

DISCUSSÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA EM UM CURSO SOBRE A HISTÓRIA DA ASTRONOMIA

*Alexandre Bagdonas Henrique*¹
*Victória Flório Pires de Andrade*²
*Bruno L'Astorina*³

Resumo: Há um número crescente de pesquisas na área de ensino de ciências que afirmam a importância de discussões sobre a “natureza da ciência” na educação básica e na formação de professores. A história da ciência aplicada ao ensino é uma maneira de contextualizar discussões epistemológicas, permitindo tanto a compreensão de conteúdos científicos quanto o aprendizado de noções sobre as ciências. Neste trabalho apresentamos algumas definições razoavelmente consensuais sobre a natureza da ciência que foram amplamente discutidas pela comunidade acadêmica e mostramos como alguns episódios da história da astronomia podem levar a discussões envolvendo alguns dos aspectos da natureza da ciência.

Palavras-chave: Natureza da Ciência, História da Ciência, Galáxia.

DISCUSIONES SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN UN CURSO SOBRE HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA

Resumen: Hay un número creciente de investigaciones en la enseñanza de las ciencias que afirman la importancia de debates sobre la "naturaleza de la ciencia" en la educación básica y formación del profesorado. La historia de la ciencia aplicada a la educación es una manera de contextualizar los debates de la epistemología, lo que permite tanto la comprensión de los contenidos científicos como el aprendizaje de conceptos científicos. En este trabajo, presentamos algunas definiciones bastante consensuales sobre la naturaleza de la ciencia que han sido ampliamente discutidas por la comunidad académica y mostramos cómo algunos episodios en la historia de la astronomía pueden llevar a discusiones sobre algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia.

Palabras clave: Naturaleza de la Ciencia, Historia de la Ciencia, Galaxia.

DISCUSSIONS ABOUT THE NATURE OF SCIENCE IN A COURSE ON THE HISTORY OF ASTRONOMY

Abstract: There are an increasing number of researches in science education that affirm the importance of discussions on the "nature of science" in basic education level as well as in teacher training. The history of science applied to education is a way to contextualize epistemological discussions, allowing both the understanding of scientific content and learning about science concepts. We present some reasonably consensual definitions on the nature of science that have been widely discussed by the academic community. We show also some episodes in the history of astronomy which can lead to discussions involving some aspects of the nature of science, and how they can do it.

Keywords: Nature of Science, History of Science, Galaxy.

¹ Pós Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, USP. e-mail: <alebagonas@gmail.com >

² Instituto de Física Gleb Wataghin, UNICAMP. e-mail: <victoriaflorioandrade@gmail.com >

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. e-mail: <b.lastorina@gmail.com >

1. Introdução

Neste trabalho apresentaremos algumas discussões envolvendo a chamada “natureza da ciência” a partir do estudo de um episódio da história da astronomia: o processo de construção do conceito moderno de Galáxia. Vamos descrever também a aplicação de parte desta proposta em um curso de extensão realizado durante a 61ª reunião anual da SBPC, em Manaus - AM, em julho de 2009. Finalmente, apontamos alguns aspectos da natureza da ciência que não foram discutidos durante o curso, fornecendo subsídios para a construção de novas atividades.

2. A natureza da ciência

De forma geral, o termo “Natureza da Ciência” (NdC) refere-se ao conjunto de saberes sobre princípios epistemológicos envolvidos na construção do conhecimento científico, incluindo as crenças e valores intrínsecos a este processo (LEDERMAN, 1992). O conceito de NdC é bastante complexo e dinâmico, uma vez que envolve os resultados de pesquisas de diversas áreas, como a história, filosofia e sociologia das ciências, além de ciências cognitivas como a psicologia. Sendo assim, a definição de NdC não é muito precisa (MCCOMAS, 2008).

Para alguns autores, sequer se poderia falar em uma natureza única da ciência, uma vez que existem várias ciências e suas naturezas mudam muito ao longo da história. A ciência seria um fenômeno cultural muito difuso para ser caracterizado por uma natureza única (EFLIN *et al.*, 1999). No entanto, a ênfase sobre as controvérsias epistemológicas pode ocultar o fato de que há também um grau relativamente alto de concordância, em diversos aspectos, de uma visão adequada sobre a NdC (EL HANI, 2006; MCCOMAS, 2008). Ainda que, no âmbito das discussões epistemológicas, haja muitos opositores à noção de uma natureza única da ciência, é possível derivar alguns pontos de concordância entre filósofos, historiadores e pesquisadores do ensino de ciências e, com isso, apresentar alguns tópicos considerados mais relevantes para o ensino. Apresentamos aqui uma lista de tópicos “consensuais” sobre a NdC, criados a partir da leitura de diversos artigos sobre História e Filosofia das Ciências (HFC) no ensino¹. São estes:

- A ciência é uma tentativa de explicar os fenômenos naturais e pressupõe, para fins práticos, que seu objeto de estudo é real.
- A ciência busca descrever o mundo de uma maneira simples, ordenada e compreensível.
- O conhecimento científico é provisório e confiável.
- Os argumentos científicos devem se adequar aos princípios da razão lógica, mas há fatores “irracionais” que influenciam a prática científica. Dessa forma, evita-se a “reconstrução racional” como única forma de descrevê-la. Não devemos apenas transmitir conteúdos prontos aos alunos, sem mostrar os conflitos e erros inerentes ao processo de construção do conhecimento científico.

