente para o grau em que pretende lecionar. O aluno, em seu turno, poderá ser um curioso e, supondo-se que esse estudante percorra um longo caminho em direção à especialização em uma determinada área de conhecimento, estará aproximando-se da posição de especialista ele mesmo, conforme quadro hipotético abaixo.



Conforme caminha nessa escala, o estudante adquire, muito provavelmente,

um arcabouço de conhecimentos capaz de sustentar um senso crítico sobre os discursos que ocorrem em maior nível de simplificação que aquele a que está apto. Um estudante de biologia atento certamente estranhará um comercial de TV no qual um "xampu com DNA vegetal" promete operar milagres de redução da queda de cabelos, controle de oleosidade ou aumento de brilho. Esse estudante saberá que as bases componentes do DNA vegetal e do animal são as mesmas, de forma que não haveria uma especificidade química na composição do DNA vegetal, que então passaria a não ter nada de especial. Além disso, os milagres certamente não poderiam dever-se a um fenômeno de cunho genético, posto que o xampu não poderia afetar o código hereditário do usuário. Outro exemplo atual é o debate a respeito de alimentos transgênicos: como participar de um debate sem um certo arsenal de conhecimentos sobre o assunto?

Especulando um pouco mais a respeito dessa escala e ainda no reino da genética, podemos chegar a ver o acadêmico especialista assumir a postura comercial do consumidor. É o que parece estar presente em um comentário do biólogo estadunidense Philip Hanawalt ao criticar a prevalência da tecnologia disponível no mercado quando comparada à compreensão do significado de princípios básicos da biologia. Seu discurso, em entrevista exibida na revista Pesquisa FAPESP, aponta nitidamente os sequenciadores de DNA como uma caixa preta e atestam o problema que surge quando pesquisadores não ousam conhecer seu interior:

Hoje me preocupo com os pós-graduandos, que simplesmente vão a um catálogo para comprar *kits* para purificar e sequenciar DNA. Eles acabam não aprendendo detalhes do método, o que faz com que talvez errem na interpretação dos resultados.

(...)

Há empresas que vendem as lâminas pré-fabricadas. O perigo é que isso faz com que o procedimento fique mais fácil e se gaste mais dinheiro com experiências sem pensar sobre seu significado. (...) [Os alunos devem] retornar a princípios básicos e procurar a forma mais simples de responder a uma pergunta. (HANAWALT, 2009, p. 10)

2.2.4. O discurso na divulgação científica

Estivemos até agora discutindo alguns poucos discursos do tipo 3. Cabe começarmos a olhar alguns dos tipos 1 e 2. Começemos explorando alguns excertos

de textos de divulgação:

Em 1926 o astrônomo Edwin Hubble verificou que as estrelas distantes estavam se afastando de nós, e que a velocidade de afastamento era proporcional à distância que estivéssemos da estrela.

(...)

No final do século XIX foi descoberto ainda o elétron e sua carga, por Thomson e seus colaboradores. (...) Foi com grande surpresa que Rutherford constatou que o átomo era formado por um núcleo muito pequeno, enquanto os elétrons deveriam estar girando a uma grande distância, como no movimento planetário. (ABDALLA, 2004)

No artigo de onde extraímos este excerto, apresenta-se um apanhado da história da Cosmologia dos antigos gregos até o presente, e discutem-se perspectivas futuras. O primeiro ponto que chama a atenção é o uso do termo "estrelas": Hubble estava realizando o estudo de galáxias, e sabemos que não são verificáveis evidências de expansão quando se observam estrelas ou mesmo galáxias muito próximas. Uma galáxia é uma estrutura que, entre outros objetos, tem tipicamente centenas de bilhões de estrelas dentro de si. Em termos históricos, Hubble é um dos personagens envolvidos na aceitação da ideia de que nossa galáxia não era a única do universo.

Estabelecendo uma análise fria, se as galáxias distantes afastam-se, é evidente que suas estrelas também o fazem, por isso o autor não está rigorosamente equivocado ao falar em afastamento das "estrelas distantes". Contudo, textos de manuais escritos para estudantes de Física, Astronomia e áreas afins costumam usar o termo "galáxias", que confere muito maior precisão à informação, trocando uma palavra por outra, e não por uma expressão maior. Dessa forma, substituir a palavra "galáxia" pela "estrelas" pode ser uma evidência da simplificação típica dos textos de divulgação. É comum que as pessoas em geral não tenham uma concepção clara do que são estrelas¹⁶, mas ao menos a palavra é familiar; o mesmo não se dá com a palavra "galáxia"¹⁷.

16 Podemos argumentar a favor dessa ideia pelos seguintes exemplos: (1) O usual termo "estrelas cadentes" sugere que os asteroides seriam estrelas que caem do céu; e (2) quantas pessoas aceitariam sem nenhum impacto que o Sol é uma estrela?

17 Muito embora possa não ser estranha. Filmes de ficção, como *Star Wars* (que, em qualquer de suas partes, começa com a frase "Há muito tempo, numa galáxia muito distante..."), tornaram a palavra uma não completa desconhecida. Porém, se aceitamos que o público em geral desconhece o que são estrelas (do ponto de vista da Astronomia formal), o que vem a ser uma galáxia é algo ainda mais hermético. Note-se, ainda, que a olho nu as outras galáxias tornam-se muito semelhantes a estrelas. O próprio conhecimento da existência de objetos galácticos muito além da Via Láctea só tornou-se realidade no século XX.

Ao falar que as estrelas mostram um afastamento, o autor esquiva-se da necessidade que teria de abrir um pequeno espaço para explicar o que são galáxias. Não nos esqueçamos que, se o artigo pretendeu discutir uma história de alguns milênios em umas poucas páginas, toda economia tornou-se bem-vinda. Estrelas aparecem muito mais no vocabulário comum, ainda que não esteja amplamente difundido o que se sabe hoje a respeito delas, mas dificilmente uma pessoa que ouça falar em estrelas terá grande necessidade de perguntar o que são; por outro lado, é mais provável que um termo menos corriqueiro faça surtir tal efeito indagador. Mas não é esse o ponto de maior interesse no trecho citado. Tomemos as expressões "verificou", "foi descoberto" e "constatou".

Sem entrar em muitos detalhes, o avermelhamento observado por Hubble é até hoje objeto de discussão (por parte de uma pequena minoria dos especialistas, mas é – cf., p. ex., ASSIS *et al.*, 2008), e salientemos que o próprio Edwin Hubble custou a aceitar a interpretação que se propôs às suas observações. O avermelhamento das galáxias distantes costuma ser atribuído ao chamado efeito Doppler: se aceitarmos essa hipótese, fica quase inevitável a constatação do afastamento das galáxias. Contudo, não se pode ter certeza de que não seja algum outro efeito (ainda que não saibamos muito bem do que possa se tratar) o responsável pelo desvio da cor. No caso de o avermelhamento dever-se a outro efeito que não o Doppler, estaríamos diante de um cenário cosmológico completamente diferente, afetando diretamente o modelo-padrão cosmológico do *Big Bang*. O que queremos trazer à tona é que não é totalmente certo o fato da expansão cósmica, e é bastante impreciso afirmar que Hubble observara tal coisa, ainda mais quando teria ele hesitado muito em aceitar essa interpretação (feita por outros!).

O que Thomson (e outros) observara, no século XIX, era um feixe de raios chamados de 'catódicos'. Constatou tratar-se de um ente carregado eletricamente com uma carga negativa de um determinado valor (que viria a ser estabelecido por Millikan, no século XX, e não por Thomson, conferindo o prêmio Nobel ao primeiro). Embora seja correto que Thomson tenha proposto ser o tal ente, presente no feixe, uma partícula, não seria impossível ter ele sugerido outras possibilidades: os experimentos atômicos das primeiras décadas representavam um contato tão novo com o (ainda questionado àquela época) átomo que foram abundantes as histórias

de interpretações sendo revistas. O que o autor faz aqui é o que Imre Lakatos chamara de “reconstrução racional da história” (cf. SILVEIRA, 1996).

É sempre possível mostrar como uma metodologia pode influenciar a seleção de determinados fatos em lugar de outros e que a interpretação desses fatos não ocorre sem alguma inclinação teórica, ou seja, de uma forma neutra. Sabe-se que a objetividade em história é, num certo nível, impossível. A História não se apresenta simplesmente aos olhos do espectador. Ela tem que ser fabricada. Há uma seleção de fontes e materiais, construção de perguntas, e a tomada de decisões sobre a relevância das contribuições de fatores internos e externos para a mudança científica. Todas essas questões sofrem influência das visões sociais, nacionais, psicológicas e religiosas do historiador e que, num grau ainda maior, são influenciadas por uma Teoria da Ciência ou Filosofia da Ciência que o historiador acredita, determinando uma metodologia normativa à qual o historiador se apóia para a elaboração da história interna.

Assim, Lakatos entende que todo estudo histórico deve ser precedido de um estudo heurístico já que a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega (...)

(SILVA *et al.*, 2006)

A reconstrução, conforme aparece em manuais didáticos, consiste em selecionar apenas alguns episódios da história da ciência, eliminar certos detalhes (geralmente as tentativas que desembocaram em resultados tidos hoje como 'errados') e alterar a cronologia a fim de constituir uma linha temporal que evidencia um avanço (sem qualquer evento de retrocesso ou dúvida) sempre crescente da racionalidade e do conhecimento.

A reconstrução racional, enquanto metodologia de ensino, tem sido objeto de discussão de algumas pesquisas em Ensino de Ciências (*Ibid.*). Contudo, o que intentamos pontuar aqui é a forma como cada texto promove sua própria reconstrução¹⁸ do tema explorado, salientando – como fez Lakatos – que toda reconstrução pressupõe a opção por uma filosofia.

É nesse sentido que estamos defendendo que os enunciados, tão corriqueiros, que aludem à autoridade da ciência, são temas ricos para discussões (em aulas) onde se pode problematizar a intenção do autor (o divulgador ou o publicitário). Sabemos que não há enunciação gratuita, no sentido de que toda pronunciação pressupõe uma intenção e uma visão de mundo que a antecedem.

Aqui se impõe o problema da autoridade mistificada da ciência: como

18 Cabe lembrar que Lakatos defendia que a história “verdadeira” da ciência deveria ser relegada à posição de nota de rodapé para dar espaço, nos manuais, à história reconstruída. Discordamos, como fazia Kuhn e o faz hoje também a literatura da área de ensino de ciências, frontalmente dessa postura.

questionar algo em que confiamos e, ao mesmo tempo, sobre o qual pouco sabemos? Para questionar um discurso que alude às “comprovações científicas”, um sujeito não precisa chegar a saber detalhes técnicos acerca daquela área do conhecimento: basta que saiba o quão problemático o próprio termo “comprovar cientificamente” pode ser. Esse termo é, por si mesmo, outro exemplo de simplificação, sendo mais dificilmente encontrado em textos de abordagens mais técnicas e detalhadas.

