



02

ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Consensual Aspects of the Nature of Science and its Implications for Chemistry Teaching

RESUMO

Flávio Tajima Barbosa

tajima.barbosa@gmail.com

Universidade Federal do Paraná (UFPR),
Curitiba, PR, Brasil

Joanez Aparecida Aires

joanez@ufpr.br

Universidade Federal do Paraná (UFPR),
Curitiba, PR, Brasil

A busca pelos aspectos essenciais que definem o conhecimento científico tem sido objeto de pesquisa de filósofos, historiadores e sociólogos da Ciência. A discussão de tais aspectos no Ensino de Química tem como objetivo ensinar aos estudantes o modo como o conhecimento científico é construído, fundando-se, para tanto, nos pontos em que há consenso entre os epistemólogos da Ciência. Tendo em vista que discutir sobre a Natureza da Ciência (NdC) envolve uma escolha sobre os principais aspectos a serem considerados, o presente trabalho tem como objetivo apresentar cinco aspectos consensuais que julgamos serem adequados ao Ensino de Química. Acreditamos que esses aspectos a respeito da NdC oferecem possibilidades para que uma visão menos ingênua e mais coerente com a prática científica seja transmitida aos alunos, permitindo que uma visão mais autêntica do fazer científico possa ser construída.

Palavras-Chave: Natureza da Ciência. Aspectos consensuais. Ensino de Química.

ABSTRACT

The search for the essential aspects that define scientific knowledge has been the object of research by philosophers, historians and sociologists of Science. The discussion of such aspects in the Teaching of Chemistry aims to teach students how scientific knowledge is constructed, based, for this, in the points where there is consensus among the epistemologists of Science. Considering that discussing about Nature of Science (NoS) involves a choice about the main aspects to be considered, the present work aims to present five consensual aspects that we believe are appropriate to the teaching of Chemistry. We believe that these aspects about NoS offer possibilities for a less naive and more coherent view of scientific practice to be passed on to students, allowing a more authentic view of scientific practice to be built.

Keywords: Nature of Science. Consensus aspects. Chemistry teaching.



INTRODUÇÃO

A inserção de discussões sobre a Natureza da Ciência (NdC) no Ensino de Química tem como objetivo ensinar aos alunos o modo como o conhecimento científico é construído. A NdC é definida como aqueles conceitos relacionados à construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico e, nesse sentido, discuti-la no contexto contemporâneo, segundo Tala e Vesterinen (2015), dá ao estudante condições para que possa interpretar a Ciência de seu tempo, permitindo compreender as aplicações científicas em sua vida cotidiana, participar de discussões públicas sobre a Ciência atual, bem como avaliar o seu impacto na sociedade.

No entanto, quando filósofos, historiadores e sociólogos da Ciência discutem questões específicas sobre a NdC, as divergências entre os pontos de vista dificultam uma definição singular sobre o que a caracterizaria. No que diz respeito a uma concepção adequada de Ciência, parece não haver um consenso. Dada a complexidade do assunto, e tendo em vista que as concepções têm mudado ao longo da história, este desacordo reflete a dificuldade que o tema suscita.

Irzik e Nola (2011) sustentam que tentar caracterizar as diferentes Ciências como possuindo aspectos comuns, também chamados aspectos consensuais, pertencentes a todos os domínios do conhecimento científico, é muito geral e muito amplo, e que dessa maneira, perde-se muito em capturar o complexo processo de geração de conhecimento nas diferentes disciplinas e contextos. Os autores ainda sustentam que a Ciência é muito heterogênea para que possa se encaixar em um modelo de visões consensuais, preferindo tratar o tema com o conceito de semelhança familiar. Nessa linha, eles procuram identificar de que modo as Ciências são similares ou diferentes, buscando nelas um senso de unidade.

Os autores classificaram as características comuns das diferentes Ciências de maneira sistemática em termos de categorias, que dão uma descrição estrutural da NdC, classificadas da seguinte forma: atividades; objetivos e valores; metodologias e regras metodológicas; e produtos. Para os autores, as Ciências partilham de semelhanças em seus objetivos e produtos possuindo, de certa maneira, regras metodológicas que as caracterizam. Assim,

[...] a Ciência é um sistema cognitivo cujas atividades investigativas possuem um número de objetivos que ela tenta alcançar com a ajuda de suas metodologias e regras metodológicas, e que quando exitosa, produz um número de resultados, fundamentalmente, conhecimento (IRZIK; NOLA, 2015, p. 602, tradução nossa).

Segundo estes autores, embora as Ciências sejam diferentes em relação aos métodos que utilizam, possuem semelhanças que permitem caracterizá-las como pertencentes a uma mesma família, com as mesmas bases e fundamentos teóricos, procedimentais e metodológicos.

No entanto, para Moura (2014), a concepção de semelhança familiar deixa a questão da NdC muito ampla e aberta. Os autores que a defendem não assumem um posicionamento filosófico definido, e não havendo características específicas em relação ao modo como o conhecimento científico é gerado ou justificado, eles caem em uma generalização que torna o seu uso pedagógico de difícil aplicabilidade.

Tala e Vesterinen (2015) sugerem que o estudo da NdC seja realizado de acordo com aquilo que os cientistas fazem na prática, ou seja, o estudo deve ser realizado com os praticantes ativos na comunidade científica. Dessa forma, a análise sobre a NdC pode ser

ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

realizada em diferentes contextos, investigando casos autênticos de práticas de pesquisa. Segundo os autores, os cientistas geralmente estão dispostos a discutir os pressupostos de seu trabalho, e além disso, muitos concordam que existem alguns aspectos que são consensuais. Todavia, o contexto nesses casos parece essencial para a definição de tais aspectos, já que muitos discordam em relação a alguns pontos quando se tenta aplicá-los na prática (WONG; HODSON, 2010). Nesse sentido, Wong e Hodson (2008) salientam que as perspectivas de NdC que os cientistas possuem dizem respeito a práticas diárias, ao modo como suas pesquisas são conduzidas, e não tanto a questões epistemológicas mais amplas. Os autores ainda argumentam que os cientistas não reconhecem a si próprios ou suas práticas nos estudos etnográficos publicados nos últimos anos.

No entanto, conforme salienta Abd-El-Khalic (2012), o ensino da NdC deve ser positivo e pragmático. Como destacado anteriormente, a perspectiva de NdC que os cientistas possuem, diz respeito a práticas diárias, e não a questões epistemológicas. Para Abd-El-Khalic os cientistas de fato fazem Ciência e, nitidamente, fazem-na com sucesso, mas os epistemólogos da Ciência seguem os rastros dos cientistas, buscando descrever, analisar e compreender o que eles fazem, na tentativa de conceituar e teorizar o empreendimento científico. Os cientistas não necessariamente refletem sobre o próprio trabalho, e não o reconstroem sob uma visão epistemológica, já que não precisam. Eles são treinados em comunidades científicas, que não os incitam a tratar de questões epistemológicas, ao menos não conscientemente ou explicitamente. Os autores argumentam que muitos cientistas nunca refletem seriamente sobre essas questões. A opinião dos cientistas é de fato importante para caracterizar a NdC, no entanto, aquela não deve ser privilegiada frente a outros estudos deste gênero.