¹ Para criar a lista de tópicos “consensuais” sobre a NdC listados acima consultamos diversos artigos sobre HFC no ensino, tais como Mc Comas (2008), Adúriz-Bravo (2006), El Hani (2006), Eflin *et al.* (1999) e Mathews (1994).

- Não é possível defender o ‘Método Científico’ como um conjunto de etapas que devem ser seguidas mecanicamente, como se a prática científica fosse rígida e algorítmica. Há uma grande variedade de métodos e deve-se considerar a inclusão da criatividade do cientista no processo de construção do conhecimento.
- Existem critérios de demarcação, que definem o que é ciência e o que não é. Porém, esses critérios são flexíveis, são definidos pela comunidade científica e mudam ao longo da história.
- A produção do conhecimento científico envolve a observação e o registro cuidadoso de dados experimentais, mas os experimentos não são a única rota para o conhecimento científico e são dependentes de teorias, já que uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente.
- A ciência tem valor, mas não responde a todas as perguntas. Existem questões que estão fora do campo de investigação científica. A ciência não é a única forma válida de se obter conhecimento a respeito do mundo.
- A ciência e a tecnologia impactam uma à outra. Evita-se a noção de que a ciência seja neutra e descontextualizada, independente de influências da sociedade e da produção. Por outro lado, evita-se também a noção de que as teorias científicas sejam pré-requisito para a criação de tecnologias, assim como a imposição de que todo conhecimento científico deva ter utilidade prática.
- A ciência é uma construção coletiva. Evita-se a noção de que as teorias sejam realizadas apenas por gênios isolados. Por outro lado, é importante reconhecer o valor dos trabalhos dos grandes cientistas, evitando a ideia de que todas as contribuições sejam equivalentes.

Nos últimos anos, houve muitas pesquisas sobre as concepções dos estudantes e professores sobre a NdC. Em geral, chegou-se a resultados bastante semelhantes: as concepções dos professores sobre NdC influenciam as de seus alunos, e estas concepções geralmente são *inadequadas*. Contudo, levando em conta a complexidade da questão, é bastante arriscado estabelecer uma suposta “concepção adequada de ciência” como se fosse a única visão correta. Neste trabalho vamos considerar *adequadas* as concepções sobre a NdC que estão de acordo com os aspectos consensuais que foram listados acima. É importante ressaltar que o conjunto de aspectos selecionados sobre a NdC não podem ser considerados intrinsecamente superiores aos que foram adotados no passado, uma vez que se deve analisá-los levando em conta o contexto em que foram criados (ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000).

Mesmo que os professores tenham uma visão adequada da NdC, isso não é garantia de que ela esteja sendo transmitida aos seus estudantes. Ou seja, a visão adequada dos professores é necessária, mas não suficiente, para que os estudantes também tenham uma concepção adequada. As visões inadequadas sobre a NdC encontradas por essas pesquisas são predominantemente ligadas à visão empírico-indutivista e atórica, bem como à visão rígida e algorítmica da prática científica, que seria caracterizada pela método científico universal (EL HANI, 2006). A seção seguinte resume essas visões.

3. A visão empírico-indutivista da ciência

Uma visão bastante comum da ciência é caracterizada pela concepção de que os cientistas obtêm suas teorias a partir da observação, da experimentação e de medidas. Ao relatar um episódio de descoberta científica, a história da ciência empirista apresenta os dados e os resultados observacionais e experimentais a partir dos quais o cientista, aplicando as regras do método científico, produziu conhecimento (ZYLBERSTAJN, 1988).

Além disso, outra ideia difundida, tanto entre cientistas quanto na população em geral, é a de que existe de um conjunto de procedimentos que caracteriza o trabalho dos cientistas e conduzem, com segurança, a construção do conhecimento científico. Este “método científico” é discutido na grande maioria dos livros didáticos de ciências, de forma tanto explícita quanto implícita (PAGLIARINI, 2007). Um esquema geral, ensinado em muitas aulas de ciências, é mostrado na figura a seguir:

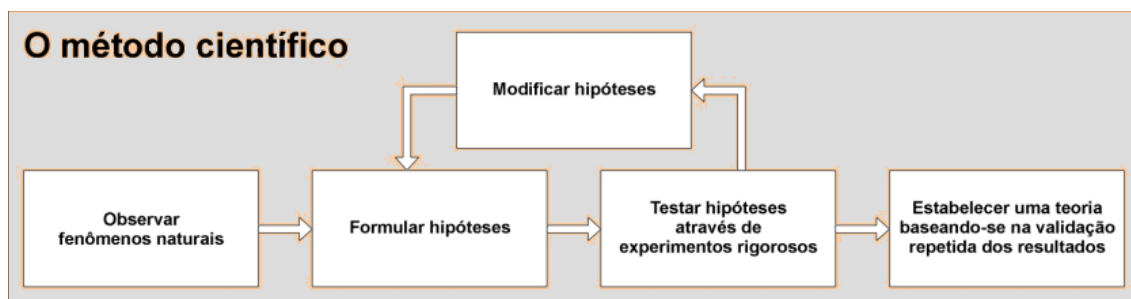


Figura 1: O método científico²

Essa visão clássica do Método Científico começou a ser criada no século XVI. Muitos filósofos passaram a se preocupar não apenas com a determinação do método, isto é, dos procedimentos que poderiam conduzir a construção segura do conhecimento, mas também se preocupavam com a validação, isto é, com a capacidade de justificar por que dado conhecimento, obtido a partir daquele método, seria verdadeiro. Dessa maneira, o método científico pode ser visto como uma forma de justificar a autoridade e o valor da ciência, assim como de distinguir a ciência de outras formas de conhecimento (VIDEIRA, 2006). De acordo com essa visão, chamada comumente de empírico-indutivista, os cientistas seriam leitores passivos do “livro da natureza”, ou seja, os dados experimentais seriam o ponto de partida para se fazer ciência e os experimentos seriam maneiras de se testar definitivamente previsões teóricas. Caso houvesse desacordo entre a previsão de uma teoria e um experimento, esta deveria ser considerada falsa e abandonada.

Após a década de 1960, surgiu a chamada Nova Filosofia da Ciência, marcada por autores como o estadunidense Thomas Kuhn (1922-1996), o húngaro Imre Lakatos (1922- 1974) e o austríaco Paul Feyerabend (1924-1944), que fizeram críticas à visão empírico-indutivista. A partir das décadas de 1970-1980, a ideia de um método rígido, preciso e seguro, que deveria ser seguido pelos cientistas e ensinado nas escolas, passou a ser vista como antiquada entre os filósofos.

² As figuras 1 e 2 foram traduzidas e adaptadas a partir da charge disponível em: <<http://www.phdcomics.com/comics/archive.php?comid=761>>. Acesso em: jan. 2010. No original elas não estão separadas.

Contudo, apesar das severas críticas da Nova Filosofia da Ciência, é possível “salvar” parte do método científico recorrendo-se à distinção entre *contexto de criação e contexto de justificativa*³. O primeiro diz respeito à criação ou descoberta das hipóteses, leis e teorias que o cientista defenderá. Nesse contexto, fatores de toda ordem (sociais, psicológicos, econômicos, religiosos, culturais) podem ser importantes. Contudo, quando a teoria é apresentada e defendida diante da comunidade científica – isto é, no contexto da justificativa – a influência de fatores “externos” seria minimizada, prevalecendo-se os aspectos lógicos e epistemológicos, o que garantiria a racionalidade das ciências. Trata-se de uma posição que não busca descrever a prática científica como ela *costuma ser*, mas sim de prescrever como a ciência *deveria ser*.

Entretanto, hoje se crê que fatores “não-científicos”, como a vontade de reconhecimento no meio acadêmico ou a necessidade de atender às exigências das agências de fomento, podem ser importantes para compreender mesmo as justificativas de trabalhos científicos. O esquema abaixo, ironizando o esquema apresentado na Figura 1, ilustra bem a ideia.

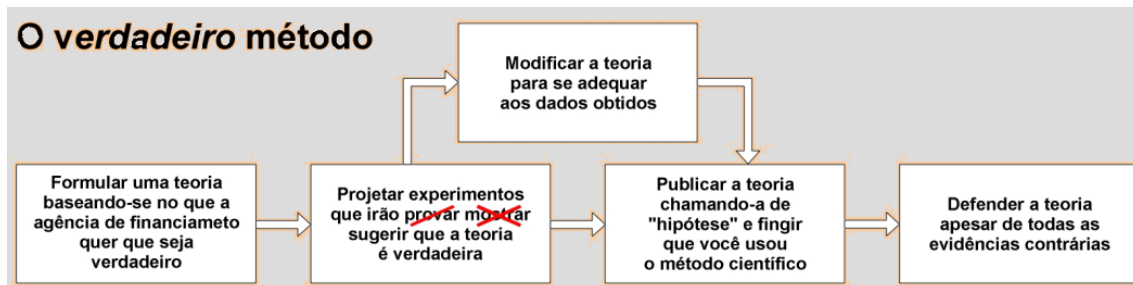


Figura 2: O “verdadeiro” método científico

4. A história e filosofia da ciência no ensino de astronomia

Uma das maneiras de se levar as discussões a respeito da NdC para as salas de aula é fazendo uso da HFC, de uma maneira integrada. Cursos de filosofia da ciência, que utilizem a história da ciência apenas como exemplos, ou cursos de história da ciência em que não se questiona os aspectos epistemológicos, podem levar os alunos a aceitarem as interpretações dos autores sem crítica, recebendo respostas para questões que ainda não tinham sido apresentadas (EL HANI, 2006).

Listamos a seguir alguns dos argumentos mais comuns presentes na literatura de ensino de ciências sobre a importância da HFC no ensino:

- humanizar as ciências, conectando-as com preocupações pessoais, éticas, culturais e políticas;
- tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e estimular o desenvolvimento de habilidades de raciocínio e pensamento crítico;
- promover uma compreensão mais profunda e adequada dos próprios conteúdos científicos;

³ Os conceitos de contexto da descoberta e contexto da justificativa foram criados pelo filósofo alemão Hans Reichenbach (1891-1953), em seu livro *Experience and Prediction* (REICHENBACH, 1938).