O próximo exemplo, que ilustra isso, é outro texto de divulgação na área de Cosmologia, mas difere do anterior por tratar de uma pesquisa atual (dos próprios autores) e apresentar muito maior riqueza de detalhes. Para ilustrar esse detalhamento, mantivemos o excerto um tanto longo:

Ao embarcar nesse projeto, esperávamos estabelecer que o valor da constante de estrutura fina permanecia o mesmo há muito tempo; nossa contribuição seria somente maior precisão. Para nossa surpresa, os primeiros resultados, de 1999, mostraram alterações pequenas, mas estatisticamente relevantes. Novos dados confirmaram essa descoberta. Com base em um total de 128 linhas de absorção de quasares, detectamos um aumento médio em alfa de cerca de 6 partes em 1 milhão, ao longo dos últimos 6 bilhões a 12 bilhões de anos. Descobertas extraordinárias exigem provas extraordinárias, e assim nossos pensamentos voltaram-se imediatamente para possíveis problemas com os dados ou métodos de análise. As incertezas classificam-se em dois tipos: sistemáticas e aleatórias. No caso das incertezas aleatórias, distintas para cada medição isolada, sua média aproxima-se de zero para grandes amostras. Incertezas sistemáticas, porém, não tendem a se cancelar, por isso são mais complicadas. Aparecem por toda parte em astronomia. No laboratório, pode-se alterar a configuração experimental para minimizá-las, mas astrônomos não podem mudar o Universo, e se vêem forçados a reconhecer que todos os métodos de que dispõem para coletar dados sofrem de uma distorção irremediável. Em todo levantamento de galáxias, por exemplo, as galáxias brilhantes tendem a estar super-representadas, porque são mais fáceis de ver. Identificar e neutralizar essas distorções representa um desafio contínuo. Em primeiro lugar, nós procuramos alguma distorção na escala de comprimento de ondas com que havíamos medido as linhas espectrais dos quasares. Conseguimos eliminar a hipótese de erros de método. Depois, por mais de dois anos, procuramos cuidadosamente outros erros nos dados. Investigamos possíveis distorções uma após a outra, e as descartamos depois de testes detalhados. Até agora, identificamos somente uma fonte potencialmente séria de distorção, relativa às linhas de absorção do magnésio. Embora cada um dos três isótopos estáveis desse elemento absorva luz com um comprimento de onda diferente, os valores são muito próximos entre si. A espectroscopia de quasares não consegue separar as respectivas linhas espectrais, que aparecem borradas, como se fossem uma única linha. Com base em medições de laboratório da abundância relativa dos três isótopos, os pesquisadores deduzem a contribuição de cada um deles para o espectro. Se, no início do Universo, essa proporção fosse muito diferente - como pode ter acontecido, caso as estrelas que jorraram

magnésio para as galáxias tenham sido, na média, mais pesadas do que seus pares de hoje - esse efeito poderia ser confundido com uma alteração de alfa. Um estudo publicado neste ano, porém, mostra que os novos resultados não podem ser descartados assim tão facilmente. Yeshe Fenner, da Universidade de Tecnologia Swinburne, na Austrália, e colegas descobriram que as quantidades relativas dos isótopos de magnésio necessárias para simular uma variação em alfa teriam resultado em uma produção excessiva de nitrogênio no início do Universo - em contradição direta com as observações. Assim, temos de considerar a possibilidade de que alfa tenha realmente mudado. (BARROW & WEBB, 2005, p. 33; grifos nossos)

A primeira e a segunda frases sublinhadas tocam diretamente o aspecto da comprovação científica, o qual já discutimos largamente antes. Outros pontos que chamam a atenção referem-se ao detalhamento da metodologia de pesquisa. Está claro que esse texto explicita, com relativa riqueza de detalhes (está bem detalhado para um curioso, mas certamente não para um especialista envolvido diretamente com o mesmo assunto), as dificuldades encontradas para se fazer a medida da variação da grandeza 'alfa', as relações entre o trabalho dos autores e trabalhos de outros cientistas e, talvez o ponto mais inesperado, dedicam algumas linhas à abordagem do problema das incertezas!

Note-se, ainda, que algumas informações apresentadas são típicas de relatórios e artigos científicos, em geral não fazendo parte de textos abertos a públicos mais gerais: estamos nos referindo especificamente ao fato de no fragmento ser mencionado o número exato de 128 linhas de absorção dos quasares. Aqui o jargão técnico tem maior presença que no trecho anterior. Palavras como "galáxias" e "quasares" aparecem sem muito pudor.

É evidente que, quando falamos em divulgação científica, não devemos perder de vista que existem divulgações e divulgações: há diferentes veículos e mídias, diferentes públicos e graus de interesse e envolvimento com o tema, e há diferentes divulgadores (podemos estar lendo um texto de um jornalista leigo que entrevistou alguns cientistas ou podemos estar lendo o texto escrito pelo próprio especialista).

No caso deste último fragmento, a revista de onde foi extraído representa um importante veículo de divulgação, na qual comumente os autores são cientistas. Somando-se a isso o fato de ser uma mídia escrita, é de se esperar que seu público leitor seja de curiosos mais seletos que o público que veria, por exemplo, uma curta nota da descoberta de um novo asteroide ser apresentada no programa jornalístico

televisado da noite. Dentro desse público de revistas, não será difícil encontrar cientistas curiosos por áreas que não aquela em que especificamente trabalham; são pessoas com certa criticidade e com um arcabouço de conhecimentos básicos suficientes para fazer uma leitura mais exigente. Esse tipo de revista, vale salientar, é tipicamente lida por jovens com pretensões a carreira científica, de modo que é desejável que sua leitura promova um contato mais extenso com a metodologia e a terminologia técnicas, ao mesmo tempo que apresenta o assunto com cores sedutoras a eventuais futuros pesquisadores da área.

Voltando às expressões no excerto, o "até agora" inicia uma descrição do estado então atual (incompleto) dos resultados da pesquisa. Esse leitor está sendo posto a par da ciência acontecendo, diferente daquele que leu como foram feitas as descobertas de Thomson no século XIX. Outro elemento que pode estar presente aqui é o tempo: em um dos textos fala-se de ciência em construção, em outro fala-se de ciência antiga. Mas novamente sublinhemos o fato de que o trabalho referido é dos próprios autores. É normalmente argumentado que a divulgação científica desempenha, entre outros, um ato de interesse da própria comunidade científica, justamente por divulgar à comunidade mais geral o trabalho que têm feito, o que poderia ser movido pelo interesse por mais recursos e financiamentos às pesquisas no mundo (cf., p. ex., ZAMBONI, 2001, cap. 1). Isso pode ser um dos principais fatores de motivação para o estilo relativamente detalhado com que este segundo texto fora escrito: os autores estão interessados em divulgar sua área, seu problema de pesquisa e seu trabalho à comunidade. Nesses momentos, parece-nos lícito dizer que o texto, até então característico do tipo 2, migra parcialmente para enunciados do tipo 3.

Um número mais antigo da mesma revista traz, no espaço aberto a cartas do leitor, outro excerto interessante: trata-se de uma manifestação em que um especialista aponta algumas críticas a um artigo da edição anterior (ago/2002), cujos autores (os físicos italianos Patrizia Caraveo e Marco Roncadelli) também são especialistas. Na sua breve crítica, que em certo ponto afirma "acho que os autores do artigo 'O enigma da matéria escura' têm uma visão errada da curva de rotação de nossa Galáxia", além de apontar correções em alguns números apresentados no referido artigo, o leitor-especialista refere-se a um trabalho próprio, no qual chega a

conclusões pelas quais o problema da matéria escura mostra-se minimizado:

Num artigo publicado em 2000 na revista *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 313, p. 263, com o colega Peter Leroy, nós analisamos com muito cuidado a contribuição do bojo e do disco galáctico, com base nos mapas de brilho no infravermelho. Nossa conclusão é que a curva de rotação é muito bem explicada pela matéria observada na forma de gás e estrelas. Pelo menos na nossa Galáxia, até a vizinhança solar, não vemos necessidade de matéria escura. (LEPINE, 2002, p. 8)

Esse fragmento ilustra, mais uma vez, que algumas 'verdades' podem ser colocadas em questão a qualquer momento na ciência. Além disso, apesar de ser provável que os autores italianos não cheguem a ler e responder à crítica do cientista brasileiro, esse excerto está próximo do que chamamos enunciado de tipo 1, na nossa classificação artificial proposta anteriormente. Aqui, não caberia, por tratar-se de uma breve manifestação de leitor, e não de um artigo científico, trazer os detalhes do estudo, mas foram dadas pistas gerais da metodologia usada e fornecida a referência detalhada ao artigo completo onde podem ser encontrados os procedimentos e resultados do estudo.

Temos aqui um exemplo de importação de um tipo de enunciado para a mídia destinada, a princípio, a outro tipo: um enunciado de tipo 1 (acadêmico) aparecendo em uma revista de divulgação (tipo 2). Analisemos, agora, um exemplo de enunciado tipo 1: um manual universitário.

Um livro brasileiro introdutório de Física básica a alunos de graduação, em seu último capítulo, ao discutir as evidências cosmológicas para o princípio de Mach (que estabelece uma relação conceitual entre inércia e gravidade), coloca:

(...) Todos esses efeitos são demasiado pequenos para serem detetáveis na escala de laboratório.

Por outro lado, a realização completa da idéia de Mach depende da distribuição da matéria no universo, ou seja, de um modelo cosmológico. Neste sentido, as incertezas existentes não permitem uma verificação conclusiva; o problema continua aberto. (NUSSENZVEIG, 1999, p. 315)

O autor menciona um assunto que se encontra naquilo que se chama 'fronteira da ciência'. Não esqueçamos que fronteira é limite: ao nos colocarmos diante das fronteiras da ciência, estamos observando seus limites e as limitações que ele possui. As incertezas que podem ser atingidas atualmente ainda são muito

grandes para que se possa falar qualquer coisa que envolva defender ou invalidar o princípio de Mach a partir de observações empíricas. Esse tipo de confissão não é característica do anúncio comercial, ao passo que pode ser discutida em alguns textos de divulgação e é especialmente interessante em um artigo científico.

O próximo recorte foi extraído de um livro de Biologia de Ensino Médio:

A primeira observação de uma célula foi feita em 1665 por Robert Hooke, examinando uma delgada fatia de cortiça.

Os trabalhos de Hooke ficaram no esquecimento até 1838, quando Schleiden, trabalhando com microscópios mais aperfeiçoados, comprovou a existência de células em todas as plantas. No ano seguinte, Schwann demonstrou que também os animais são formados por células.

Dessa forma, Schleiden e Schwann estabeleceram a doutrina celular que afirma: todo ser vivo é formado por células. Somente os vírus são exceção à doutrina celular. (LOPES, 2000, pp. 43-44)

Mencionemos apenas de passagem a *questão de Hume* presente neste texto: seria impossível comprovar a existência de células em todas as plantas ou em todos os seres vivos, dado que para tal deveria ser analisada a totalidade dos seres vivos. A situação muda se pretendermos que a doutrina celular seja parte de uma definição ou de um conceito (ainda que um tanto vago) do que viria a ser um ser vivo: porém, neste caso, não há o que ser verificado ou refutado, uma vez que definiu-se ser todo ser vivo detentor de células.

Temos, no exemplo anterior, um excerto no qual se estabelece um certo nível de detalhes ausente no comercial: a menção a datas e cientistas envolvidos na descoberta da presença de células em animais e vegetais. O assunto logo dá-se por encerrado, não são discutidas eventuais atualidades da questão, metodologias mais modernas, nem mesmo faz-se necessário colocar as prováveis dificuldades que a descoberta da célula teria sofrido para conquistar aceitação geral da comunidade de naturalistas. O nível de detalhamento desse excerto, basicamente informativo, não convida a grandes reflexões, e tem o estilo típico de um texto de divulgação.

Investiguemos agora alguns exemplos de artigos acadêmicos. O primeiro corresponde a um fragmento de resumo:

Com vistas a estabelecer uma prática experimental conveniente, que conjugue medições simples em condições externas com confiabilidade de resultados acurados, investiga-se a aplicação de um pireliômetro de primeira classe em banda larga (250 nm a 3000 nm), através da análise comparativa com

medições espectrais. Estas são realizadas com uma família de espectrofotômetros, mutuamente aferidos por intercomparações nas regiões de superposição de suas faixas de cobertura, que combinadas varrem todo o espectro solar. Considerados os diversos fatores influentes nas medições pireliométricas, é apresentada uma estimativa da incerteza das medições de transmitância ($\pm 0,02$). Em decorrência, a concordância alcançada entre seus resultados e os das medidas espectrais integradas no espectro solar, para amostras com baixo espalhamento de luz e dentro das incertezas experimentais, evidencia acurada aplicabilidade da pireliometria para medidas de campo de uma vasta gama de materiais solares semitransparentes. (ROSSINI *et al.*, 2006, p. 5)

Esse exemplo parece referir-se a um estudo de metodologia. Trata-se de um ponto próximo do extremo oposto àquele em que o fazer científico aparece lapidado e com alto grau de simplificação. Neste caso, fala-se de uma pesquisa para estimar a eficiência de um método de medição usado em outras pesquisas. Descreve-se o método usado para estudar um método. E neste caso dedica-se boa parte de todo um trabalho a estimar a incerteza intrínseca àquele.