A importância de discussões sobre esse tema no Ensino de Química se deve ao fato de que todos os dias estudantes são ensinados sobre a NdC em sala de aula. O professor, ao ensinar Ciência ao aluno, a apresenta de acordo com alguma concepção de NdC, e assim, o objetivo de se introduzir a NdC nas escolas é que ela tenha um nível de generalidade que a torne relevante ao Ensino. A finalidade de se abordar a NdC é que os estudantes possam desenvolver uma base conceitual que os permitam compreender a natureza das teorias científicas. Dessa forma, de acordo com Abd-El-Khalic (2012), a ideia de um possível consenso em relação a alguns aspectos das diferentes Ciências é possível, e para o autor, “não há outro meio de se alcançar um efetivo ensino da NdC”. (ABD-EL-KHALIC, 2012, p.365).

Nesse sentido, apesar dos dissensos epistemológicos, alguns pontos de tangência podem ser encontrados entre as várias posições assumidas sobre a NdC. Efflin, Glennan e Reisch (1999) discutem possíveis consensos envolvendo a NdC que seriam adequados para o Ensino de Ciências, já que o que se busca são subsídios para uma visão mais adequada sobre a Ciência, e não necessariamente, imersões filosóficas sobre os modos de conhecer. Relatam que há um consenso de que

o principal propósito da Ciência é adquirir conhecimento sobre o mundo físico, [...] há uma ordem subjacente no mundo que a Ciência procura descrever da maneira mais simples e compreensível, [...] a Ciência é dinâmica, mutável e experimental, [...] não há um único método científico. (EFFLIN; GLENNAN; REISCH, 1999, p.109, tradução nossa).

Os autores concluem que é possível ensinar sobre as Ciências levando em consideração alguns pressupostos básicos que envolvem os aspectos filosóficos da Ciência. Como exemplo, sugerem evitar discutir visões extremadas como o realismo ou o

antirrealismo, ou que a Ciência é fruto de aspectos exclusivamente sociais. Um fator importante a ser ressaltado é que, apesar das discordâncias, o ensino pode favorecer uma crítica à concepção ingênua da NdC.

A reflexão sobre tais concepções pode proporcionar não uma visão “correta” ou “única” sobre a NdC, mas uma imagem da Ciência menos ingênua e mais próxima daquilo que vem sendo discutido entre os filósofos, historiadores e sociólogos da Ciência. Assim, a seção a seguir visa discutir cada um dos aspectos ditos consensuais da NdC.

2 ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA

Segundo Forato, Pietrocola e Martins (2011), algumas concepções da NdC que são importantes para a formação de professores e alunos incluem

[...] a compreensão da Ciência como uma atividade humana; entender a Ciência se desenvolvendo em um contexto cultural de relações humanas; conhecer sobre as Ciências e não apenas os conteúdos científicos; possibilitar certo conhecimento metodológico como um antídoto à interpretação empírico-indutivista da Ciência. (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 32-33).

Os autores acreditam que esses preceitos sejam básicos para que se possa compreender a NdC. Em oposição ao que geralmente é veiculado nos livros didáticos, onde os cientistas aparecem como grandes homens que, em momentos de insight e isolados, fazem grandes descobertas, a imagem de Ciência que pode ser construída é aquela onde o contexto social exerce influência sobre o cientista, sendo o empreendimento científico, sobretudo, um empreendimento humano. Nesse sentido é que se faz importante o conhecimento dos processos do fazer científico e não apenas seus produtos.

Tendo em vista que discutir a respeito da NdC envolve uma escolha sobre os principais aspectos a serem considerados, toma-se como base os trabalhos de Gil-Pérez et al. (2001), Lederman et al. (2002) e McComas, Almazroa e Clough (1998). Os aspectos consensuais que estes autores apresentam possuem pontos em comum que julgamos serem adequados ao Ensino de Química, os quais serão utilizados neste trabalho e que se resumem em cinco tópicos abrangentes listados abaixo.

- O mito do método científico;
- A natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico;
- Não há observação neutra em relação à teoria;
- A dinamicidade do conhecimento científico;
- O caráter social do desenvolvimento científico.

As concepções sobre NdC contempladas por estes cinco tópicos descrevem aspectos essenciais do fazer científico, apesar das divergências existentes na literatura. Detalharemos a seguir cada um dos tópicos.

O Mito do Método Científico

Ao caracterizar uma área do conhecimento como científica, confere-se a ela um status de confiabilidade e veracidade, pois presume-se que o método utilizado para gerar

ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

conhecimento se dá a partir de pressupostos solidamente alicerçados. Uma das ideias mais difundidas e arraigadas sobre o método, de acordo com Videira (2006), é a de que este conduziria os cientistas a um conhecimento verdadeiro e bem fundamentado, fato este que explicaria o sucesso da Ciência.

Com o surgimento da filosofia e da Ciência modernas, o que ocorreu a partir do século XVI, os filósofos, ou mais precisamente, os epistemólogos, passaram a se preocupar não apenas com a determinação dos modos que podem conduzir a descobertas de conhecimento verdadeiro, mas também com a capacidade de justificar por que esse conhecimento é verdadeiro. (VIDEIRA, 2006, p. 23).

Essa justificativa seria dada pela presença do método científico, que teria a função de demarcação entre o conhecimento científico e as outras formas de produção intelectual humana. Ou seja, só seriam consideradas científicas as atividades que utilizassem do método científico.

A questão a respeito do que seria o método científico e suas características é usualmente deixada a cargo dos filósofos da Ciência. No entanto, o que estes acreditam ser o método, muitas vezes não coincide com a opinião daqueles que o empregam. De acordo com Videira (2006), até recentemente, quando os cientistas eram interrogados pelos filósofos a respeito de como era o método que empregavam, as respostas dadas pelos últimos não estavam em consonância com o que os cientistas acreditavam que faziam. Dessa maneira, ainda segundo o autor, a dúvida que permeava ambas as comunidades era referente a qual método efetivamente se usa nas Ciências.

De acordo com Fourez (1995), na prática científica, nem sempre são utilizados critérios puramente racionais. Compreender o método científico como um processo em que há etapas específicas a serem seguidas não totaliza o trabalho do cientista, já que, muitas vezes, as teorias surgem em contextos que não obedecem a uma lógica notadamente científica. Uma proposição científica, ainda segundo o autor, é aceitável quando se refere a uma série de critérios práticos, que pretendem fornecer explicações de como se dá um determinado fenômeno ou evento. O autor salienta que para “considerar um resultado científico como aceito e aceitável, os cientistas põem em jogo toda uma série de critérios que se pode mais facilmente determinar a posteriori do que a priori”. (FOUREZ, 1995, p. 85). Nesse sentido, a Ciência poderia ser entendida como uma tentativa de organização do mundo, de maneira a permitir que se tenha uma ação mais ordenada. No entanto, não haveria uma maneira específica para que houvesse tal ordenação.

Videira (2006) destaca que nessa empreitada metodológica, a intenção dos filósofos da Ciência era encontrar princípios metodológicos baseados na universalidade, rigidez, fixidez, eternidade e infalibilidade. Segundo os cientistas, a crença a respeito da existência de um método científico teria sido criada pelos filósofos, que foram alvos de críticas pelos primeiros, justamente por terem transformado regras de conduta em princípios. Os caminhos que levam à descoberta na Ciência, segundo os cientistas, podem ser diferentes e múltiplos, bem como os processos para justificá-los.

Além de perceberem que a descoberta científica aconteceria por meio de caminhos diferentes, os cientistas também se deram conta de que, caso o método científico realmente existisse, ele imporia à Ciência fronteiras inaceitáveis, já que muitas questões que despertavam a curiosidade não poderiam ser por eles respondidas ou mesmo investigadas.