- melhorar a formação dos professores, ajudando-os no desenvolvimento de uma compreensão mais rica e autêntica da ciência;
- ajudar os professores a apreciar melhor as dificuldades de aprendizagem dos alunos, alertando para as dificuldades históricas no desenvolvimento do conhecimento científico;
- propiciar aos professores uma compreensão mais clara de debates contemporâneos na área de educação com um forte componente epistemológico, a exemplo dos debates sobre o construtivismo ou o multiculturalismo (MATTHEWS, 1994)

Quando se concebe a HFC apenas como “conteúdos em si”, como tarefas extras que devem ser cumpridas pelos professores, a limitação de tempo e a necessidade de cumprir o conteúdo programado tornam-se obstáculos muito grandes para a aplicação efetiva da HFC em sala de aula. Uma maneira de contornar este problema é ver a HFC como “estratégia didática” facilitadora na compreensão de conceitos, modelos e teorias (MARTINS, 2007). Neste trabalho, vemos a HFC como uma forma de contextualizar as discussões a respeito da NdC, e também como estratégia didática para ensinar astronomia.

No Brasil, os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) e os PCN+ salientam a importância da contextualização sociocultural do conhecimento científico. Há seis temas estruturadores propostos, que são assuntos com maior potencial para o desenvolvimento de habilidades e competências. O estudo da astronomia e da cosmologia é sugerido em um destes temas estruturadores dos PCN+: "Universo, Terra e Vida".

5. O ensino de astronomia

A astronomia é apontada como um assunto indispensável, por permitir ao jovem “refletir sobre sua presença e seu lugar na história do universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive”. (BRASIL, 2002, p.32).

O questionamento a respeito da origem da vida e do universo são assuntos do interesse da maior parte dos estudantes do ensino médio. A astronomia tem sido uma das áreas preferidas para os divulgadores de ciência nas últimas décadas e é sugerida como um tema oportuno para ser discutido no ensino médio, como forma de desenvolver competências e habilidades, tais como: compreender as notícias sobre as pesquisas científicas a respeito da origem e evolução do universo, sobre a busca por vida em outros planetas e sobre novas descobertas realizadas com os telescópios espaciais.

No entanto, a astronomia é raramente abordada em sala de aula, por várias razões – entre elas, a falta de preparo dos professores para lidar com os vários saberes específicos a ela relacionados. A maior parte dos trabalhos de divulgação sobre a astronomia, escrita por astrônomos, físicos e jornalistas científicos, se concentra nos desenvolvimentos mais recentes, apresentando pouca perspectiva histórica; quando esta é apresentada, é muitas vezes distorcida e, portanto, não confiável (KRAGH, 1996). Além da escassez de material didático de qualidade, uma importante dificuldade em relação a

inserção da HFC no ensino é relacionada a aspectos metodológicos (“como fazer”). Uma possível maneira de superar tais problemas, junto a professores, tem sido o trabalho com “episódios” históricos que propiciem discussões relevantes acerca da NdC (MARTINS, 2007).

6. A história da Via Láctea

Escolhemos um episódio da história da astronomia para fazer a discussão em torno de aspectos da NdC. Neste trabalho tratamos, de maneira muito resumida⁴, da História da Via Láctea. Nosso objetivo com a abordagem é problematizar alguns aspectos da NdC utilizando a construção do atual conceito de galáxias desde Galileu – que em 1609 apontou o telescópio para a região da Via Láctea – até o início do século XX. Abordamos também os trabalhos de Edwin Hubble na década de 1920, que levaram à teoria de um universo em expansão. Os assuntos tratados foram expostos em um curso sobre a história da astronomia onde realizamos discussões com os alunos. As exposições de conteúdos eram frequentemente entrecortadas por debates, guiados por questões problematizadoras planejadas para motivar a participação de todos. Segue um resumo dos aspectos históricos abordados ao longo do curso.

Qual é o nosso lugar no Universo? Uma resposta possível seria: "Um pequeno globo, a Terra, um dos planetas que orbitam a estrela chamada de Sol, de um sistema maior chamado Via Láctea, que é uma dentre as milhares de galáxias existentes no Universo". Muito embora essa seja a ideia corrente a respeito da nossa posição no cosmos, tentamos mostrar ao longo do curso que nem sempre se pensou assim. Nossa concepção sobre o Universo se alterou bastante nos últimos quatrocentos anos. No século XVII, não considerávamos a existência de um universo além das estrelas fixas. Durante o século XIX, os astrônomos buscavam saber se as nebulosas seriam sistemas de estrelas parecidos com o nosso e exteriores a ele ou se seriam parte da Via Láctea. Essa tarefa era difícil, porque não havia bons métodos para determinar as distâncias das nebulosas. Os modelos da Galáxia foram se alterando, amparados tanto pelo desenvolvimento de novos instrumentos, como o telescópio, como por novas técnicas, como a espectroscopia e a astrofotografia, pelo amadurecimento de teorias especulativas e, por fim, pelo confronto destas com dados experimentais e por sua interpretação.