É notável a grande densidade de termos técnicos altamente específicos. Encontram-se palavras de um jargão especializado, certamente compostas em um contexto específico da área em que se situa a sua usabilidade. Aqui o leigo não encontrará sem grandes dificuldades o objetivo da pesquisa que será descrita. Mesmo o problema a ser explorado provavelmente não adquirirá, para esse leigo, uma dimensão sequer de longe comparável à que adquire para o perito. Na verdade, provavelmente esse leigo não reconhecerá qualquer necessidade de solução. É análogo ao caso de alguém, não acostumado com o jargão das ciências físicas, ouvindo dizer que "o problema da matéria escura consiste, em parte, em explicar a origem do momento angular das galáxias espirais". Para a maioria das pessoas, aqui não existe problema algum, uma vez que 'momento angular' e 'galáxias espirais' não constituem parte de seu vocabulário, não adquirem significação.

É necessário, em primeiro lugar, convencer alguém da necessidade de solucionar um certo problema, e para isso faz-se preciso que essa pessoa identifique o problema. Após isso, haverá sentido em discutir metodologias e teorias que têm sido elaboradas para saná-lo. Esses passos são normalmente seguidos pelo divulgador de ciências, conforme estivemos discutindo antes.

No texto acadêmico, sem mencionar as diferenças de linguagem e proximidade com o leitor (não se espera uma referência expressamente pessoal em um artigo científico), é comum encontrar termos como "evidencia" (vide último

exemplo), "corroborar" ou expressões maiores como a que citamos no início ("o modelo proposto, dentro da incerteza obtida, está de acordo com os pontos experimentais observados") em lugar de afirmar uma comprovação. De certo modo, essas expressões significam coisas muito semelhantes, mas há bons motivos para que seja escolhida uma ou outra. Conforme estivemos discutindo, o fazer científico apresentar-se-á em maior ou menor grau de simplificação. Na verdade, simplificação confunde-se com finalização de um produto.

No que se refere à ciência aplicada, consumimos os bens tecnológicos que ela promove, incapazes, na maior parte das vezes, de maiores discussões sobre eventuais impactos dessas tecnologia, digamos, sobre nossa saúde. Quando nem os peritos têm unanimidade acerca dos supostos efeitos nocivos do uso de celulares, é muito fácil um leigo convencer-se a apoiar qualquer um dos lados. Para ele, mesmo a simples palavra "radiação" evoca um significado negativo, representando perigo. Para o especialista, o calor do corpo humano experimentado a certa distância (aquele conhecido aumento de temperatura que se sente em um ambiente lotado) transmite-se por um determinado tipo de radiação (a infravermelha). A palavra é a mesma, seu conceito parte dos mesmos princípios, mas o significado mudará conforme o leigo passar a perito (no improvável caso em que o faça).

Os poucos enunciados que analisamos evidenciam diferentes matizes de ocultação dos detalhes do fazer da pesquisa científica. É evidente que as simplificações são necessárias e até bem vindas em muitos momentos. Mas podem encerrar uma intenção da qual se esperaria que o ouvinte/leitor estivesse apto a tomar consciência, a fim de que tivesse clareza suficiente para tomar decisões. Da mesma forma, é notável que verifiquemos, por exemplo, que discussões de cunho epistemológico sejam raras (ou ausentes) em ambientes de pesquisa. São raros os momentos em que estudantes de graduação - em alguma área de conhecimento dito puro - têm contato com esse tipo de debate (aliás, é provável que a esmagadora maioria dos nossos estudantes desconheça a palavra 'epistemologia'). Podemos esperar algum nível de mistificação do fazer científico até mesmo entre os cientistas? Arriscamos dizer que sim, baseado no fato de que, muito embora o século XX tenha sido marcado pela crítica dos epistemólogos na crença em um

miraculoso e único 'método científico', um enorme número de cientistas e estudantes refere-se a este como componente central de seu trabalho. Boa parte dos manuais universitários dedicam uma seção de seu primeiro capítulo a discutir o método científico. É possível defendê-lo diante da epistemologia atual? Sim, mas geralmente a forma como aparece assinala o fato de o autor não ter conhecimento das discussões que foram desenvolvidas em torno do assunto.

Nossa intenção, nesta seção, foi discutir um pouco sobre o fazer científico apresentado em diferentes discursos que evocam a autoridade da ciência. A forma como a “verdade” científica tem sido explorada pressupõe uma mistificação do fazer ciência, alicerçado em um senso comum segundo o qual os cientistas (geralmente malucos descabelados) detêm estranhos e poderosos métodos para alcançar o verdadeiro. Não duvido que a ciência mereça, em nossa civilização, um grande reconhecimento e que deva ser ouvida a respeito dos assuntos de sua competência, mas lembremo-nos de alguns ícones da Ciência. Pensamos em pessoas como Galileu, Kepler ou Copérnico, que questionaram a visão predominantemente defendida pelas autoridades intelectuais de sua época. A ciência moderna que surge naqueles séculos nasce questionando uma autoridade ao problematizar alguns conceitos fundamentais, abrindo algumas caixas pretas e desmistificando algumas ideias. Que essa ciência torne-se hoje ela mesma uma autoridade mistificada é, então, uma contradição, já que

(...) servir-se da ciência para denegrir e talvez mesmo eliminar todas as alternativas significa servir-se de uma reputação bem merecida para manter um dogmatismo contrário ao espírito daqueles que o conquistaram (FEYERABEND, 1991, p. 47).

2.2.5. Uma nota sobre a autoridade da ciência na ficção científica: o filme “2012”

Há poucos anos estreou, nos cinemas, um filme intitulado "2012", que explora o fenômeno homônimo - da disseminação da ideia de que o mundo estaria, segundo uma corrente interpretação de uma suposta profecia maia, para acabar no dia 21 de dezembro de 2012. O “fenômeno 2012” adquiriu tal força que mesmo cientistas

começam a tomar partido divulgando textos e entrevistas nas quais desmentem a existência de evidências científicas do fim do mundo nessa data (cf., p. ex., MALMSTRÖM, s. a.)

Nas últimas semanas de dezembro de 2009, a distribuição brasileira do canal *National Geographic* apresentou um documentário a respeito do filme. Os produtores expressaram a intenção de fazer uma obra de ficção com base em "comprovações científicas" de comportamentos anômalos do Sol, supostamente previstos para o ano derradeiro.

De fato, se acompanharmos o ciclo de atividade das manchas solares, é sabido que seu período corresponde a aproximadamente 11 anos, o que faria coincidir o próximo ciclo para o ano profético. Contudo, não há, a princípio, nada que nos faça supor que a atividade em 2012 será especialmente alta. Considerando a média de 11 anos entre cada máximo da atividade, a maioria de nós já teria enfrentado alguns momentos críticos em que o mundo poderia acabar.

Some-se ao aspecto astrofísico do fenômeno 2012 o fato de que a profecia foi extraída da data final do calendário de grande contagem dos maias. Há divergências quanto à precisa correspondência entre as datas pré-colombianas e as gregorianas, e, embora as diferentes versões não façam distar muito a data final do mês de dezembro de 2012, é possível defender que esse evento esteja situado algumas semanas depois.

Tanto com respeito à astronomia quanto com respeito à arqueologia, não se pode afirmar que "os cientistas" estejam prevendo uma catástrofe para o referido ano. Mas mesmo antes de perguntar o que os cientistas disseram, outra pergunta se apresenta: quem são os cientistas?

2.2.6. A problemática do termo "cientista"

Essa questão é quase tão inocente quanto algumas das questões que as crianças costumam formular. Pensemos no exemplo com que Stephen Hawking nos brinda em "Uma breve história do tempo". Lá ele menciona uma pergunta infantil que angustia os pesquisadores contemporâneos que se debruçam sobre os Fundamentos da Física: "por que nos lembramos do passado mas não do futuro?",

ou digamos "Por que o tempo corre em um sentido privilegiado?"

A pergunta que apresentamos acima tem uma natureza análoga: parece simples, mas certamente deve ter rendido noites de insônia a muitos epistemólogos. Ser cientista não configura portar um título diplomado ou ser "sócio de carteirinha" de algum clube. Se assim fosse, a comunidade científica restringir-se-ia a um grêmio e a filosofia da ciência não seria senão o conjunto dos artigos de um estatuto de associação.

Diante de argumentos desse tipo, é provável que muitos produtores de filmes e profissionais de anúncios comerciais admitissem que não é tão simples apreender de imediato a autoria de certos enunciados e selá-la com o timbre d'"os cientistas". Quanto menos se aceitaria fazê-lo quando nenhum centro de pesquisas tenha se manifestado a respeito.

Ocorre, então, que a argumentação que permitiria desenvolver certa criticidade acerca da cientificidade desses enunciados fica fora de arena. Isso serve a algum interesse: vender o produto ao consumidor que passou a confiar em sua eficácia em parte por conta do crivo científico que se lhe fora prometido. Mas se não houve um convite à discussão sobre o caráter científico das afirmações de qualidade, aquilo o que se invoca é, em última instância, um certo senso comum sobre o que vem a ser a ciência. Isso atesta que a natureza da ciência (NdC) passa a mostrar-se apromblemática. Nosso objetivo é defender sua problematização, sua polemização.

3. Exercícios epistemológicos

Em nossas discussões, mostrou-se útil classificar os tipos de atitude que se pode ter diante de um determinado tema. Este tema, que pode ser objeto de estudo de uma determinada ciência, pode ser explorado por esta (com base em teorias, confronto entre modelos e resultados de experimentos, etc.) ou pode ser discutido em um contexto “metacientífico”, ou seja, no qual se intenta observar as diferentes hipóteses, nuances e heurísticas de que os cientistas lançam mão para empreender seu estudo.

Tomemos como exemplo o efeito do avermelhamento das galáxias distantes (que já mencionamos anteriormente). Comparando esse efeito com os resultados de outras observações astronômicas, e tendo em vista o conhecimento físico de que dispomos, o mais provável é que se trate de um desvio Doppler associado à expansão do universo. Do ponto de vista do trabalho do cientista, é impraticável (para não dizer “impossível”) investigar cada uma das mais remotas hipóteses. O cientista vê-se obrigado a pautar seu trabalho sob a ideia que pareça mais plausível (do contrário, ver-se-ia preso a uma intrincada rede de possibilidades e praticamente não sairia do lugar).

Assim, na lógica do “mais provável”, a maioria dos cientistas (que Kuhn chamaria de “normais”) trabalhará assumindo que o avermelhamento observado revela um efeito Doppler devido à expansão do universo. Mas nós, colocando-nos no lugar de um cientista interessado nas nuances de seu objeto de estudo (que chamaremos de **epistemologista** ou **crítico**), podemos aderir à postura do “possível” e nos questionarmos: e se não se tratar de efeito Doppler mas de outro fenômeno que cause o desvio dos fótons para o vermelho, o que isso representaria para nossa compreensão do universo e quais pontos teriam de ser revistos?

Tratando o trabalho do especialista (não consideraremos, por não ser do nosso interesse nessa discussão, outro tipo de abordagem possível: a do leigo), do cientista normal ao epistemologista existe um espectro que vale a pena classificar.