Em suma, aquilo que caracteriza o método científico e é responsável pela sua existência é a postura, ou atitude, adotada pelo cientista e não um certo conjunto de regras fixas e eternas. O cientista exige e só fica satisfeito quando certos procedimentos são realizados e quando os resultados obtidos obedecem a regras, que não são dadas e fixadas a priori, antes do problema em questão começar a ser investigado. (VIDEIRA, 2006, p. 36).

A Ciência, dessa forma, não teria regras e procedimentos específicos que trariam à tona novas descobertas. Não haveria uma técnica para encontrar leis e criar novas teorias. O que tornaria a Ciência diferente de outras realizações humanas seria a atitude de quem a pratica e as realizações que possibilita. Tentar pensar o método como único seria impor restrições ao conhecimento.

A Filosofia e a Ciência, sendo campos distintos do conhecimento, guardariam suposições e objetivos que as diferenciariam. Para Richard Feynman, segundo Videira (2006), os filósofos tentam universalizar algo que para o cientista é provisório, corrigível e substituível. A existência de um método universal de fazer Ciência, aos moldes dos empiristas, não seria possível, visto que os desenvolvimentos que a Ciência tem alcançado requerem uma atitude de pluralismo metodológico. A descoberta não se submete a nenhuma regra, não obedece a nenhuma lógica que a torne à prova de erros. Como salienta o epistemólogo Paul Feyerabend em sua obra *Contra o Método*:

A ideia de um método que contenha princípios firmes, imutáveis e absolutamente obrigatórios para conduzir os negócios da Ciência depara com considerável dificuldade quando confrontada com os resultados da pesquisa histórica. Descobrimos, então, que não há uma única regra, ainda que plausível e solidamente fundada na epistemologia, que não seja violada em algum momento. Fica evidente que tais violações não são eventos acidentais, não são o resultado de conhecimento insuficiente ou de desatenção que poderia ter sido evitada. Pelo contrário, vemos que são necessárias para o progresso. (FEYERABEND, 2007, p. 37).

O epistemólogo apresenta diversos exemplos em sua obra que corroboram a tese de que um método que defina o fazer científico limitaria suas potencialidades criativas. Analisando o contexto da descoberta, percebe-se que, com frequência, os cientistas empregam procedimentos proibidos por regras metodológicas. Para o autor, a Ciência é uma complicada mistura de procedimentos.

De acordo com Videira (2006), o estabelecimento de um critério de demarcação entre o científico e as outras atividades de produção humana seria apenas uma idealização. A metodologia científica lida com o que poderia ser feito, e muitas vezes não há uma correspondência com o que é. Aquela só pode ser elaborada caso desconsidere-se a prática científica. Antes, segundo Feyerabend (2007), o método científico pode ser pensado como um dispositivo temporário em vez de uma linha delimitadora fundamental.

Como bem salienta Woodcock (2014), não há uma descrição universal englobando o que cada cientista faz, embora cada cientista contribua como um todo para a sua disciplina. É fato que o cientista, como enfatizam Lederman et al. (2002, p. 501, tradução nossa), “observa, compara, mede, testa, especula, hipotetiza, cria ideias e ferramentas conceituais, e constrói teorias e explicações”, mas a ideia de um único método científico é um mito.

ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Assim, conhecer em alguma medida como se dá o desenvolvimento de uma teoria científica, assim como o fato de não haver algum tipo de mecanismo regulador específico que dite a maneira como o método científico é utilizado pelos cientistas, e que a Ciência depende em grande parte de aspectos que não podem ser generalizados, pode ajudar o aluno de Ciências a compreender melhor o conteúdo específico que está sendo estudado. Nesse sentido, alguns pontos importantes que influenciam a prática científica merecem ser apresentados ao aluno, como o fato de a Ciência depender, em grande parte, da imaginação do cientista.

A Natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico

A Ciência, de acordo com Lederman et al. (2002), não é uma atividade inteiramente ordenada e racional, mas envolve, em grande medida, a invenção de explicações e entidades teóricas, o que requer muita criatividade por parte dos cientistas. Nesse sentido, entidades como os átomos, por exemplo, são antes modelos teóricos funcionais do que cópias fiéis da realidade.

Segundo Abd-El-Khalic (2012), a geração de conhecimento científico envolve a criatividade humana uma vez que os cientistas desenvolvem explicações, modelos teóricos e entidades. Aquela está presente em todas as etapas da investigação, inclusive na constituição de dados, e é particularmente relevante na interpretação e nas conclusões obtidas a partir deles.

Assim, a criatividade e a imaginação têm um papel importante na Ciência, já que teorias e leis vão muito além de observações e dados experimentais, e por isso, não são redutíveis a uma objetividade intrínseca (IRZIK; NOLA, 2011). As inferências e construções de teorias e hipóteses não são regidas por um método ou metodologia que mecanicamente as gerem. Por esta razão, sempre haverá espaço para a criatividade na construção de modelos, teorias e descoberta de leis na Ciência.

No entanto, no Ensino de Ciências, e também no de Química, em todos os níveis de Ensino, a imagem que se tem da Ciência é outra. Esta, quando apresentada aos estudantes, muitas vezes é tomada como objetiva, impessoal e mecânica. Ao aluno não é ensinado que a atividade científica requer elementos subjetivos, tais como quais hipóteses testar, quais pesquisas realizar e quais detalhes publicar ou reter. De fato, segundo Woodcock (2014), se a Ciência obteve tanto êxito nas explicações dos fenômenos investigados, é justamente devido às diferenças individuais. A criação de ideias científicas não pode ser reduzida a uma fórmula, a um passo a passo que deve ser seguido rigorosamente. Da mesma maneira, as avaliações de hipóteses, que envolvem tamanha complexidade não podem ser reduzidas a um processo mecânico.

De maneira geral, a prática científica, de acordo com Cachapuz et al. (2011), pode ser vista como um processo composto de três fases: a criação, a validação e a incorporação de conhecimentos. A primeira fase está relacionada com a geração de hipóteses, enquanto que a validação se refere aos testes a que a hipótese é sujeita, e a última trata do processo social de aceitação e registro do conhecimento científico. Ainda de acordo com os autores, trata-se de “um processo complexo, que pode ter origem na imaginação fértil, inspiradora, porventura em ideias especulativas, à qual subjaz um fundo reflexivo”. (CACHAPUZ et al., 2011, p. 94).

A hipótese é frequentemente descrita como uma conjectura orientada, que procura oferecer uma possível resposta a uma questão ou solução a um problema. (WOODCOCK, 2014). Em contextos científicos genuínos, o iniciante primeiramente aprende sobre a disciplina – teorias, conceitos – para então estar em posição capaz de formular hipóteses interessantes que visem aos problemas da disciplina.

A criatividade intelectual está envolvida e encontra inspiração em leituras, reflexões, e discussões tanto quanto em fazer observações. O apelo à criatividade não é uma negação de que há técnicas de descoberta de hipóteses – p.ex., o uso de analogias ou técnicas corretivas de tentativa e erro – mas, ao invés disso, quando e como aplicar essas técnicas talvez requeira perspicácia e experiência. (WOODCOCK, 2014, p. 2091, tradução nossa).