No início do século XVI, por exemplo, não havia evidências experimentais a favor da constituição estelar da Via Láctea – como acreditava Demócrito, filósofo grego que viveu de 460 a 370 a.C., para quem a Via Láctea seria constituída de pequenas estrelas. Esse cenário mudou com o que foi apresentado por Galileu Galilei (1564-1642), na obra *Sidereus Nuncius*, de 1609.

Não se questionava, no entanto, sobre a existência de outros mundos como o nosso, outras galáxias. Durante o século XVIII destacam-se algumas teorias nesse sentido, sendo as principais do astrônomo inglês Thomas Wright (1711 – 1786) – para quem a Via Láctea seria como uma esfera ou disco de estrelas, incluindo o Sol – e do filósofo alemão Immanuel Kant (1724-1804) – que aproveitou as ideias de Wright para construir sua própria teoria sobre a existência de outras galáxias além da nossa. Também no século XVIII foi apresentado o primeiro modelo empírico sobre o formato da Via Láctea e algumas questões sobre a existência de outras galáxias, pelo astrônomo

⁴ Para uma exposição mais detalhada sobre este episódio histórico ver Henrique *et. al.*, 2009.

alemão William Herschel (1792-1871). Ele se baseou, principalmente, em duas hipóteses para atingir um modelo estrutural da Via Láctea, sendo: (I) a distribuição de estrelas no espaço é homogênea; (II) o telescópio pode alcançar as estrelas nos confins do espaço. Com isso Herschel chegou a um formato lenticular para a Galáxia.



Figura 3: Uma representação do universo do século XVII.⁵

Alguns cientistas eram partidários de que a Via Láctea fosse a única galáxia existente, outros, de que as nebulosas fossem externas a ela e, portanto, galáxias independentes da nossa. Não se conhecia a escala do Universo: distâncias de aglomerados, nebulosas e também não se sabia exatamente qual a diferença entre esses corpos celestes. A questão se arrastou pelo século XIX, quando novas ferramentas (ligadas à espectroscopia) foram empregadas para estudar propriedades das estrelas e nebulosas. No início do século XX, astrônomos tinham distâncias muito diferentes para algumas nebulosas, o que os dividia em duas posições: (I) os que acreditavam que a Galáxia fosse muito grande e não existissem outras galáxias – nesse caso, a Galáxia seria grande o suficiente para conter as nebulosas e todas juntas formariam um único e grande sistema; e (II) os que defendiam que as nebulosas estariam muito distantes para formar um mesmo sistema com a Via Láctea; essa seria, portanto, menor e as nebulosas seriam sistemas iguais ao nosso situadas a grandes distâncias.

No início do século XX (mais precisamente, em 1920), foi organizado um encontro público com o tema “escala do Universo”, entre Harlow Shapley (1885-1972) e Heber Curtis (1872-1942), dois astrônomos norte-americanos que acreditavam em diferentes resultados para distâncias das nebulosas e para o tamanho da Via Láctea. Esse encontro ficou conhecido como “Grande Debate”. Para Shapley, as nebulosas eram sistemas pertencentes à nossa galáxia e o Sol distante de seu centro; Curtis, por seu lado, defendeu a tese oposta. Pouco tempo depois, Edwin Hubble (1889-1953), na

⁵ A figura 3 é uma representação do Universo gravada em madeira, usada por Camille Flammarion na obra *L'atmosphère: météorologie populaire*. (Paris, 1888).

década de 20, conseguiu medir as distâncias de algumas nebulosas. A determinação de distâncias das nebulosas solucionou a controvérsia sobre a existência de outras galáxias, pois, nas novas determinações de distância, mais seguras, elas estavam muito distantes para fazer parte do nosso sistema.

Nos anos seguintes, trabalhando no observatório de Mt. Wilson, nos EUA, Hubble conseguiu medidas de distâncias e *redshifts*⁶ para corpos mais distantes do que se conseguira até então. Em 1929 publicou um trabalho em que apresentava os dados de 46 galáxias, 20 das quais tinham medidas de distância razoavelmente confiáveis. Com esses dados, ele chegou à relação linear entre os *redshifts* das galáxias e a sua distância, que ficou conhecida como a Lei de Hubble. Hoje interpretamos essa Lei como uma evidência de que o Universo está em expansão⁷.

7. Um curso sobre a história da astronomia

Ministramos um curso na 61ª reunião anual da SBPC, em Manaus - AM, em julho de 2009, sobre história da astronomia, com ênfase no processo de construção do conceito contemporâneo de galáxia (FLÓRIO & HENRIQUE, 2009). O objetivo ao ministrar o curso não foi o de realizar um estudo empírico sobre a aplicação da história e filosofia em sala de aula. Contudo, como foram realizadas discussões interessantes sobre a NdC, este curso de extensão serviu como um “curso-piloto” para o planejamento de atividades futuras envolvendo a formação inicial de professores de física. O curso teve duração de quatro dias, com encontros de 2 horas por dia. Durante as aulas expositivas, entrecortaram-se debates, guiados por questões problematizadoras planejadas para motivar a participação dos alunos.