Estendendo ainda mais esse espectro, que vai do *provável* ao *possível*, há ainda a postura do cético: a do *impossível*. Esta consiste em afirmar que todo conhecimento depende de hipóteses que precisam ser aceitas *a priori*, de maneira

que, em última análise, o conhecimento final não é possível. Um objeto só se faz cognoscível na medida em que a ele e ao observador são conferidas certas propriedades aceitas de antemão: a de que o objeto existe, de que sua observação pelos sentidos do observador correspondem à realidade, enfim...

Com base nessas hipóteses, propomos o seguinte quadro de tipos de exercícios e atitudes epistemológicas. (Cabe sublinhar que se trata de uma proposição nossa, a qual servirá de base para justificar algumas discussões mais adiante).

Exercício científico	Exercício crítico	Exercício cético
Postura do <i>provável</i>	Postura do <i>possível</i>	Postura do <i>impossível</i>
“É certo (ou provável) que...”	“Mas é possível que...”	“Não se sabe ao certo”
<i>O universo surgiu no Big Bang</i>	<i>O universo pode não ter surgido no Big Bang</i>	<i>Não há como saber sobre algo tão remoto quanto o surgimento do universo</i>
Caixa preta fechada	Caixa preta aberta	Caixa preta inutilizada

Quadro dos tipos e posturas de exercícios epistemológicos

Considerando cada um dos exercícios epistemológicos, podemos nos deparar com formas extremas de cada um deles: a extremização do exercício científico leva do *provável* ao *certo*; já o exercício cético, levado ao extremo, corresponde ao relativismo ingênuo (que nega qualquer autoridade à ciência). Mesmo o exercício crítico, se extremado, arrisca-se a coibir o trabalho científico (propondo a revisão interminável de cada hipótese levantada e heurística adotada).

Contudo, uma vez adotados com as devidas autocríticas, cada uma das posturas (ou de suas combinações) tem muito material rico a oferecer. Da postura questionadora de alguns filósofos céticos às formas mais técnicas de conhecimento adquirido pelas ciências, passando pelos estudos dos epistemólogos, muitas discussões importantes são levantadas e muitos conhecimentos sofrem avanços há séculos.

Dispondo do quadro anterior, pode-se mais fielmente descrever os objetivos

do presente trabalho (conforme apontado no Resumo), que se situa na postura do exercício crítico, por nós adotado não no intuito do ceticismo ingênuo (negar a autoridade da ciência) nem no do positivismo máximo (afirmar o autoritarismo tecnocrata), mas no de colocar em pauta as questões possíveis sobre o conhecimento científico e sua natureza, ou seja, problematizá-lo.

Ainda com relação ao exercício crítico, vemos que dele participa, além da tarefa a que nos propomos, também a **ciência complementar** de CHANG (1999 e 2004). Para esse autor, a história e a filosofia da ciência frequentemente promovem revisões nos caminhos percorridos pelos cientistas ao estudar determinado assunto e, por vezes, essas revisões possibilitam reconhecer e explicitar hipóteses que haviam sido levantadas implicitamente ou mesmo perceber que teorias alternativas seriam compatíveis com os mesmos resultados experimentais que favoreceram a teoria hegemônica. Uma vez que os cientistas precisam definir projetos de pesquisa, esse tipo de revisão fica fora de seu intuito de trabalho, ficando a cargo não da ciência típica, mas da ciência complementar.

4. Estudos de caso: problematizando temas da Física

Analisaremos, a seguir, alguns temas da Física tradicionalmente abordados na escola básica e no ensino superior. Discutiremos, brevemente, o quanto algumas questões epistemológicas podem lhes ser apontadas, colocando em debate o próprio conceito de “lei” científica diante da contraposição entre princípios naturais (descobertos) e convenções (criadas). Esses estudos de caso podem facilitar a compreensão do que deve entendemos por autoridade da ciência e da proposição de abertura de caixas pretas.

4.1. O caso das leis de Newton

Apresentaremos agora uma breve discussão com respeito ao estatuto (leis ou definições?) das “Leis de Newton”. Essa discussão não é inédita, e envolveu nomes como os de POINCARÉ (1998, pp. 82-91) e MACH (1960, p. 306; citando e concordando com Poincaré, *op. Cit.*), além de estar presente em trabalhos muito recentes (cf., p. ex., WILCZEK, 2010). No íterim dessa discussão, empreenderam-se, ao longo da história, diferentes formas de axiomatização da mecânica clássica (PESSOA Jr., 2010; FITAS, 1998; SANT'ANNA & GARCIA, 1997). Vale lembrar mesmo o que ocorre na Mecânica Quântica e na Relatividade Geral, já que

De fato, o conceito de força está notavelmente ausente nas mais avançadas formulações das leis básicas. Ele não aparece na equação de Schrödinger, em nenhuma formulação racional da teoria quântica de campos e nem nos fundamentos da relatividade geral. (WILCZEK, 2010, p. 37; tradução livre).

O 14.º capítulo do livro de Russell¹⁹ é intitulado “A abolição da força”. Se o $F = m a$ é formalmente vazio, microscopicamente obscuro e talvez mesmo moralmente suspeito, qual a fonte de seu inegável poder? (*Ibid.*, p. 38; trad. livre).

Após colocar essa pergunta, Wilczek dá sequência a uma interessante discussão sobre as origens do conceito de força e da Segunda Lei de Newton ao longo de três capítulos cujos títulos começam por *Whence the Force of $F = m a$?* (“De onde vem a força do $F = m a$?”) Talvez colocada por um físico laureado com o

19 RUSSELL, Bertrand. **The ABC of Relativity**. 1925.

prêmio Nobel, essa questão – que equivale à proposta de abrir uma caixa preta – mostra-se mais uma vez válida (se não necessária).

4.1.1. As formas de Verdade

Neste ponto vale a pena adentrar um pouco mais na Filosofia. Existem duas modalidades de **verdade**: a **necessária** e a **contingente**. Uma verdade é necessária quando não poderia ser falsa (como nos exemplos: “o fogo é quente”, em que se tem o predicado contido no sujeito, e $7 + 2 = 9$, que é uma verdade aritmética). Uma verdade é contingente quando a ela não corresponde um oposto que viole diretamente o predicado, posto que este não redunde do sujeito (como no caso em que “João é pai de Ana”, já que poderia bem ser verdade que “José, e não João, é pai de Ana”). (Cf. AIRES, 2003)

Se levarmos em conta que as questões científicas, segundo Popper, devem ser falseáveis, notamos que ficam fora dessa categoria as questões acerca de verdades necessárias. Ora, se é a modalidade contingente de verdade que representa as questões mais relevantes para a ciência, conclui-se que as leis científicas devem buscar antes as verdades contingentes que as necessárias. Contudo:

Na Mecânica de Euler apresenta-se uma construção teórica composta por axiomas, definições, e deduções lógicas, de uma ciência racional, demonstrando-se que a mecânica Newtoniana é uma ciência apodíctica de verdade necessária e não contingente. (FITAS, 1998)

4.1.2. O que há dentro da caixa preta e por que abri-la?

É importante ter em mente que nossa intenção não é decidir pelo estatuto de convenção ou princípio das leis de Newton. Nossa intenção é demonstrar que o assunto não é de uma trivialidade que porventura justifique que sejam desprezadas tais questões em sala de aula, sobretudo em se tratando de um curso de formação de educadores e/ou de cientistas.

É claro, de fato, que podemos adotar uma posição em que a citação

anterior (FITAS, 1998) não configure um problema, bastando, para isso, que não exijamos das leis científicas que sejam verdades falseáveis ou contingentes e/ou que discordemos da afirmação de que a teoria newtoniana é, em si, promotora de verdades necessárias.

Seja qual posição se adote, fica agora mais difícil crer que a física newtoniana se reduza apenas aos princípios e aplicações que os manuais apresentam. O que pretendemos mostrar é que boa parte da riqueza de um vasto e fértil campo histórico e epistemológico tem sido negligenciada nos cursos de Física.

4.1.3. O conteúdo das leis

Averiguemos, agora, o conteúdo dessas “Leis”, partindo da seguinte pergunta: a segunda lei (II), amparada pela definição de referencial inercial dada pela primeira (I), seria uma definição de força? Do mesmo modo, pode-se assumir que a Primeira Lei de Newton representa a definição “força é a interação física que altera o estado de movimento de um corpo”?

Alguns autores (Alaor Chaves, H. Moysés Nussensveig) defendem que “ $F=ma$ ” fornece um modelo de lei, onde “ F ” será sempre substituído pela expressão da lei de uma força específica.

O fato é que, de certa maneira, a exigência de conteúdo falseável – leia-se “científico”, já que estamos considerando um conceito popperiano para o termo – sai da I e recai sobre a II (suponho que deva cair sobre alguma afirmação). Mas pode-se perguntar onde está o conteúdo falseável de II, dado que:

[a] ela depende de I, a qual dispensamos da exigência, mas que é vital para entendermos do que estamos falando quando invocamos o conceito de “força” (Pode-se experimentar substituir a palavra 'força' por outra qualquer, totalmente nova na nossa língua, e estaremos distantes de qualquer noção intuitiva de seu significado, reduzindo nossa análise ao aspecto estritamente formal do termo); e

[b] se fixarmos dois corpos (M, m) e plotarmos graficamente (tendo por base o “modelo” da Segunda Lei) a dependência $F \times r$, suponha-se que – para determinado intervalo de valores de r – passemos a ter uma discrepância entre os dados empíricos e as previsões teóricas (i. e., não se obtenha uma reta); isso não

necessariamente representa o falseamento de II (mesmo abstraindo-se os problemas do “falseacionismo ingênuo”, para o qual Lakatos e Popper já nos haviam alertado), mas, dado que II pode ser (como frequentemente se assume) tida como *definição de massa* (como a medida de inércia ou resposta, na forma de aceleração, de um corpo à força que sobre ele atua), então podemos usar esse resultado para concluir que a “lei” II é válida (embora não saibamos ao certo o que isso significa) mas uma hipótese tácita do nosso experimento é que estaria incorreta: quando dissemos que “fixamos dois corpos”, o leitor supõe imediatamente que suas massas são fixas; no entanto, podemos estar fazendo uma descoberta – não a de que II é inválida, mas a de que as massas de dois corpos podem variar, mesmo que, aparentemente, não vejamos nenhuma porção de matéria sendo acrescentada ou retirada.

Finalmente, pode-se argumentar, apelando para uma lei de conservação da massa, que [b] descreve uma situação falsa, de maneira que a conclusão de que a massa varia não tem cabimento. Contudo, é justamente algo desse tipo que nos parece estar acontecendo no que se refere a um dos problemas mais famosos da ciência atual: a matéria escura (conforme mostraremos mais adiante). Quando Nussensveig argumenta que podemos supor a Primeira Lei de Newton não como uma definição, mas como uma lei de fato – dado que apenas seu enunciado foi infeliz ao dar margens a essa interpretação, sendo este mesmo enunciado passível de substituir-se por outro mais claramente pleno de conteúdo científico, a saber, de que, *distante* de outros corpos no universo, um corpo tende a permanecer com velocidade constante – aqui encontramos dois problemas:

Primeiro: O conceito de “distante” é pouco específico, de maneira que não fornece objetividade para a análise que queremos fazer. A solução que nos ocorre é substituir por um terceiro enunciado (E'): “Quanto mais distante um corpo está dos outros corpos do universo, menor será a variação temporal de sua velocidade”. Mas isso nos leva a outro problema, a saber:

Segundo: Notemos que (1) E' implicaria que toda lei de forças deveria mostrar uma função decrescente com a distância; mas sabemos que isso não ocorre, já que a lei de Hooke e o potencial de Lennard-Jones são contraexemplos; (2) A postura dos cientistas diante do problema da matéria escura parece indicar que

não somente as leis de Newton são tomadas como modelo de lei, como também tornam-se modelos que definem os parâmetros (a massa, no caso) da equação II.