Assim, as hipóteses levantadas pelos cientistas envolvem grande dose de subjetividade. As dúvidas e os questionamentos dependem do conhecimento prévio e das experiências anteriores que os cientistas possuem, e o modo como o tema será tratado depende da imaginação do cientista. No entanto, as hipóteses devem ser validadas, e para tanto, precisam passar por alguns critérios de avaliação que as tornem aceitas pela comunidade científica. As hipóteses são filtradas pela comunidade científica, e o processo de revisão por pares é decisivo nesta etapa, já que nela se decide quais propostas obterão financiamento e quais artigos serão publicados.

Não há, no entanto, unanimidade entre os filósofos da Ciência sobre a melhor maneira de se avaliar uma hipótese. Há algumas considerações, além da adequação empírica, que são utilizadas como critério de avaliação: simplicidade, consistência lógica, consistência com teorias aceitas em outros domínios, abrangência de explicação, poder preditivo, fecundidade para futuras pesquisas, dentre outras, denominadas “virtudes teóricas”. (McCAIN, 2015). Estas virtudes são soberanas, especialmente quando há mais de uma hipótese compatível com os dados disponíveis. Mais recentemente, um posicionamento que tem recebido a atenção nas discussões é a Inferência à Melhor Explicação (IME), na qual por meio de critérios específicos de escolha, pode-se determinar qual das hipóteses que competem na explicação de um determinado fenômeno é a melhor.

A ideia da IME é que as virtudes explicativas são um guia para a verdade. Como bem salienta McCain (2015), a explicação que fornece o entendimento mais profundo é aquela que tem a maior possibilidade de ser a verdadeira. Dessa maneira, quando várias hipóteses são avaliadas, compara-se suas várias virtudes, por exemplo, poder explanatório e simplicidade. Infere-se então que a explicação mais “virtuosa” é provavelmente a verdadeira.

Ainda assim, a criatividade na elaboração de hipóteses é necessária ao desenvolvimento científico, pois só assim pode-se atingir o conhecimento novo, já que são os questionamentos, juntamente com a imaginação que movem a Ciência. As previsões e o controle que as respostas possibilitam, são vistas como secundárias em relação às primeiras. Segundo Custódio, Cruz e Pietrocola,

[...] o valor da Ciência residiria em que ela constitui a melhor estratégia sistemática e organizada até hoje inventada para responder perguntas sobre o porquê de a natureza ser com ela é. A explicação científica é nada mais do que a resposta histórica a este ‘por que’. (CUSTÓDIO; CRUZ; PIETROCOLA, 2011, p. 181).

Assim, compreender o conhecimento científico como uma atividade criativa fornece elementos para que o aluno possa, ele mesmo, especular sobre as possíveis causas dos fenômenos que observa. Sendo este um aspecto da NdC tão importante no cotidiano dos cientistas, o professor de Ciências pode dar abertura ao aluno para que ele questione,

ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

elucubre, busque de alguma maneira uma resposta para o problema colocado, aproximando-se assim, da prática científica real.

Não há observação neutra em relação à teoria

A observação é um dos pressupostos fundamentais para que uma teoria científica seja validada. De acordo com Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002), para os empiristas-clássicos a Ciência começa com a observação, devendo o observador registrar de maneira fidedigna o fato observado para, a partir daí, estabelecer uma série de enunciados dos quais derivam as leis e teorias científicas. Porém, ainda segundo os autores, as nossas mentes não estão em branco quando fazemos uma observação, “pois nós interpretamos os dados sensoriais que a nossa mente apreende, como se fossem conhecimentos anteriores”. (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002, p. 135).

Para Chalmers (1993), a observação não é determinada somente pela imagem formada na retina do observador: “O que um observador vê, isto é, a experiência visual que um observador tem ao ver um objeto, depende em parte de sua experiência passada, de seu conhecimento e de suas expectativas”. (CHALMERS, 1993, p.42). Portanto, a ideia de um observador neutro, despido de preconceções é um mito. Os fatos científicos não são dados, e sim construídos. Conforme ressaltam Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002, p.136), “nós vemos o mundo por meio das lentes teóricas constituídas a partir do conhecimento anterior”.

Os fatos não são simplesmente dados, não podem ser descobertos por qualquer indivíduo. É somente por meio de certa expectativa que eles se tornam objetos de nossa atenção. As observações, portanto, precisam ser construídas por aquele que observa, já que, por si mesmas, não proporcionam a compreensão do mundo.

Uma observação possui um foco de atenção e é guiada por considerações teóricas. Busca-se encontrar nexos de causalidade entre os fenômenos, procurando-se assim constituir relações que proporcionem uma lógica entre os eventos. Existe uma certa intencionalidade no ato de observar. Assim, como salienta Pessoa Júnior (2011), quando se observa algo no mundo, tem-se uma expectativa sobre o que será percebido, e essa expectativa influencia o julgamento a respeito do que está sendo observado.

Assim, a construção de teorias científicas depende da observação. É baseado nela que os cientistas conduzem suas pesquisas. Mas, é a partir de problemas iniciais, questões que merecem ser solucionadas, que as observações são realizadas. Elas nunca acontecem no vazio. As observações são carregadas de teoria, e é na relação de interdependência entre teoria e observação que se constroem as teorias.

[...] o aprendizado não vai da observação para a teoria, mas sempre envolve ambos os elementos. A experiência surge com pressupostos teóricos, e não antes dele, e uma experiência sem teoria é tão incompreensível quanto o é (presumidamente) uma teoria sem experiência: elimine parte do conhecimento teórico de um sujeito perceptivo e você tem uma pessoa completamente desorientada e executar a mais simples das ações. (FEYERABEND, 2007, p. 210).

É nesse sentido que, o cientista, ao se deparar com um fato não previsto pela teoria, encontra anomalias no conhecimento até então edificado. Se não houvesse uma teoria que guiasse a observação, fatos estranhos passariam despercebidos. Afinal de contas, se o

cientista não fosse conduzido por um constructo teórico, não saberia qual fenômeno deveria observar entre os muitos que se apresentam a sua frente.

Assim como as teorias, os fatos científicos também são construídos por cientistas, pessoas que tentam de alguma maneira, por meio da criatividade e inventividade, dar interpretações a respeito do mundo, e dessa forma, é possível que a partir das mesmas observações, surjam diferentes interpretações. O fato científico depende de elaboração teórica e tecnológica da época, integrantes de um real existente ou possível. Prova disso são os instrumentos de medida, a partir dos quais o cientista pode escolher o que medir, o que será observado, e se não houvesse uma teoria subjacente, tal instrumento não poderia ter sido construído. “A observação é assim entendida como um processo seletivo, estando a pertinência de uma observação ligada ao contexto do próprio estudo [...]”. (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002, p.136).

Praia, Cachapuz e Gil-Pérez ressaltam a importância dessas constatações no Ensino de Ciências, já que é comum associar a “descoberta” científica a observações fortuitas.

Se quisermos afastar, ultrapassar mesmo, quer o indutivismo, quer o realismo ingênuo na escola, temos que conscientizar os alunos por meio de atividades adequadas que as observações desligadas da teoria não são uma base segura para afrontar, interrogar e analisar a realidade, não são um bom ponto de partida e não são independentes da teoria. (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002, p.137).

Destacam que é interessante desenvolver estratégias de ensino que permitam a reflexão sobre o significado da observação, já que a Ciência, fundamentada em hipóteses, tem como um dos critérios de validação a observação, que deve corroborar as hipóteses, podendo então, converter-se em teoria. O mesmo pressuposto pode ser adotado em sala de aula, com os alunos confrontando hipóteses que eles mesmos sugerem com a observação.