O público do curso era de graduandos de universidades da região norte do Brasil⁸, vindos de áreas bastante diferentes (filosofia, agronomia, química entre outras); embora interessados em astronomia, tinham pouco conhecimento prévio do assunto. Os alunos demonstraram, por exemplo, não ter muito clara a diferença dos conceitos de Galáxia, Sistema Solar e Universo, dentre outros relacionados à astronomia que aparecem com maior frequência em textos e programas de divulgação. Para tornar os conceitos mais claros, fizemos uma exposição sobre escalas de tamanho em astronomia, desde o mundo microscópico, passando pelos planetas e Sistema Solar, estrelas mais próximas, galáxias vizinhas, até os aglomerados de galáxias.

8. Discutindo a natureza da ciência

Tentamos mostrar ao longo do curso que o conceito de Galáxia foi construído ao longo de quase 400 anos e que as ideias anteriores não são ingênuas e fazem sentido quando consideradas em seu contexto histórico.

⁶ *Redshift*, ou desvio espectral para o vermelho, é um aumento do comprimento de onda da radiação eletromagnética recebida, comparado com o comprimento de onda emitido pela fonte.

⁷ Durante o curso realizamos uma atividade prática sobre a Lei de Hubble, que envolve a medida da constante de Hubble utilizando réguas e espectros de algumas galáxias. Esta atividade está disponível em: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/hubble.pdf>>. Acesso em: ago. 2009.

⁸ Dentre elas, a UFAM, onde o curso foi ministrado, UEAM, UFAP e UESPi.

Quando se ensina apenas que vivemos numa Galáxia chamada Via Láctea, e que galáxias são conjuntos de estrelas, isto é aceito como uma crença científica e pode gerar a impressão de que é uma verdade absoluta. Muitos professores e estudantes acreditam que a ciência busca verdades definitivas, que conhecimento científico é conhecimento provado. A ideia de que as teorias científicas não são definitivas surge naturalmente a partir do estudo da sucessão e competição de teorias rivais que ocorreram até que se chegasse à teoria aceita atualmente sobre a nossa Galáxia.

Com uma discussão histórica adequada sobre o assunto, podemos mostrar que a ciência, mesmo sendo confiável, produzindo resultados valiosos e duráveis, não é definitiva, ou seja, não atinge uma verdade absoluta. As teorias são aceitas como verdadeiras temporariamente, de forma que sempre existe a possibilidade de que qualquer teoria seja descartada no futuro, caso surja uma teoria rival melhor embasada. *O conhecimento científico é provisório, durável e constantemente revisado pelos cientistas.*

9. Galileu e o telescópio

No curso, discutimos também o impacto da apresentação das observações astronômicas realizadas por Galileu com um telescópio, que foram utilizadas para defender o sistema Heliocêntrico numa época em que o Geocentrismo ainda era o paradigma dominante. A interpretação das observações de Galileu foi bastante polêmica na época, sendo questionada pelos defensores do Geocentrismo. Esse questionamento, entretanto, não se deu por que estes eram teimosos e relutavam em aceitar os dados experimentais. As críticas de seus rivais eram bem embasadas em sua visão de mundo, o chamado paradigma Aristotélico-Ptolomaico. Galileu precisava convencê-los de que as observações com o novo instrumento eram confiáveis, e melhores que as observações a olho nu, ou seja, os seus rivais precisavam aprender a “ver” com o telescópio.

Os alunos do curso observavam o céu com frequência, mas nunca tinham usado um telescópio. Pedimos que eles imaginassem como se sentiriam se alguém lhes apresentasse resultados que fossem contrários às bases de suas visões de mundo. A resposta da maioria foi que muito provavelmente teriam dificuldades em aceitar uma visão diferente da sua.

Podemos mostrar aos alunos que suas dificuldades de compreensão de conceitos novos aconteceram muitas vezes ao longo da história. Na época de Galileu, ainda não era bem difundida nenhuma teoria que explicasse a formação das imagens produzidas por lentes. Além disso, existem muitas aberrações nas imagens de telescópios refratores, como os utilizados por Galileu. Quando se vê algo conhecido, na Terra, é fácil diferenciar o que é aberração do que não é. Porém, quando se observa corpos celestes que nunca foram vistos antes, isso não é simples. De fato, em seus desenhos de observações da Lua há algumas crateras que não existem, e há também a menção da observação de uma atmosfera lunar, coisa na qual hoje não acreditamos. Aproveitamos para problematizar a visão empírico-indutivista da ciência, mostrando que não bastam observações com o telescópio para que se estabeleçam argumentos incontestáveis. Vemos assim, que *a interpretação de observações depende das expectativas, dos conceitos prévios, e das experiências do observador.*

Ao descrever a história da galáxia, enfatizamos o fato de que a produção do conhecimento científico envolve a observação e o registro cuidadoso de dados

experimentais. A criação de telescópios cada vez mais poderosos influenciou fortemente o desenvolvimento de novas teorias sobre as nebulosas, já que se poderia obter dados mais confiáveis sobre distâncias entre os corpos.