4.1.4. A ideia de massa e o caso da matéria escura

Explicamos melhor este último problema. Se adotamos, para a Primeira Lei, o enunciado “à medida que outros corpos se distanciam de um corpo de prova, o vetor velocidade deste torna-se constante”, teremos de eleger algum modo de saber se há corpos próximos. A solução que imediatamente se nos impõe, sendo a humanamente mais natural, é a visual. Contudo, embora se mostre uma boa forma de se verificar a presença de corpos na Terra, falha enormemente quando apelamos a observações astronômicas, dado que muitas faixas de ondas eletromagnéticas não visíveis apresentam-se. Uma segunda solução, menos intuitiva, seria apelar para telescópios a fim de ampliar nosso conceito de “visual”. Mas, neste caso, restaria ainda um problema: os supostos corpos que não interagem com a força eletromagnética e, portanto, são isentos de emitir qualquer radiação: a matéria escura.

Sabemos da existência desse tipo de matéria unicamente pelos seus efeitos gravitacionais. Sendo assim, uma terceira solução seria apelarmos para uma tal generalização do conceito de “ver” que qualquer interação (seja eletromagnética, levando à emissão de fótons detectáveis, seja gravitacional, levando a efeitos de atração igualmente perceptíveis) nos possibilitasse “ver”.

Se assim for, a observação da matéria escura fica dependente de uma teoria de Gravitação. Ora, se essa teoria depender de convenções, a própria existência da matéria escura, o que representaria cerca de 70% do universo, ficaria pendente por estar atrelada a uma convenção.

4.1.5. Falseamento de Popper e Holismo de Quine

Essa estrutura do fazer científico, diga-se de passagem, parece ser a que o discípulo de Popper, Lakatos, explorou em seu trabalho, quando desenvolveu o conceito não exatamente de leis e teorias, mas de programas de pesquisa (a teoria

teria um núcleo firme e um cinturão de hipóteses protetor).

A conclusão que nos parece inevitável é a de que, levando em conta o enunciado de uma lei física, a medição de seus parâmetros, a montagem experimental e os resultados empíricos, teremos itens de uma argumentação circular (a favor ou contra a validade da referida lei), a qual, portanto, despe-se de conteúdo falseável.

Contudo, não terá a física newtoniana sido falseada no século XX, o que atestaria seu caráter falseável e talvez mesmo contingente? Ainda que sim, não podemos perder de vista que, nas mecânicas modernas (Relatividade e Mecânica Quântica), toda a estrutura é adaptada: novos termos surgem, novas relações entre eles e, o mais importante, a ciência não se mostra cumulativa em suas questões²⁰. Se já o sabíamos quanto às respostas que fornecia às perguntas, hoje parece claro que mesmo as perguntas antes possíveis podem deixar de sê-lo dentro do âmbito de uma nova teoria.

Admitindo o falseamento da teoria newtoniana no século XX, temos agora uma questão de escala: não é trivial, como vimos, a refutação de cada enunciado da mecânica de Newton isoladamente; mas, apesar disso, a teoria como um todo foi refutada. Ora, as considerações que apresentamos anteriormente mostram que sempre que desejamos explorar um enunciado, a análise de muitos outros princípios e conceitos se faz necessária. Isso nos leva diretamente ao holismo de Duhem-Quine (cf. FREITAS, 2001): o sentido de um enunciado é dependente de outros enunciados, o que sugere uma estrutura em rede e nos leva a concluir que não há refutação de um enunciado individual mas apenas falseamento em bloco, tendo por tal a teoria como um todo.

De todo modo – quer seja a evolução das teorias científicas (a substituição de uma por outra) dada por via de programas (LAKATOS, 1977), quer seja por falseamentos em blocos, conforme o holismo de Quine – estamos cada vez mais distantes do conceito intuitivo de “verdade” que veicula o senso comum. Isso porque parece-nos que o conceito mais natural que temos de “verdade” refere-se a uma correspondência unívoca, muito simples e linear, entre enunciado e observação

²⁰ Com efeito, quando se vai de um paradigma a outro, não apenas as respostas que eram dadas a algumas perguntas, como a própria pergunta, mudam. Isto é: uma pergunta que fazia sentido dentro de um paradigma pode precisar ser reformulada em outro.

(estamos deixando de lado a discussão metafísica sobre o realismo ontológico, que trata da verdade das coisas em si, para além da experiência sensível; referimo-nos à verdade epistemológica).

4.1.6. O porquê desse debate? - Consequências educacionais

Essa longa digressão intenta levantar que, se a ciência participa de um conceito de verdade que é organicamente discursivo (e, portanto, em certa medida, subjetivo), o conhecimento que ela nos fornece é de caráter muito mais complexo do que aquele que permeia o senso comum.

Se a ciência fornece algo que se pode chamar de conhecimento, então esse conhecimento talvez não seja aquilo que a maioria das pessoas julga que seja. Portanto, a autoridade que se atribui à ciência (autoridade de detentora de conhecimento) também precisa vestir-se de novos significados.

Em resumo, cada vez que explorávamos o enunciado de uma lei, o estudo de outros enunciados se fazia necessário, e isso pode render discussões muito longas. Essas discussões não apresentam problemas de fato insolúveis. O que ocorre é que as soluções demandam axiomatizações e estudos históricos e filosóficos das teorias em questão. Esses empreendimentos já têm muitos resultados atualmente, conforme já mencionamos. Desse modo, não se pode concluir que a física newtoniana ou outras teorias físicas carecem de fundamentação ou validade e não é isso que queremos defender. Defendemos, outrossim, que esse exercício epistemológico crítico deveria estar presente nas ementas de disciplinas de Física. Vejamos, agora, outros exemplos de problematização de temas da Física.

4.2. A lei de Ohm

4.2.1. A demonstração em laboratório

Um dos tópicos que são trabalhados quando se trata o assunto Eletricidade, na disciplina de Física, é a lei de Ohm, que estabelece ser a tensão (ou voltagem) igual à corrente multiplicada pela resistência elétrica.

A “lei de Ohm” é usada na calibração de instrumentos de medidas elétricas, como o multímetro (um aparelho que realiza as funções de medir corrente, resistência e tensão). Suponha-se que uma turma de Física vá ao laboratório na intenção de estudar, com uso desse instrumento, a lei de Ohm²¹. Há algumas sutilezas (não tão sutis, na verdade) que devem ser levadas em conta.

O primeiro cuidado epistemológico que se deve ter é não pensar que se está *comprovando* a lei de Ohm através das medidas do multímetro. O motivo mais imediato disso é que o aparelho em si já pressupõe a referida lei em sua calibração: logo, não possui “isenção” suficiente para promover uma atividade comprobatória imparcial. Mas há outras sutilezas menos nítidas em questão.

Suponhamos um enunciado como “uma pedra, se for solta, cairá”. É um tipo de afirmação de natureza diversa daquela que colocamos como o enunciado de Ohm. A fim de se sustentar isso, pode-se notar que há dois tipos básicos de resistência: as ditas “ôhmicas” e as “não-ôhmicas”, ou seja, que obedecem e que desobedecem a lei de Ohm. Já quanto a pedras, não existe uma categoria de pedras “não-gravitantes” (i.e., imunes à gravidade; a afirmação de que as pedras caem não representa, assim, uma definição de pedra). Isso nos permite considerar que o enunciado de Ohm – diferente da afirmação sobre as pedras – pode ser entendido como uma *definição* de resistência elétrica.

Ele pode ser estendido mesmo à categoria de resistências não-ôhmicas. Neste caso, tomam-se as curvas de Tensão em função de Corrente, obtidas experimentalmente, e nelas, para cada ponto, através da reta tangente, é possível definir um valor de resistência, o qual não será constante, mas dependerá de outros fatores. A lei não será falsa, para esses dispositivos, caso a abordemos desse modo, como é – de fato – feito.

Assim, ao invés de considerar a aula de laboratório como um momento em que se pretende “provar” a lei de Ohm, pode ser mais adequado tratar (afora outras coisas) o uso do equipamento para discutir exemplos de componentes não-ôhmicos²² e, a partir desses, o que significa o conceito de resistência, o que permitirá

21 Não se trata, exatamente, de um exemplo fictício de aula o que estamos começando a discutir. De fato, há rico material didático que sugere experimentos com uso de multímetros para testar a lei de Ohm. Para fornecer um exemplo disponível na internet, citamos www.df.ufpi.br/d/arquivos/file/Exp_2%20leis_ohm_kirchhoff.pdf (acesso em 05-06-10)

22 Componentes eletrônicos não-ôhmicos são bastante comuns. De fato, nenhum componente é perfeitamente ôhmico, mas alguns apresentam uma curva $V \times I$ mais acentuadamente “desobediente” à lei de Ohm (uma

tratar a própria natureza epistêmica da referida lei enquanto uma definição.

O argumento nesse sentido, que se deve fazer notar, é o de que não existe fora do enunciado de Ohm uma definição de resistência elétrica²³ (e o mesmo não ocorre quanto à tensão e à corrente), cuja existência independente seria necessária a fim de que se pudesse confrontar o valor obtido no experimento – com o uso dessa tal definição – com o valor supostamente previsto pela lei.

4.2.2. Fazendo o exercício epistemológico crítico atuar sobre enunciados teóricos

Ainda a respeito do exemplo da lei de Ohm, discutamos o assunto a partir do excerto de um livro de Física básica para o ensino superior:

(...) Um fato experimental importante é que, exceto para voltagens muito altas, a corrente será simplesmente proporcional a V . Tal comportamento é denominado *lei de Ohm*. Formalmente escreve-se:

$$I = V / R,$$

onde R é uma constante de proporcionalidade denominada *resistência elétrica* do fio. A lei de Ohm é fenomenológica, no sentido já conhecido desde o capítulo 1 (*O que é a Física*)²⁴. (CHAVES, 2001, p. 82, vol. 2)

A equação colocada pelo autor é $I=V/R$, que também pode ser escrita como $V=R.I$, donde se evidencia ser R uma “um constante de proporcionalidade denominada resistência elétrica”.

Aqui, o autor parece sugerir, conforme estivemos argumentando, que a lei de Ohm tem o efeito de definição de resistência elétrica. Ainda assim, o enunciado não é mera definição, mantendo algum valor de lei (ou de “lei fenomenológica”, se preferirmos): neste caso, o enunciado de Ohm poderia ser aberto em dois outros:

simples lâmpada “pingo d’água” é um bom exemplo).

23 Poder-se-ia indicar, por exemplo, uma definição de resistência como o produto entre a resistividade de um material e seu comprimento dividido pela largura de sua seção reta. O que ocorre neste caso é que agora a resistividade fica indefinida (a menos que se pretendesse defini-la em função da resistência, o que obviamente não resolve a questão): trata-se apenas de deslocar o problema da definição de resistência para o da definição de resistividade.

24 No referido capítulo 1, o autor coloca: “(...) As leis de Kepler descrevem as regras seguidas pelos planetas em suas órbitas em torno do Sol, sem nenhuma alusão às causas do movimento. Hoje em dia, leis desse tipo, extraídas diretamente dos fenômenos e sem fundamentação tipo causa-efeito, são denominadas *leis fenomenológicas*” (CHAVES, 2001, p. 3, v. 1).

(1) Lei fenomenológica ou empírica: “Para voltagens não muito altas, a tensão é diretamente proporcional à corrente elétrica”;

(2) Definição: “A constante dessa proporcionalidade é chamada 'resistência elétrica’”.