Dinamicidade do conhecimento científico

O conhecimento científico, embora confiável e durável, não é absoluto. As teorias, leis e modelos estão sujeitos a mudanças. Poder conhecer o que está por trás dos fenômenos, o que definitivamente os rege, a verdade, não é possível. Como salientado no item anterior, o conhecimento depende em grande parte da imaginação e criatividade humanas, e nesse sentido, será e alguma medida sempre relativo.

A corrente de pensamento dos ditos “relativistas” argumenta que as teorias serão sempre relativas ao indivíduo ou à comunidade que a elas aderem, não havendo, portanto, aproximação progressiva com a verdade. De acordo com Chalmers (1993, p.138), “as decisões e escolhas feitas por cientistas ou grupos de cientistas serão governadas por aquilo a que aqueles indivíduos ou grupos atribuem valor”, e sendo assim, o progresso será relativo.

Não haveria, por conseguinte, um critério universal que ditasse uma decisão logicamente convincente para o cientista. É na perspectiva de que há fatores externos ao fazer científico que influenciam seus aspectos internos, que Thomas Kuhn, na obra *A estrutura das revoluções científicas*, publicada originariamente em 1962, pensou na Ciência em termos de paradigma: um conjunto de regras, normas, crenças, teorias, que fornece o modelo de problemas e soluções aceitáveis por certo período à comunidade científica. Dessa maneira, o modo como o cientista vê o mundo é determinado pelo paradigma em que a comunidade se encontra, e a ideia de progresso é relativizada. Para Kuhn (2013), as

ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

revoluções científicas, verdadeiras rupturas epistemológicas, seriam mudanças de concepções de mundo.

Segundo Peduzzi (2006, p. 65, grifo do autor), para Kuhn a Ciência se desenvolve por meio de uma “sequência de períodos denominados de Ciência normal, onde o desenvolvimento é cumulativo, alternados por períodos de crise-revolução, durante os quais ocorrem profundas mudanças conceituais”. Dessa forma, o período de Ciência normal seria aquele quando o desenvolvimento se daria por meio da adesão da comunidade a um paradigma, sendo este um modelo ou padrão aceito. É o paradigma que, segundo Kuhn (2013, p. 72), “proporciona modelos dos quais brotam as tradições coerentes e específicas”. É este que fornece leis, teorias, aplicações e instrumentação que preparam o futuro cientista para ser membro de determinada comunidade científica.

Kuhn (2013) argumenta que em períodos de Ciência normal, os cientistas procuram resolver problemas que emergiram do próprio paradigma, sendo que a sua definição e resolução devem se pautar em função daquele. Assim, de acordo com Beltran, Saito e Trindade (2014), o sucesso ou insucesso na resolução de um problema pelo cientista estaria relacionado com a capacidade e habilidade do pesquisador em solucioná-lo, e não com as regras impostas pelo paradigma.

Contudo, a Ciência normal invariavelmente traria à tona problemas que se mostrariam resistentes à solução. Segundo Peduzzi (2006), surgem então períodos de crise, que apresentam “anomalias” que não haviam sido previstos pelo paradigma em questão, e inicia-se um período de Ciência “extraordinária”, que gera instabilidades. Conceitos fundamentais são criticamente examinados e provocam verdadeiras revoluções na Ciência. Nesse período, vários novos paradigmas concorrem para substituir o anterior. Conforme afirmam Beltran, Saito e Trindade, “é nesse período que a comunidade científica pautaria sua escolha (do novo paradigma) em motivos nada racionais” (2014, p. 70), sendo estes determinados por fatores sociais, econômicos, políticos e até religiosos. A adoção de um novo paradigma em substituição ao anterior seria o que Kuhn denomina de revolução científica.

A adoção de um paradigma seria então fundamental para que se estabelecesse a Ciência normal, e após uma revolução, o cientista teria uma nova visão de mundo, e o paradigma anterior não seria mais comensurável com o novo modelo. A adoção de um novo paradigma provocaria uma verdadeira mudança de concepção de mundo.

Guiados por um novo paradigma, os cientistas adotam novos instrumentos e orientam seu olhar me novas direções. E o que é ainda mais importante: durante as revoluções, os cientistas veem coisas novas e diferentes quando, empregando instrumentos familiares, olham para os mesmos pontos já examinados anteriormente. É como se a comunidade profissional tivesse sido subitamente transportada para um novo planeta, onde objetos familiares são vistos sob uma luz diferente e a eles se apregam objetos desconhecidos. (KUHN, 2013, p.201).

Após uma revolução, é como se os cientistas reagissem a um mundo diferente. Quando o indivíduo começa a lidar com seu novo mundo, todo o seu campo visual se altera. Isso acontece, em geral, após um período intermediário, durante o qual a visão encontra-se simplesmente confundida (KUHN, 2013).

O que um homem vê depende tanto daquilo que ele olha como daquilo que sua experiência visual-conceitual prévia o ensinou a ver. Sendo assim, para Kuhn, a educação teria papel primordial no modo como o estudante vê o mundo, já que com o treinamento

científico, aquele se torna um habitante do mundo do cientista, vendo o que o cientista vê. No entanto, “esse mundo no qual o estudante penetra não está fixado de uma vez por todas [...] ele é determinado conjuntamente pelo meio ambiente e pela tradição específica de Ciência normal na qual o estudante foi treinado”. (KUHN, 2013, p. 202).

Ao mudar o paradigma, Kuhn afirma que os dados que os cientistas coletam dos objetos são diferentes em si mesmos. “Defrontado com a mesma constelação de objetos que antes, e tendo consciência disso, ele os encontra, não obstante, totalmente transformado em muitos de seus detalhes” (KUHN, 2013, p. 214). A história da química fornece exemplos que corroboraram tais afirmações.

Lavoisier viu oxigênio onde Priestley viu ar desflogotizado e outros não viram absolutamente nada. Contudo, ao aprender a ver o oxigênio, Lavoisier teve também que modificar sua concepção a respeito de muitas substâncias familiares. [...] devido à descoberta do oxigênio, Lavoisier passou a ver a natureza de maneira diferente. [...] após ter descoberto o oxigênio, Lavoisier passou a trabalhar em um mundo diferente (KUHN, 2013, p. 210).

Nesse sentido, há uma alteração na forma visual, e os componentes são vistos de uma nova maneira. Muitas medições e manipulações antigas tornam-se irrelevantes e são substituídas por outras. Há assim, a possibilidade de solução de um problema que antes parecia obscuro. Segundo Kuhn, o cientista passa então a selecionar as manifestações ocorridas no laboratório que são relevantes para a justaposição de um paradigma com a experiência imediata.

O novo paradigma, entretanto, não estaria mais próximo da “verdade”. Ele seria melhor na “resolução de quebra-cabeças nos contextos frequentemente diferentes aos quais são aplicados”. (KUHN, 2013, p. 318). É nesse sentido que Kuhn acredita no progresso científico dentro de um paradigma.

Ouvimos frequentemente dizer que teorias sucessivas se desenvolvem sempre mais perto da verdade ou se aproximam mais e mais desta. Aparentemente, generalizações desse tipo referem-se não às soluções de quebra-cabeças, ou previsões concretas derivadas de uma teoria, mas antes à sua ontologia, isto é, ao ajuste entre as entidades com as quais a teoria povoa a natureza e o que ‘está realmente aí’. [...] Parece-me que não existe maneira de reconstruir expressões como ‘realmente aí’ sem auxílio de uma teoria; a noção de um ajuste entre a ontologia de uma teoria e sua contrapartida ‘real’ na natureza parece-me ilusória por princípio (KUHN, 2013, p. 319, grifo do autor).