10. O que é a natureza?

A partir da contextualização histórica estabelecida, houve alguns momentos no curso de discussões explícitas sobre a NdC. Mostramos algumas frases e pedimos que os alunos refletissem sobre elas:

- A ciência tenta entender a maneira como a natureza funciona;
- A ciência vem do pensamento humano;
- A ciência tenta entender a natureza. A natureza existe por si só, ou seja, cabe ao homem apenas decifrar o mundo natural.

O que você acha das frases que acabou de ler? Elas se combinam, se contradizem, ou dizem todas a mesma coisa? Você acha que a ciência e o pensamento humano estão de alguma forma ligados? Por quê? Tente refletir sobre isso!

Os alunos, a princípio, não encontraram contradições entre as frases. De maneira geral, concordaram com as três afirmações e pareciam ter uma visão de que a ciência consistiria de “descobertas” a respeito do mundo natural.

Para tentar problematizar a questão, apresentamos a famosa frase de Galileu: “*O livro da natureza está escrito em linguagem matemática*” e acrescentamos a pergunta: “Os cientistas são leitores ou escritores do livro da natureza?” Houve um consenso entre os alunos que, de acordo com a terceira frase (*A ciência tenta entender a natureza. A natureza existe por si só, ou seja, cabe ao homem apenas decifrar o mundo natural*), os cientistas seriam leitores do livro da natureza. Contudo, tentamos confrontar essa ideia, mostrando que as frases também podiam ser vistas como contraditórias a partir de uma discussão sobre *o papel dos modelos na ciência*.

Em física é essencial fazer simplificações. Muitos fenômenos são complexos demais para serem explicados detalhadamente. O cientista tem que escolher quais são os aspectos mais relevantes do fenômeno, desprezando aspectos muito complexos ou desnecessários. Na mecânica clássica, por exemplo, a massa e a velocidade de um corpo são grandezas essenciais, enquanto que a cor e a textura do corpo são desprezadas. Os conceitos de ponto material, conservação da energia mecânica, movimento sem atrito e resistência do ar, corpos perfeitamente rígidos, referenciais inerciais, entre muitos outros, são exemplos de idealizações presentes nas teorias físicas.

Sendo assim, pedimos para os alunos reconsiderarem a possibilidade de ver os cientistas como *escritores* do livro da natureza, pois as teorias científicas não seriam a própria natureza, mas sim representações da natureza “escritas em linguagem matemática”.

Na aula seguinte, aproveitamos para problematizar o conceito de *natural*. A ciência é uma tentativa de explicar fenômenos naturais. Mas o que seriam fenômenos naturais? Como definimos o que é natural, artificial e sobrenatural?

Podemos estabelecer alguns significados possíveis:

I – *Natural é o que existe na natureza, que inclui o homem. Oposto ao sobrenatural.*

Neste sentido conceitos físicos como massa, carga, luz, eletricidade e força são naturais, pois numa visão realista, podemos dizer que esses conceitos correspondem a entidades reais da natureza. Essa postura está normalmente associada a uma visão “naturalista” do homem como animal, pertencente à natureza.

II – *Natural é o que não é feito pelo homem. Oposto ao artificial.*

Nesse sentido, as entidades que são naturais de acordo com o sentido I, podem ser divididas em dois grupos. Por exemplo, rochas, vegetais, planetas e galáxias seriam naturais, enquanto que facas, garfos, eletrodomésticos e pirâmides seriam artificiais. Trata-se de uma visão humanista, em que o homem define o que é natural e o que é não natural.

Vale notar que natural é um conceito que muda ao longo da história. Aceitando a existência de uma realidade, ainda que não seja possível conhecê-la diretamente a partir dos sentidos, poderíamos ainda dizer que o que se define como natural, em cada época, depende do estado atual do conhecimento humano a respeito da natureza. Ou seja, as sociedades definem em cada época o que é considerado natural e o que é considerado não natural, assim como é considerado normal e o que é anormal. A “natureza” é um conceito construído historicamente.

O sentido II é uma proposta de separação entre entidades naturais e artificiais, que tem consequências para a complexa e controversa distinção entre ciência e tecnologia. Já o sentido I remete a uma das mais importantes questões na história da filosofia: o debate entre realismo e antirrealismo, relacionado à questão: *qual é a relação entre o conhecimento e a realidade?*

11. A ciência como criação ou descoberta

Os cientistas seriam escritores ou leitores do livro da natureza? De maneira simplificada, o *realismo*⁹ pressupõe a existência da realidade, independentemente da presença de um observador. Sendo assim, o realista acredita que o que observamos realmente existe, ou seja, haveria natureza mesmo sem a existência do homem. A negação do realismo pode ser chamada de antirrealismo¹⁰. Segundo essa visão, não podemos ter certeza a respeito da existência de uma realidade independente do observador.

Uma posição muito comum em relação a essa questão é um *realismo ingênuo*, a crença de que as impressões dos sentidos nos permitem ter acesso a uma realidade verdadeira, independente dos conceitos teóricos do observador. Podemos associar essa visão à ideia de que os cientistas seriam leitores passivos do “livro da natureza que está escrito em linguagem matemática”, com a qual nossos alunos concordaram durante o curso.