Note-se que (1) depende de dois conceitos fundamentais (tensão e corrente), mas não é uma definição desses conceitos, posto que cada um deles goza de definição anterior à lei de Ohm:

(I) A tensão elétrica pode ser deduzida como diferença de potencial para o caso particular do campo elétrico. A esse respeito, a Mecânica define:

$$\vec{E} = -\nabla U \text{ ou } U = -\int_o^{x=p} \vec{E} \cdot d\vec{x} ,$$

onde U designa o potencial (no ponto p , em relação a um ponto arbitrário de referência o), E o campo (elétrico) e dx é um elemento de linha (CHAVES, 2001, pp. 25-26, vol. 2). E , por sua vez, é calculado a partir da Lei de Coulomb, que depende de dois conceitos básicos: a distância entre duas cargas pontuais e as próprias cargas elétricas. Discutiremos esse desdobramento mais adiante.

(II) O segundo conceito é a corrente elétrica: esta pode definir-se como a quantidade de carga que flui, no sentido do campo elétrico estabelecido, por um condutor, por unidade de tempo. Neste caso somos levados à pergunta de como se define ou se determina a carga elétrica. É possível atribuir a esta uma definição operacional (por vias da medida), o que, em geral, equivaleria a assumir a lei de Coulomb como uma convenção.

Voltando à derivação dos conceitos que discutimos nos itens I e II, podemos nos perguntar onde reside a definição de carga elétrica, e uma resposta possível é a do tipo operacionista: toma-se uma carga de referência (com sinal e módulo definidos) e aproxima-se esta carga da carga de prova – o sinal desta será

dado pela convenção de que cargas de mesmo sinal se repelem e cargas de sinais opostos se atraem; a determinação do módulo da carga de prova pode ser dada apelando-se à própria Lei de Coulomb. Neste caso, porém, podemos cair em um ciclo: a nova pergunta é “a lei de Coulomb tem conteúdo empírico ou é simples definição?”. Seguindo nossa linha de raciocínio, podemos argumentar que a lei de Coulomb tem conteúdo empírico, pelo menos no que tange à seguinte afirmação:

“Dada uma região do espaço, tornemo-la vácuo a menos de dois objetos pontuais: então, a força entre eles decrescerá com o quadrado da distância que os separa”.

Outros problemas surgirão: Como definimos o vácuo (e como sabemos que ele foi estabelecido em certa região)? Como se define força? Se é a partir da 2a. Lei de Newton, esta depende do conceito de massa: e este, como se define? Seria a massa um ente algébrico que desempenha, na 2a. Lei de Newton, o mesmo papel de constante de proporcionalidade que a resistência desempenha na Lei de Ohm?

E mais: essas perguntas são em número finito ou cairíamos em um ciclo (sem fim, portanto) de perguntas? Podemos aceitar partir de certos conceitos: por exemplo, não nos questionaremos a respeito de espaço e tempo. Neste caso, não nos perguntamos como definir a distância entre duas cargas e nem como definir o intervalo de tempo da passagem de cargas por uma seção reta de um condutor (vide item seguinte). Resta responder se somos capazes de traduzir todas as grandezas físicas em termos de medidas de espaço e tempo.

4.2.3. Ilustrando o trilema de Fries

Talvez estejamos em um trilema do tipo do de Fries (DUTRA, 2009, pp. 55-56), onde encontramos três saídas: (1.^a) Definir os conceitos de espaço e tempo *a priori*, e não nos perguntar nada a respeito deles (Mas quanto de filosofia e ciência estaremos perdendo com isso? Ou será que estabelecer espaço e tempo como conceitos que prescindem de definições é apenas uma solução temporária?); (2.^a) Entrar em uma regressão infinita de derivação de conceitos físicos (“este define-se em termos daquele, que por sua vez define-se em termos de outro, que...”); (3.^a) Estabelecer uma rede de experimentos que justifiquem cada lei física que

conhecemos (mas isso mostra-se muito problemático: ou deixaremos as perguntas sobre o conteúdo empírico dessas leis sem resposta; ou estabelecemos conceitos primordiais, mais aí retornamos à 1.^a saída).

É possível dizer que um dos desafios fundamentais dos epistemólogos tem sido justamente solucionar esses problemas: o que, em muitas teses epistemológicas, tem correspondido não a responder a essas perguntas, mas a alterá-las (troca-las por outras, reinterpretá-las, oferecer novas alternativas de abordagens, etc.). Não pretendemos, portanto e contudo, ensaiar respostas.

4.2.4. Mais algumas considerações para a sala de aula

Estamos interessados em apontar o quão complexo pode ser o tratamento de uma equação que, a princípio, pode soar simples. Se voltarmos ao exemplo da 2.^a lei de Newton, apresentado anteriormente, cremos que as leis físicas são reduzidas a “fórmulas” em salas de aula. Lembremos que a ideia expressa pela palavra “fórmula” remete a algo pronto (como as fórmulas que são preparadas em farmácias de manipulação), como uma caixa preta latouriana.

Se é verdade que não há consenso, na filosofia da ciência, que assegure uma resposta às questões epistemológicas que colocamos há pouco, não é menos verdade que essas questões enriqueceriam muito o ensino de Física se fossem apresentadas aos alunos. No senso comum (nas concepções espontâneas dos estudantes) podem residir propostas de soluções a esses questionamentos. O que defendemos não é a substituição dessas respostas por outras, mas a conscientização de que esse assunto não está fechado; ao contrário: constitui-se de perguntas abertas.

Um professor pode experimentar alternativas na forma de apresentar as leis físicas aos alunos. Citando alguns exemplos, pode-se problematizar:

(1) o quanto de definição e o quanto de conteúdo há em cada enunciado, recorrendo a outras leis/equações já trabalhadas;

(2) as relações entre as leis: pode-se argumentar que uma lei depende das outras para ter sentido, fazendo da ciência uma rede (pretensamente coesa) de

enunciados, significantes e significados;

- (3) o significado de “lei”;
- (4) a forma como as leis são construídas;
- (5) o modo pelo qual tornam-se aceitas pela comunidade científica;
- (6) se é possível falar em comprovação científica;
- (7) outros muitos aspectos da historiografia e da filosofia da ciência.

Vale salientar que apresentamos aqui um exemplo específico de uma aula de Física. Acreditamos, porém, que a discussão que realizamos em torno desse exemplo tem relevância em muitos outros casos e em outras disciplinas. Uma outra situação, que teve na época certo espaço na mídia, a qual ilustra o mesmo problema, foi a reclassificação de Plutão como “planeta-anão”: aqui pode-se discutir que a mudança tratou-se não de *descobrir* que Plutão não era um planeta (como muito se ouvia dizer na ocasião, por parte de algumas mídias e diálogos entre não-especialistas), mas de estabelecer uma nova *definição* para este termo, a qual implicou na reconsideração²⁵.

4.3. A solução de Poincaré ao binômio Princípios x Convenções

Finalmente, é importante apontar que POINCARÉ (*Op. cit.*) investe em uma solução, que nos parece bastante lúcida, para a questão do impasse convenções x princípios na Ciência: ele aponta que muitas das chamadas “leis” são de fato convenções; contudo – e aí reside a novidade – convenção não significa arbitrariedade. Assim sendo, as “leis” de Newton ou a “lei” de Ohm, por exemplo, são convenções mas não são arbitrárias, uma vez que, para esse autor, historicamente são escolhidas as convenções mais naturais e convenientes possíveis²⁶.

25 Por outras palavras: não havia sido feita nenhuma descoberta nova acerca das características fundamentais do astro; o que houve foi uma necessidade, dado o grande número de outros objetos semelhantes descobertos, de se estabelecer uma definição mais clara para o termo “planeta”, e convencionaram-se determinadas definições que acabaram por colocar Plutão na categoria de “planeta-anão”. Há de se sublinhar, porém, que uma definição não é arbitrária, mas observa a toda uma classe de conveniências, e deve ser tal que, em se relacionando com outras definições dentro de uma mesma teoria, não cause contradições e permita construir uma estrutura de linguagem propícia a descrever satisfatoriamente o fenômeno a que a referida teoria se propõe.

26 Isso nos traz à memória o fato de Galileu se considerar, em seus trabalhos, levado pelas próprias mãos da natureza.

Dessa forma, embora o “ $F = m a$ ” não seja ditado pela natureza, mostra-se como sendo a melhor e mais natural escolha (sendo facilmente identificado como mais conveniente, para a partir de si estabelecer estudos científicos, que, por exemplo, “ $F = m v$ ” ou “ $F = m x$ ”). Pode-se dizer que a solução de tomar a segunda lei de Newton como um “modelo de lei” está de acordo com o pensamento de Poincaré, sendo apenas que neste temos uma justificativa um pouco mais elaborada para tal posicionamento.

4.4. A autoridade do Big Bang e do Modelo Cosmológico Padrão

Já mencionamos muito superficialmente esse assunto anteriormente. Gostaríamos, agora, de detalhar mais alguns pontos sobre a autoridade que se tem atribuído ao Modelo Cosmológico Padrão (MCP) do Big Bang na divulgação científica. Embora seja a teoria mais plausível na opinião dos cientistas (postura do provável no exercício científico), o MCP não é a única teoria possível, e isso é relevante se tivermos a intenção de levar a cabo a postura do possível do exercício crítico.

Se, para alguns cientistas, teorias alternativas surgem como “heresias” (HORVATH et al., 2007 – aspas dos autores), outros (cf. NOVELLO, 2010) defendem teorias diferentes, como as de um universo sem início no tempo.

Em seu livro de divulgação “O que sabemos sobre o universo”, Richard Morris (2001) dedica a primeira parte a falar sobre o MCP. Na seção “O começo”, após apresentar um breve parágrafo sobre a origem jocosa do termo *Big Bang* (atribuído por Fred Hoyle), segue dizendo

Hoje em dia, é claro, sabemos que houve um começo. O universo passou a existir entre 10 e 15 bilhões de anos atrás. A princípio, encontrava-se num estado muito quente e altamente comprimido, e vem se expandindo desde então. Embora seja impossível dizer o que aconteceu no tempo zero, sabemos que, quando o Universo tinha um segundo de idade, muitos dos núcleos atômicos que existem na atualidade já estavam sendo formados. Nessa ocasião, o Universo era uma bola de fogo brilhante e quente, que esfriava com rapidez enquanto se expandia.

Existem três tipos de provas que permitem aos cientistas chegar a essa conclusão. (MORRIS, 2001, p. 20; grifos nossos)

Não é necessário comentar muito sobre o tom de certeza indiscutível que

esse discurso apresenta. Palavras como “é claro” e “sabemos que” reforçam bastante essa impressão. A autoridade aqui presente extrapola os limites científicos, uma vez que se situa na postura científica ortodoxa ou ingênua. Diante da aparente certeza científica, é tão difícil ao leigo supor a existência de teorias alternativas ao MCP que a autoridade pode dar lugar ao autoritarismo. Bastaria acrescentar, após o “saquemos que”, o aposto “segundo o MCP” para deixar aberto o caminho para teorias alternativas.

Outra palavra que merece atenção é “provas”. Sabemos, pela continuidade do texto – em que as “provas” apresentadas pelo autor são as tradicionalmente apontadas para defender o MCP: a expansão do universo, a radiação cósmica de fundo e o problema da nucleossíntese primordial – que essa palavra significa, de fato, “evidências” (vide discussão que travamos anteriormente sobre a diferença entre provas e evidências). Além disso, a expansão é apresentada como um fato, obtido pela observação do avermelhamento das galáxias, não como uma hipótese muito provável. A diferença entre muito provável e certo é conceitualmente pequena, mas não é um mero preciosismo de nossa parte, visto que representa uma mudança de postura (da científica para a crítica) dentro do espectro dos exercícios epistemológicos.