O progresso científico estaria então relacionado com o período de Ciência normal. A comunidade científica seria um instrumento eficiente para resolver problemas, e sua resolução deveria levar ao progresso. Quanto ao período da Ciência extraordinária, a noção de progresso estaria relacionada com a vitória do grupo defensor de um determinado paradigma. Como bem salienta Kuhn

ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Alguma vez o grupo vencedor afirmará que o resultado de sua vitória não corresponde a um progresso autêntico? Isso equivaleria a admitir que o grupo vencedor estava errado e seus oponentes certos. Pelo menos para a facção vitoriosa, o resultado de uma revolução deve ser o progresso. (KUHN, 2013, p. 269).

Seriam os fatores externos ao fazer científico que imporiam a ideia de progresso na transição de um paradigma a outro. De acordo com Oliveira e Condé (2002), o conhecimento científico seria a propriedade comum de um grupo.

Sua noção de paradigma como algo que circunscreve o que o cientista observa e problematiza, e a consideração de que diferentes paradigmas científicos são incomparáveis ('incomensuráveis') teria fomentado uma abordagem sócio-construtivista das Ciências, que procura compreender a prática e o desenvolvimento científico como equivalente ao de qualquer outra instituição social, isto é, como fruto de negociações e acordos entre grupos (OLIVEIRA; CONDÉ, 2002, p. 2).

Dessa forma, a Ciência não é mais entendida apenas como um constructo de argumentos conceituais e lógicos, mas passa a ser uma construção social. Os fatores determinantes na construção do conhecimento científico não são neutros, desprovidos de interesse. Entretanto, conforme salientam Oliveira e Condé (2002), isso não significa que os fatos sejam inteiramente construídos a partir de fatores externos à Ciência, como interesses e forças sociais. Estes exercem grande influência no empreendimento científico, mas sendo esta entendida como uma prática de resolução de quebra-cabeças, há que se considerar as resistências naturais àqueles fatores. Assim, o progresso não é mais visto como um dado objetivo, mas se torna algo relativo, um valor que depende do contexto em que está inserido.

Nesse sentido, o estudo de textos históricos permite compreender a epistemologia das Ciências por meio do entendimento da mentalidade da época. O aluno pode ser levado a compreender quão complexa e dinâmica é a Ciência, e como ela é influenciada tanto por fatores internos quanto externos, levando em consideração as continuidades e rupturas do desenvolvimento científico. Assim, o Ensino de Química deve levar o aluno a compreender a Ciência tal como ela era vista no passado, buscando "contextualizar o conhecimento científico, valorizando o processo de construção deste conhecimento" (SAITO, 2013, p. 190).

Caráter social do desenvolvimento científico

A Filosofia da Ciência de viés positivista, especialmente aquela desenvolvida durante o Círculo de Viena, procurava fazer uma distinção entre dois contextos essenciais da gênese de uma teoria científica: o da descoberta e o da justificativa. Segundo Miguel e Videira (2011), essa distinção contextual foi cunhada pelo filósofo alemão, Hans Reichenbach (1891-1953), em 1938, e pretendia expressar a diferença entre o modo que o pensador encontra seu teorema e o modo como o apresenta ao público.

Uma teoria seria então concebida em duas etapas distintas, o momento da descoberta e o da justificativa. De acordo com Hoyningen-Heune (1987), a análise do contexto da descoberta procura desvelar o modo como a teoria foi concebida, levando-se em consideração fatores históricos, sociais e psicológicos que estariam relacionados com o

desenvolvimento da mesma. Esta seria uma etapa eminentemente empírica, não estando sujeita a nenhum princípio lógico. A ação da imaginação e da criatividade seriam aspectos factuais da gênese de uma teoria.

No que concerne ao contexto da justificativa, o que está em questão são “os enunciados e os aspectos normativos de verificação e aceitação do valor de verdade de uma teoria, a reconstrução lógica desta e o exame de sua adequação em relação às evidências empíricas”. (MIGUEL; VIDEIRA, 2011, p. 34). Esta seria a etapa relegada aos filósofos da Ciência, que deveriam justificar uma teoria por meio de uma construção racional.

Justamente pela existência de fatores não-rationais no ato de descoberta de uma teoria, é que os empiristas lógicos desconsideraram o contexto da descoberta, relegando a ela um papel secundário. Para aqueles, segundo Silva (2009), a verdade científica seria composta inicialmente de uma avaliação lógica para o alcance do significado, e posteriormente, de uma verificação empírica, determinando assim, o que há de mais importante e relevante a ser compreendido e dito sobre a Ciência. A Filosofia da Ciência nada teria a aprender com a história, a sociologia e a psicologia. Estas é que teriam de tomar importantes lições da Filosofia da Ciência.

No entanto, quando o foco de atenção dos estudiosos começou a se voltar para as condições reais da atividade de produção do conhecimento científico, o caráter idealizado da Filosofia da Ciência pareceu se chocar com o que os cientistas realmente faziam. De acordo com Silva (2009), durante a década de 1920, a influência exercida pela história e sociologia da Ciência tornou-se cada vez mais notória, e Karl Mannheim (1893 – 1947) foi um dos responsáveis por lançar essa nova tendência a respeito das questões do conhecimento humano.

[...] Mannheim defende que o conhecimento, sobretudo o conhecimento científico, está indissociavelmente ligado ao processo social mais amplo, revelando assim a relação entre o conhecimento e a sociedade. [...] A sociologia do conhecimento de Mannheim estaria mais preocupada com a reconstrução histórica processual e relacional do conhecimento, com a epistemologia e com a metafísica subjacentes. Grosso modo, a proposta de Mannheim era considerar todo um sem-número de processos relacionais interligados ao conhecimento. (SILVA, 2009, p. 61).

Para Mannheim não deveria haver a distinção entre o contexto da descoberta e o da justificativa, opondo-se às concepções dos neopositivistas. A então Sociologia do Conhecimento de Mannheim pretendia unificar diferentes princípios para constituir a base de análise dos problemas que vinham sendo encontrados pela diferenciação. Contudo, segundo Silva (2009), o autor não deixa claro como realizar tal indistinção, sendo duramente criticado por tal atitude, gerando então, um período de abandono de suas teorias unificadoras.

Ainda conforme Silva (2009), surge nesse período uma outra vertente sociológica, tendo como representante o americano Robert Merton (1910 – 2003). Essa nova sociologia ancorar-se-ia na distinção entre os diferentes contextos, sendo que a relação entre sociedade e produção de conhecimento ficaria a cargo das análises ditas “externas”. Esta seria uma sociologia mais cientificista, orientada pelas tendências neopositivistas, configurando o que viria a chamar-se “Querela Internalismo versus Externalismo”.

A corrente internalista pressupõe que a Ciência seja autônoma, neutra e com uma dinâmica própria, não sendo influenciada pela sociedade de seu tempo. A reconstrução histórica nessa perspectiva deve ser racional, omitindo tudo que não diga respeito à própria

ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Ciência. Já a perspectiva dita externalista acerca da História da Ciência, interessa-se pelos fatores não-intelectuais, sejam eles econômicos, políticos, sociais, e até mesmo religiosos presentes no desenvolvimento científico. Considera a Ciência como sendo uma atividade humana, repleta de subjetividade e que é influenciada pelo contexto em que se desenvolve, sendo, portanto, necessária uma análise social da prática científica. Segundo Oliveira e Silva (2011), esta abordagem histórica sofreu grande resistência dos praticantes da história interna, que consideraram a história externa como uma ameaça à objetividade e racionalidade da Ciência.