Uma das questões importantes sobre a NdC que contradiz este realismo ingênuo é a noção de que as observações da realidade são influenciadas por teorias e que a

⁹ No capítulo XIV do livro (PESSOA JR., 2006) são explicadas versões mais rigorosas dos tipos de realismo e antirrealismo.

¹⁰Esta ideia pode assumir várias formas, como o idealismo, descritivismo, instrumentalismo, convecionalismo e nominalismo. Para os propósitos deste trabalho não será necessário diferenciá-las.

atividade dos cientistas é influenciada por suas experiências prévias e características subjetivas. Sendo assim, poderíamos dizer que os cientistas *escrevem* o livro da natureza. A ciência seria uma construção humana, tese que foi bastante defendida com a popularização do *construtivismo* no ensino de ciências.

A ideia de que o conhecimento é uma construção ativa do sujeito atravessa e constitui toda a epistemologia moderna. Contudo, uma posição construtivista radical tem sido bastante criticada tanto por filósofos e historiadores da ciência, quanto por pesquisadores da educação científica (EL HANI & BIZZO, 2002). Uma dessas críticas é que ele pode levar a uma visão considerada problemática sobre a relação entre realidade e conhecimento, como a crença de que a realidade se resume ao conteúdo do próprio pensamento do sujeito, ou que a realidade seja uma espécie de sonho. Esta visão é conhecida como *solipsismo* (PESSOA JR., 2006).

Acreditamos que seja importante superar qualquer oposição extremada entre realismo e antirrealismo. A maior parte dos pesquisadores defende um grau moderado de realismo a respeito do mundo e dos conceitos científicos, evitando tanto o realismo ingênuo, quanto o solipsismo radical. Sendo assim, poderíamos dizer que os cientistas são nem só leitores, nem só escritores do “livro da natureza”, ou seja, a ciência consiste tanto de descobertas quanto de construções humanas sobre o mundo natural.

12. Considerações finais

Neste trabalho descrevemos algumas discussões explícitas sobre a natureza da ciência que podem ser contextualizadas a partir de episódios da história da Galáxia. A breve introdução à história do conceito de galáxia nos mostra que o reconhecimento de teorias científicas, como a própria construção do conhecimento científico, são influenciados por fatores sociais; que o conhecimento científico não é construído a partir de um método rígido; evitamos visões sobre a ciência que são consideradas inadequadas, mas muito comuns, como a noção empírico-indutivista e atórica relacionada a ideia de que Galileu pode criar teorias verdadeiras a partir de suas observações com o telescópio e que o cientista não está necessariamente interpretando “o livro da natureza escrito em linguagem matemática”.

Os conceitos de natural e sobrenatural são importantes de se discutir, porque invariavelmente levam a questões interessantes sobre a NdC. Se o que consideramos sobrenatural ou natural muda com o tempo, qual seria o domínio da ciência? Existiriam entidades sobrenaturais, como fantasmas ou Deus? Se existirem, é possível estudá-los cientificamente? Apesar de não termos nos aprofundado nessas questões, elas são pertinentes. Continuaremos este trabalho planejando atividades didáticas que permitam a discussão explícita de aspectos da NdC em cursos de formação de professores.

13. Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, processos 2008/00149-6 (VFPA) e 2008/07928-0 (ABH).

14. Referências

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

ADÚRIZ-BRAVO, A. ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. Disponível em: <<http://www.educared.edu.pe/modulo/upload/130077622.pdf>>, 2006. Acesso em: out. 2009

BRASIL. PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, MEC, 2002.

EFLIN J. T.; GLENNAN S.; REISH G. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 36, n. 1, p. 107-116, 1999.

EL-HANI, C. N.; BIZZO, N. Formas de construtivismo: Mudança conceitual e construtivismo contextual. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, p. 1-25, 2002.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p. 3-21.

FLÓRIO, V.; HENRIQUE, A. B. Uma breve história da galáxia. 61ª Reunião Anual da SBPC, 2009, Manaus. **Atas da 61ª Reunião Anual da SBPC**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2009. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/61ra/minicursos/MC_VictoriaAndrade.pdf>. Acesso em: jan. 2010.

HENRIQUE, A. B.; ANDRADE V. F.; SILVA, C. C. Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: O Grande Debate. Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2009, Vitória.

KRAGH, H. **Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe**. Princeton: Princeton University Press, 1996.

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

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MATHEWS, M. R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science.** New York: Routledge, 1994.

McCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, n. 2-3, p. 249-63, 2008.

PAGLIARINI, C. **Uma análise da história e filosofia das ciências presentes em livros didáticos de física para o Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado - Instituto de Física de São Carlos, 2007.

PESSOA JR., O. F. **Conceitos de Física Quântica, v. 1.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

REICHENBACH, H. **Experience and Prediction.** Chicago: Univ. of Chicago Press, 1938

VIDEIRA, A. A. P. Breves considerações sobre a natureza do método científico. In: SILVA, C. C. (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p. 24-40.

ZYLBERSTAJN, A. Galileu: um cientista e várias versões. **Cad. Cat. Ens. Física**, v. 5 (Número Especial), p. 36-48, 1988.