É justamente uma postura mais “amena” que encontramos naquele que talvez seja o mais famoso divulgador científico da atualidade: Stephen Hawking, que em seu conhecidíssimo (embora provavelmente pouco entendido) “Uma breve história do tempo”, tem frases como “Neste modelo [o de Friedmann] temos que, enquanto o universo se expande, qualquer matéria ou radiação nele se esfria” (HAWKING, 1988, pp. 164-165) e “Supõe-se que o universo tinha tamanho zero e temperatura infinitamente quente quando da grande explosão” (*Ibid.*, p. 165). As palavras “modelo” e “supõe” sugerem uma postura menos ortodoxa que a do discurso anterior. Isso talvez esteja em acordo com o restante do texto, onde Hawking apresenta maiores detalhes históricos dos temas que discute, mesmo porque, pelo que relata, ele mesmo participou de alguns dos episódios históricos que narra.

Parece-nos interessante a posição crítica que Novello apresenta ao declarar que

Quanto à forma científica de organizar e divulgar essa questão [a da origem do universo], a quase totalidade de textos de fácil acesso se limita à versão da criação explosiva. Isso seria aceitável se ela fosse validada pela observação, sem que houvesse qualquer explicação alternativa. Mas, ao contrário, como veremos, ela é precisamente o modelo que inibe uma história racional completa do Universo. (NOVELLO, 2010, p. 14)

(...) entendo que esta função [ensinar] tem por principal atributo pôr em dúvida todo conhecimento, incluindo aquele que se pretende isento de críticas. (...) deveríamos ter todo cuidado ao deixar sair dos laboratórios e passar para a sociedade informações que os cientistas estão longe de poder demonstrar com toda certeza. Mais ainda: como essas verdades provisórias alcançam imediatamente as páginas dos jornais cotidianos e das revistas não especializadas, devemos, logo que possível, esclarecer essa condição efêmera (...). (*Ibid.*, p. 13)

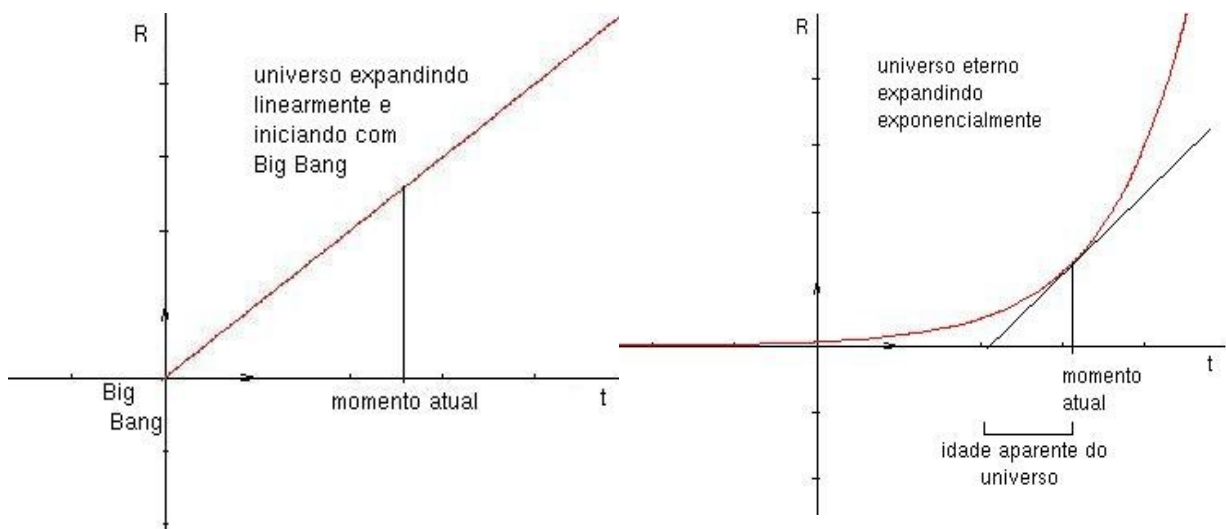
Embora o uso da palavra “efêmera” pareça-nos exagerado (supomos “provisória” mais adequado), nem precisamos dizer que concordamos que o atributo da educação é pôr em dúvida. Nesse sentido, Novello vai ao encontro das nossas opiniões. No mais, as citações corroboram que a divulgação tem dado pouco ou nenhum espaço às teorias alternativas, o mesmo ocorrendo, de maneira geral, nas salas de aula.

Entrando um pouco mais a fundo na questão cosmológica, uma das formas de enquadrar as diferentes teorias seria em duas categorias maiores: as de um universo com início no tempo (da qual o MCP faz parte) e as de universo eterno (em referência, neste caso, à eternidade passada, i. e., a teorias em que o universo sempre existiu).

Um dos parâmetros mais importantes da cosmologia é o fator de escala, R , muitas vezes interpretado abusivamente como “raio do universo”. Essa analogia com uma geometria ordinária é útil para entendermos o significado de idade do universo, como se verá: sabemos que a velocidade é a razão entre distância percorrida e tempo e sabemos, também, que a “lei de Hubble” estabelece uma constante de proporcionalidade, H , entre as velocidades das galáxias e sua distância até nós. Sendo assim, se tomarmos nossa atual posição no universo como centro de referência (o que é possível já que a expansão se dá em relação a todas as galáxias), comparando as equações $v = d / t$ e $v = H d$, teremos que H é o inverso de um valor com unidade de tempo, T . Para interpretar o significado de T , basta usarmos $d = R$ em nossa analogia e ficará claro ser T a idade do universo. Embora se trate de uma analogia informal, a conclusão é a mesma que a obtida a partir das

equações do MCP, ou seja, a idade do universo corresponde ao inverso da constante de Hubble (a qual, apesar do nome, deve variar com o tempo).

A fim de que fique mais claro do que estamos falando, observemos um gráfico que, muito grosseiramente, ilustra a evolução do fator de escala (“raio do universo”) com o tempo segundo o MCP (para simplificar o gráfico, ignoraremos a era da inflação cósmica) e segundo o modelo de universo eterno.



(a) Modelo de universo com início no Big Bang e (b) Modelo de universo com início em um tempo expansão linear infinitamente distante e expansão exponencial

Imagem 1. Dois modelos de universos em expansão: um com início e outro sem.

Os gráficos da imagem anterior representam, simplificada,mente:

(a) Um universo do tipo MCP, que tem um início bem definido no tempo, de maneira que se lhe pode atribuir uma idade $T = 1 / H$. A era expansionista estaria compreendida entre o Big Bang e uma pequena fração de segundos depois do nascimento do universo.

(b) Um exemplo de universo expandindo sem início definido no tempo. Usamos uma curva exponencial, para que nela se note o seguinte: (i) não há um momento em que ela “toque” o eixo das abscissas, mantendo um comportamento assintótico, o que equivale a dizer que seu início se prolonga indefinidamente no tempo, ou seja, sua idade real seria infinita; (ii) para um pequeno intervalo de pontos $R \times t$ plotados, a exponencial pode confundir-se com uma reta, a qual, confrontada

com o MCP, forneceria uma idade virtual finita para o universo.

Note-se que ambos os modelos se referem a universos que estão em expansão. Atualmente, praticamente não há modelos de universos totalmente estáticos. Há, outrossim, teorias alternativas no sentido de alternativas como: constante gravitacional ou velocidade da luz variável, luz cansada, teorias gravitacionais alternativas à Relatividade Geral e universo magnético (cf., p. ex., NARLIKAR & PADMANABHAN, 2001).

5. Considerações finais

Neste trabalho, buscamos argumentar que a natureza da ciência e o fazer científico tornaram-se caixas-pretas, as quais encerram imagens estereotipadas de senso comum.

Assim sendo, encontramos um desafio educacional que se traduz na necessidade da problematização da autoridade muitas vezes mistificada da ciência, problematização essa que pode manifestar-se na discussão do conteúdo científico e cultural de textos didáticos, artigos de divulgação e propagandas comerciais, entre outros.

Esperamos ter ilustrado, com base em algumas escolas epistemológicas desenvolvidas no século XX e estudos de caso, formas de levantar essas discussões, apontando pontos, das imagens estereotipadas, que mostramos serem problemáticos.

Conforme discutimos ao longo desse texto, não há sentido em se buscar abrir todas as caixas pretas com que nos deparamos. Contudo, há um grande e positivo efeito em se abrir algumas delas.

O Instituto de Física da Universidade de São Paulo mantém uma experiência nesse sentido em seu curso de Licenciatura: há uma disciplina obrigatória intitulada “Gravitação”, na qual elegeu-se esse tema da Física para servir de motivador ou “tema gerador *a priori*” (para usar as palavras do professor João Zanetic, um dos que têm ministrado essa disciplina nos últimos anos) para discussões históricas e epistemológicas com os futuros docentes. Nos termos que usamos nesse trabalho, podemos dizer que se trata de uma atividade de abrir uma caixa preta.

Ora, nem todos os assuntos estudados pelos licenciandos serão caixas pretas abertas, mas cremos que, abrindo-se ao menos uma, a formação deles apontará para uma nova visão sobre a ciência e sobre o fazer científico, tornando-os aptos mesmo a virem eventualmente a abrir as caixas de outros temas que estudarão, ou ao menos, aptos a saber que os demais temas são passíveis de problematização (e, repetimos, não se pode subestimar o efeito disso).

Embora cursos de extensão de curta duração não tenham o mesmo impacto que disciplinas mais extensas na formação de professores, vale mencionar que em

julho de 2010 oferecemos um minicurso que explorou alguns dos temas presentes nesta dissertação. Um breve relato dessa experiência encontra-se no Apêndice.

Essa tarefa pode ser muito facilitada pelo uso inteligente do sistema virtual de informação (do qual a internet é o maior representante) que disponibiliza o acesso a textos e mesmo a obras clássicas e contemporâneas (por exemplo, sob a forma de *e-books*).

Neste trabalho pretendemos ter feito algo semelhante: apontar formas de abrir algumas caixas pretas presentes nos cursos tradicionais de Física. Cremos que atitudes como a da implementação de disciplinas de cunho histórico e epistemológico seja uma resposta possível a uma das questões básicas de nossa pesquisa: como conciliar uma educação problematizadora com a autoridade da ciência? Não pretendemos que uma tal forma de educação derrube a autoridade da ciência, mas que a leve do plano da *doxa* (a opinião ingênua ou “mágica” de que fala Paulo Freire) ao plano do conhecimento propriamente dito.

Acreditamos que esse levantamento da problemática epistemológica viva atualmente, e a ilustração dessas problematizações podem contribuir para a educação problematizadora em ciências.

6. Referências Bibliográficas

ABDALLA, Elcio. **A estrutura do universo, a mecânica quântica e a cosmologia moderna**. In: Revista USP, n. 62, "Cosmologia", jun./jul./ago., 2004, pp. 11-13.

AIRES, Almeida (Org.). **Dicionário Escolar de Filosofia**. Lisboa: Plátano, 2003. Versão online: <http://www.defnarede.com>. Acesso em 12 de janeiro de 2011.

ASSIS, André *et al.* **A cosmologia de Hubble: De um universo finito em expansão a um universo infinito no espaço e no tempo**. In: M. C. D. Neves e J. A. P. D. Silva (Editores), *Evoluções e Revoluções: O Mundo em Transição*. Maringá: Editora Massoni e LCV Edições, 2008, pp. 199-221.

BACHELARD, Gaston. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

_____. **A epistemologia: Trechos escolhidos**. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.

BARCELLOS, Marcília Elis. **História, sociologia, massa e energia: uma reflexão sobre a formação de pesquisadores em física**. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

BARROW, J. D. & WEBB, J. K. **Constantes inconstantes**. In: *Scientific American Brasil*, n. 38, jul./2005, p. 33.

CHANG, Hasok. **History and Philosophy of Science as a Continuation of Science by Other Means**. In: *Science & Education* 8: 418-425, 1999.

_____. **Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress**. Oxford: Oxford University Press, 2004.

CHAVES, Alaor. **Física** (vols. 1 e 2). Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Ed., 2001.

CORACINI, Maria José. **Um fazer persuasivo: o discurso subjetivo da ciência**. Campinas: Pontes, 1991.