Para Silva (2010), já na década de 1960, os trabalhos de Thomas Kuhn colocariam em xeque a diferenciação da querela “Internalismo versus Extenalismo”. Para Kuhn, os fatores externos estariam indissociavelmente atrelados às questões do desenvolvimento científico, e embora ambas as abordagens tivessem relativa autonomia, seriam complementares no processo de produção de conhecimento. A concentração nos fatores externos do fazer científico diria respeito ao período de Ciência extraordinária quando ocorreriam as negociações sociais da comunidade científica. Em oposição, no período de Ciência normal, o desenvolvimento histórico poderia concentrar-se nas questões teóricas, internas da Ciência, durante o momento de dominação de um paradigma. Kuhn pôde então, estabelecer uma narrativa plural no que se refere tanto aos aspectos mais amplos do contexto quanto aos aspectos ditos internos. “Kuhn reuniu as histórias internas e externas da Ciência, que no passado estiveram muito separadas”. (SILVA, 2010, p. 58).

É com base no ponto de vista de que os contextos se sobrepõem, que os defensores de sua indistinção argumentam que seria um erro supor que a descoberta não faz parte da construção científica. Conforme afirmam Raicik e Peduzzi (2013), tanto o contexto da descoberta quanto o da justificativa podem ser analisados sob uma mesma perspectiva. Não há como distinguir temporalmente os dois contextos e, segundo Hoyningen-Huene (1987), a História da Ciência fornece exemplos contundentes de que não há um recorte temporal claro que os diferencie.

De acordo com Raicik e Peduzzi (2014), o contexto histórico permite avaliar o processo científico, os elementos subjetivos, econômicos, culturais e filosóficos que estão presentes neste meio e influenciam os trabalhos desenvolvidos. Um ensino que esteja preocupado em discutir sobre a Ciência pode levar em consideração tanto os fatores internos quanto os fatores externos do fazer científico, sendo por isso, inadequada a distinção entre o processo e o resultado científico. Nesse sentido, episódios da História da Ciência permitem “examinar a Ciência como uma atividade passível de subjetividade e possibilitam compreender a incoerência da separação entre o contexto da descoberta e da justificativa na análise do desenvolvimento da Ciência”. (RAIČIK; PEDUZZI, 2014, p. 30).

A História da Ciência proporciona ao epistemólogo elementos concretos sobre os quais ele pode refletir. De acordo com Martins (2000, p. 53), “uma epistemologia normativa que propusesse uma caracterização de Ciência totalmente incompatível com tudo o que já se fez até hoje na prática científica seria inadequada”. Aspectos descritivos da Ciência do passado permitem validar o empreendimento científico e conhecer de modo mais incisivo os fatores que estão diretamente envolvidos no seu processo de desenvolvimento. A investigação histórica do desenvolvimento da Ciência é necessária não apenas pelo fato de que permite a compreensão daquilo que existe no presente, mas também pelo fato de que apresenta novas possibilidades.

Sabe-se, no entanto, que a história deve ser fabricada, não sendo simplesmente apresentada aos olhos do historiador. Sendo assim, como ressalta Matthews (1995), a objetividade na História da Ciência é, num certo nível, impossível. A própria reconstrução histórica sofre influência da epistemologia, do tipo de Ciência que o historiador pensa estar trazendo à tona. Todo historiador, segundo Laudan (1977), assume pressupostos em relação às características da Ciência. Ele pode, por exemplo, decidir o quanto de importância dar a discussões de experimentos de cientistas, suas teorias, suas notas de estudos etc. O historiador da Ciência é guiado pelos seus pressupostos em relação ao que

é mais importante no fazer científico. É fundamental lembrar que o papel do historiador é o de explicar o motivo pelo qual teorias e experimentos foram aceitos, rejeitados ou modificados no passado.

Por meio da História da Ciência, é possível evidenciar que o conhecimento científico é sempre perspectivo, dependente do contexto em que se encontra, não havendo, portanto, a possibilidade da Ciência alcançar o objetivismo e a universalidade que almeja.

Na defesa do conhecimento científico, são geralmente alegadas supostas virtudes suas tais como a objetividade, a validade universal e a independência de preconceitos, ao passo que a crítica apela para limitações e compromissos que seriam detectáveis no conhecimento científico, por exemplo, a sua incapacidade de refletir os aspectos emotivos da experiência humana ou a sua convivência com os poderes (econômicos e políticos) de que depende a atividade científica. (CUPANI, 2004, p.13).

Dessa maneira, a Ciência e suas realizações estariam atreladas à época em que foram construídas, e o contexto teria papel fundamental na definição de sua natureza. É nesse sentido que a História da Ciência se faz tão importante na compreensão do que de fato vem a ser o fazer científico e sua dinamicidade.

3 ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE QUÍMICA

As pesquisas em Ensino de Química são capazes de contribuir para que os alunos compreendam que a Ciência é um processo constante de mudanças na forma de pensar, e que a verdade não é algo a ser alcançado. Os alunos podem compreender que não há um critério externo que permita verificar a certeza a respeito de algum posicionamento, apenas o reconhecimento de que não há como chegar a verdades e certezas, apenas a teorias, dignas somente de aceitação provisória.

A Ciência, sendo uma construção humana, emerge de problemas que se encontram em um contexto mais amplo, e sendo assim, há uma forte influência da sociedade nos rumos que ela poderá tomar. Como salientam Lederman et al. (2002, p. 501, tradução nossa), “a Ciência afeta e é afetada pelos vários elementos e esferas intelectuais da cultura na qual está imersa”. O conhecimento científico surge das relações de complementaridade e oposição existentes entre a razão, a experiência, a imaginação e a verificação. Esse conhecimento não pode, de modo algum, ser dissociado da vida humana e das relações sociais. Assim, o professor de Ciências deve mostrar ao aluno que a Ciência desenvolvida em laboratórios não está alheia aos problemas sociais, econômicos e políticos, e que, na maioria das vezes, é influenciada por estes fatores.

No entanto, a visão ainda predominante no Ensino de Ciências é aquela na qual o conhecimento científico aparece como obra de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo. Segundo Cachapuz et al. (2011), este tipo de deformação contempla a atividade científica como algo simples, próximo do sentido comum. Não se realizam esforços para mostrar o seu caráter coletivo, que exige a integração de diferentes classes de conhecimentos, dificilmente assumidos por uma única pessoa. Acredita-se que os resultados obtidos por um só cientista bastam para a criação de uma teoria, e esquece-se que toda investigação responde a problemas, os quais, com frequência, têm uma vinculação direta com as necessidades humanas.

ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Não se trata, no entanto, da substituição dos conteúdos da Ciência pela NdC, e muito menos se deseja que os alunos saibam resolver controvérsias entre diferentes correntes filosóficas ou identificar qual história é verdadeira ou falsa por meio da historiografia. O que se espera é que os alunos:

Considerem o fato de que há perguntas a serem feitas e que comecem a refletir não somente sobre as respostas para estas perguntas, mas, sobretudo, sobre quais respostas válidas e que tipos de evidências poderiam sustentar tais respostas. (MATTHEWS, 1995, p. 168).