COSTA, Rogério S. da. **A epistemologia pós-darwiniana de Sir Karl Popper**. Dissertação de Mestrado em Filosofia. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, março de 2007.

DUTRA, Luiz Henrique de Araújo. **Introdução à Teoria da Ciência**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2009.

FEYERABEND, Paul. **Adeus à razão**. Trad.: M. G. Segurado. Lisboa: Edições 70, 1991.

_____. **Contra o método**. Trad.: C. A. Mortari. São Paulo: Editora Unesp, 2007.

FITAS, Augusto J. S. **Mach: O Positivismo e as Reformulações da Mecânica no século XIX**. In: Actas do 3.º Encontro de Évora sobre História e Filosofia da Ciência. Évora: Universidade de Évora, 1998; pp. 115-134.

FONSECA, Dirce Mendes da. **A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente**. *Educ. Pesqui.*, São Paulo, v. 34, n. 2, ago. 2008, pp. 361-370.

Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022008000200010&lng=en&nrm=iso.

FOUREZ, Gérard. **A construção das ciências: Introdução à Filosofia e à Ética das Ciências**. Trad.: L. P. Rouanet. São Paulo: Editora da Unesp, 1995.

FREIRE, Paulo. **Extensão ou comunicação?**. Trad.: R. D. de Oliveira. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988.

_____. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1994.

_____. **Pedagogia da Autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, Renan Springer de & COLLARES, Ana Cristina Murta. **O modus tollens, o holismo de Duhem-Quine e as ciências sociais**. In: Rio de Janeiro: Dados, v. 44, n. 2, 2001.

Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0011-52582001000200006&lng=en&nrm=iso. Acesso em 26 de junho de 2010.

GAMA, L. & ZANETIC, J. **O nome da ciência: Alguns tipos de discurso de autoridade do conhecimento científico e seus desafios para o ensino de ciências**. Anais do XII EPEF: Águas de Lindoia, 2010.

GAMA, L. & ZANETIC, J. **Reflexões epistemológicas para o ensino de ciências: questões problematizadoras**. In: Atas do VII ENPEC. Florianópolis, 2009.

GUIDORIZZI, Hamilton L. **Um Curso de Cálculo**, vol. 1. São Paulo: LTC, 1985.

HANAWALT, Philip. **O que não se sabe é o mais importante na ciência (Entrevista)**. Revista Pesquisa Fapesp, 157, março de 2009.

HAWKING, Stephen. **Uma breve história do tempo: Do Big Bang aos buracos negros**. Rio de Janeiro: Rocco, 1988.

HORVATH, Jorge. et al. (Orgs.) **Cosmologia física: Do micro ao macro cosmos e vice-versa**". São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007.

HÖTTECKE, Dietmar. **Learning Physics with History and Philosophy of Science on Effective Implementation Strategies for an Old Approach in School Science Teachin in Europe**. In: A Pesquisa em Ensino de Física e a Sala de Aula: Articulações necessárias. Garcia, N. M. D. et al. (orgs.). São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, 2010.

JUNG, Carl Gustav. **Psicologia e Religião**. Petrópolis: Vozes, 2008.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. Trad.: B. V. Boeira e N. Boeira. São Paulo: Perspectiva, 1975.

LAKATOS, Imre. **The Methodology of Scientific Research Programmes: Philosophical Papers**, vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press, 1977.

LATOUR, Bruno. **Ciência em Ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora Unesp, 1999.

LAUDAN, Larry *et al.* **Mudança científica: modelos filosóficos e pesquisa histórica**. Trad.: A. E. Plastino. Estud. Av. v. 7 n. 19, São Paulo, 1993.

LDB. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Congresso Nacional. Lei 9394 de 20 de dezembro de 1996.

LOPES, Sônia Godoy Bueno Carvalho. **Bio**. São Paulo: Saraiva, 2000

MACH, Ernst. **The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development**. Illinois: The Open Court Publishing, 1960.

MAGEE, Bryan. **As idéias de Popper**. São Paulo: Cultrix, 1973.

MALMSTRÖM, Vincent H. **The Astronomycal Insignificance of Maya Date 13.0.0.0**. Dartmouth College. Disponível em <http://www.dartmouth.edu/~izapa/M-32.pdf>. Acesso em 26 de maio de 2011.

MENEZES, Luis Carlos de. **A matéria: uma aventura do espírito**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

MORA, José Ferrater. **Dicionário de Filosofia**. Trad.: Roberto Leal Ferreira e Álvaro Cabral. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

MORRIS, Richard. **O que sabemos sobre o universo: Realidade e imaginação científica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

NARLIKAR, Jayant V. & PADMANABHAN, T. **Standard Cosmology and**

Alternatives: A Critical Appraisal. In: Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 2001, vol. 39, pp. 211-248.

NOVELLO, Mário. **Do Big Bang ao Universo Eterno**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2010.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Blucher, 1999, volume 1: Mecânica.

PAGEL, Thaís Guma. **A psicopedagogia nas concepções de uma educação ambiental crítica, transformadora e emancipatória**. In: Revista Didática Sistêmica, Volume 7, janeiro a junho de 2008.

PESSOA Jr., Osvaldo F. **Axiomatização da Mecânica Clássica**. Notas de Aula de "Filosofia da Física". Disponível em www.fflch.usp.br/df/opessoa/FiFi-10-Cap09.pdf. Acesso em 16 de novembro de 2010.

PINTO, Alexandre Custódio. **Tradição cultural, contraste entre teorias e ensino de física**. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003.

POINCARÉ, Henri. **A Ciência e a Hipótese**. Trad.: M. A. Kneipp. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1998.

POPPER, Karl. **Lógica da Pesquisa científica**. Trad.: L. Engenberg e O. S. da Mota. São Paulo: Cultrix, 1975.

ROSSINI, E. G.; KRENZINGER, A.; SOAVE, P. A.; MARTINAZZI, E.; HOROWITZ, F. **Pireliometria para Determinação da Transmitância Solar**. In: Revista de Física Aplicada e Instrumentação, vol. 19, n. 1, março/2006.

SANT'ANNA, A. S. & GARCIA, C. **É possível eliminar o conceito de força da Mecânica Clássica?** In: Rev. Bras. de Ens. de Fís., vol. 20, n. 4, Dezembro de 1998.

SILVA, Cibele Celestino. **Em direção a uma efetiva inserção da História e Filosofia no Ensino de Ciências**. In: A Pesquisa em Ensino de Física e a Sala de Aula: Articulações necessárias. Garcia, N. M. D. et al. (orgs.). São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, 2010.

SILVA, Osmar Henrique Moura *et al.* **A quasi-história como instrumento de preparação racional numa estratégia de ensino lakatosiana**. In: Universidade Estadual de Londrina: XI Semana da Física, 2006.
Disponível em www.uel.br/cce/fisica/sefis/xisefis/arquivos/resumos/r3.pdf; acesso em 03/06/10.

SILVEIRA, Fernando Lang da. **A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos**. In: Cad. Cat. Ens. Fis., v.13, n3: pp.

219-230, dez. 1996.

SIMÕES, Armando Amorim. **A concepção dialética do conhecimento e o ensino de Física**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1994.

WILCZEK, Frank. **Fantastic realities**. Nova Jersey: World Scientific, 2010.

ZAMBONI, Lilian M. S. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica**. Campinas, SP: Editora Autores Associados, 2001.

ZANETIC, João. **Física também é cultura**. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 1989.

Apêndice

Relato da experiência de ministrar um curso de extensão

Oferecemos, por ocasião do VII Encontro IFUSP-Escola, na semana de 19 a 23 de julho de 2010, um minicurso de Extensão Universitária, intitulado “Filosofia da Ciência” voltado a professores de ciências da Educação Básica (apesar de que alguns dos participantes não lecionam na educação básica).

A apresentação do minicurso, conforme disposta no sítio do evento, consta a seguir:

É comum ligarmos a TV e ouvirmos frases do tipo "Compre tal produto: eficácia comprovada cientificamente", "Foi comprovado cientificamente que tal coisa faz bem para a saúde". Ou abrimos revistas de divulgação científica que comentam coisas do tipo "Cientistas descobriram que ...", entre outras.

Mas como será que são feitas as descobertas científicas? Será que essas informações estão mesmo corretas? O que a história e a filosofia da ciência têm a nos ensinar a respeito da forma como as descobertas são feitas e sobre como devemos encará-las? Será que o método científico tem respostas para essas questões? Neste curso, debateremos o cabimento ou não desse tipo de discurso, analisando a construção histórica do conhecimento científico associada a algumas ideias básicas da filosofia da ciência. Nosso intuito é propor o tema dos discursos que se utilizam da ciência atualmente - na TV, nas revistas, no dia-a-dia, etc., mostrando exemplos de como o ato de questionar essas reportagens, textos e propagandas pode levar-nos e levar nossos alunos a aprenderem um pouco sobre a filosofia da ciência. [<http://web.if.usp.br/extensao/node/83>, acesso em 24.08.10]

Cada participante recebeu, como material do curso, uma coletânea de textos a respeito de filosofia da ciência e ensino de ciências. Dentre as atividades que desenvolvemos, ao longo da semana, havia exposições acerca das teorias dos epistemólogos estudados, leituras de alguns trechos de artigos, debates e eventualmente algum outro tipo de dinâmica.

Na primeira aula, os participantes responderam a um questionário do qual pretendíamos obter um esboço de suas concepções acerca da natureza e do fazer da ciência. No último dia, responderam a um questionário final (no qual objetivávamos inferir eventuais mudanças conceituais pelas quais tivessem passado durante o curso), a um questionário de avaliação do conteúdo ministrado e a um questionário de avaliação do curso, no qual apresentaram sugestões.

O oferecimento do minicurso foi baseado em dois motivos fundamentais:

1. Contribuir com a formação continuada de professores neste assunto que,

defendemos, tem vital importância para a educação em Ciências - a Filosofia da Ciência. Neste sentido, julgo que seja importante divulgar, sobretudo para professores em atividade, os trabalhos que estão sendo desenvolvidos na área de Ensino;

2. Ampliar a minha própria experiência. De fato, aprendi muito ao organizar, preparar e ministrar o curso.

Creio que fomos bem sucedidos quanto a nosso objetivo primordial ao oferecer o curso: chamar à atenção dos participantes a pluralidade de concepções possíveis para a natureza e o fazer da ciência, sublinhando que há mais de uma escola epistemológica possível e que muitas das concepções de senso comum são passíveis de críticas bem fundamentadas.

No último encontro do curso, os participantes foram convidados a colocar oralmente (além das respostas escritas que entregaram) suas impressões sobre o curso e sobre as eventuais contribuições e mudanças que ele possibilitou. Uma colocação que compareceu na fala de alguns dos participantes foi a de que antes do curso eles tinham respostas simples e prontas para perguntas do tipo “o que é ciência?” ou “como se dá o processo pelo qual uma teoria é aceita?”, mas, ao término do curso, sentiam-se muito mais questionadores e com dúvidas quanto a que respostas dar a esse tipo de pergunta; contudo, mencionavam que sentiam a necessidade de um tempo de reflexão para amadurecer algumas ideias e rever seus conceitos a respeito da ciência.

No nosso entender, o fato de que os participantes do curso iniciaram-no com certezas e saíram com dúvidas é exatamente o que esperávamos (e colocamos isso abertamente para eles) e consideramos isso bastante positivo, dado que o senso crítico (desde que não leve a um relativismo ingênuo), constitui, segundo nossa leitura, uma atitude bastante saudável que, esperamos, seja - em certa medida - transmitida aos seus alunos.

O curso culminou em discussões a respeito da mistificação da autoridade da ciência, no último dia de aula. Nesse encontro, lemos alguns trechos de livros de divulgação, livros didáticos e assistimos a algumas propagandas de TV, exercitando debates a respeito da forma como a caixa preta da autoridade científica figurava mistificada nesses veículos.