Assim, o Ensino de Química pode ser um processo flexível e multidirecional de pensar e aprender, que envolva experiências de aprendizagem baseadas em investigações que aproximem os estudantes das verdadeiras práticas científicas. Desse modo, compreender a NdC permite que os alunos adquiram visões mais adequadas sobre a prática científica, além de impactar positivamente as atitudes e interesses dos alunos frente à Ciência (HENKE; HÖTTECKE, 2015).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Ensino de Química pode possibilitar a compreensão do que é e como ocorre a construção do conhecimento científico. Abordar a diversidade de perspectivas e a relatividade das teorias, juntamente com a existência de interpretações múltiplas de toda informação pode auxiliar aos alunos a compreenderem melhor esse processo de construção. No entanto, essa mudança de perspectiva em relação à Ciência, tanto por parte dos alunos como também dos professores, envolve, naturalmente, compreender a NdC.

Os aspectos apresentados como sendo consensuais a respeito da NdC oferecem possibilidades para que uma visão menos ingênua e mais coerente com a prática científica seja transmitida aos alunos. Tais aspectos, quando estudados em sala de aula, permitem que uma visão mais autêntica do fazer científico possa ser construída.

O nível de profundidade com que os tópicos podem ser tratados dependerá do grau escolar trabalhado, bem como de conhecimentos prévios dos alunos. Nesse sentido, à medida que os alunos ganharem maior compreensão desses aspectos, as divergências poderão ser mais bem discutidas, de modo a permitir que, com o passar do tempo, possam adotar um posicionamento próprio a respeito da NdC. Com isso, espera-se que os estudantes possam ter uma educação científica que lhes permita dar sentido ao mundo, interpretando-o e compreendendo-o de maneira crítica e autônoma.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALIC, Fouad. Examining the sources for our understanding about science: enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 3, p. 353-374, 2012.

BELTRAN, Maria Helena Roxo; SAITO, Fumikazu; TRINDADE, Laís dos Santos Pinto. *História da Ciência para a formação de professores*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

CACHAPUZ, António. et al. *A necessária renovação do ensino das Ciências*. 2 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CHALMERS, Alan F. *O que é Ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.

CUPANI, Alberto. A Ciência como conhecimento 'situado'. In: MARTINS, Roberto de Andrade et al. (Orgs.) **Filosofia e História da Ciência no Cone Sul: 3º Encontro**. Campinas: AFHIC, 2004, p.12-22.

CUSTÓDIO, José Francisco; CRUZ, Frederico Firmo de Souza Cruz; PIETROCOLA, Maurício. Explicações científicas, explicações escolares e entendimento. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p.179-204, 2011.

EFLIN, Juli T.; GLENNAN, Stuart; REISCH, George. The nature of science: a perspective from the philosophy of science. **Journal of research in science the teaching**, v. 36, n. 1, p. 107-116, 1999.

FEYERABEND, Paul. **Contra o método**. 3 ed. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da Ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FOUREZ, Gérard. **A construção das Ciências**: introdução à filosofia e à ética das Ciências. São Paulo: Editora UNESP, 1995.

GIL-PÉREZ, Daniel. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

HENKE, Andreas; HÖTTECKE, Dietmar. Physics teachers' challenges in using history and philosophy of Science in teaching. **Science and Education**, v. 24, p. 349-385, 2015.

HOYNINGEN-HUENE, Paul. Context of discovery and context of justification. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 18, n. 4, p. 501-515, 1987.

IRZIK, Gürol; NOLA, Robert. A family resemblance approach to the nature of science for science education. **Science and Education**, v. 20, p. 591-607, 2011.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. 12 ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LAUDAN, Larry. **Progress and its problems**: towards a theory of scientific growth. Berkeley: University of California Press, 1977.

LEDERMAN, Norm G.; ABD-EL-KHALICK, Fouad; BELL, Randy L.; SCHWARTZ, Renée S. Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assesment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n.6, p. 497-521, 2002.

MARTINS, Roberto de Andrade. Que tipo de história da ciência esperamos ter nas próximas décadas? **Episteme. Filosofia e História das Ciências em Revista**, Porto Alegre, v. 10, p. 39-56, 2000.

MATTHEWS, Michael. História, filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

McCAIN, Kevin. Explanation and the nature of scientific knowledge. **Science and Education**, v. 24, p. 827-854, 2015.

McCOMAS, William; ALMAZROA, Hiya; CLOUGH, Michael. The nature of science in science education: an introduction. **Science and Education**, v. 7, p. 511-532, 1998.

MIGUEL, Leonardo Rogério; VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. A distinção entre os "contextos" da descoberta e da justificativa à luz da interação entre a unidade da Ciência e a integridade do cientista: o exemplo de William Wherrel. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 4, n. 1, p-33-48, 2011.

MOURA, Breno A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a história e filosofia da Ciência. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

ASPECTOS CONSENSUAIS DA NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

OLIVEIRA, Bernardo Jefferson de; CONDÉ, Mauro Lúcio Leitão. Thomas Kuhn e a nova historiografia da Ciência. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 1-11, 2002.

OLIVEIRA, Rilavia Almeida de; SILVA, Ana Paula Bispo da. A História da Ciência no ensino: diferentes enfoques e suas implicações na compreensão da Ciência. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 2011, Campinas. **Atas ...** Campinas, SP: ABRAPEC, 2011.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Sobre continuidades e descontinuidades no conhecimento científico: uma discussão centrada na perspectiva kuhniana. In: SILVA, Cibele Celestino. (Org.). **Estudos de história e filosofia das Ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 59-83.

PESSOA JÚNIOR, Osvaldo. Uma teoria causal-pluralista da observação. In: DUTRA, Luiz Henrique de Araújo; LUZ, Alexandre Meyer. (Orgs.) **Temas de filosofia do conhecimento**. Florianópolis: NEL/UFSC, v. 11, Coleção Rumos da Epistemologia. p. 368–381, 2011.

PRAIA, João Felix; CACHAPUZ, Antonio Francisco Carrelhas; GIL-PÉREZ, Daniel. Problema, teoria e observação em Ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em Ciência. **Ciência e Educação**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 127-145, 2002.

RAICIK, Anabel Cardoso; PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadros. Uma discussão sobre os contextos da descoberta e da justificativa nos estudos de Du Fay. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 2013, Águas de Lindóia. **Atas...** Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013.

RAICIK, Anabel Cardoso; PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadros. O contexto da descoberta e o contexto da justificativa em sala de aula. In: Conferencia latinoamericana del international, history and philosophy of science teaching group IHPST, 3. 2014, Santiago do Chile. **Comunicação oral...** Santiago do Chile: IHPST, 2014. p. 23-33.

SAITO, Fumikazu. “Continuidade” e “descontinuidade”: o processo da construção do conhecimento científico na História da Ciência. **Revista da FAEBA – Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 22, n. 39, p. 183-194, 2013.

SILVA, Francismary Alves da. Descoberta versus justificativa: a sociologia e a filosofia do conhecimento científico na primeira metade do século XX. **Revista de Teoria da História**, Goiânia, ano 1, n. 2, p. 52-67, 2009.

SILVA, Francismary Alves da. **Historiografia da revolução científica**: Alexandre Koyré, Thomas Kuhn e Steven Shapin. 2010. 162 f. Dissertação (Mestrado em História) – Departamento de História, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

TALA, Suvi; VESTERINEN, Veli-Matti. Nature of Science contextualized: studying nature of Science with scientists. **Science & Education**, v. 24, p. 435-457, 2015.

VIDEIRA, Antonio Augusto P. Breves considerações sobre a natureza do método científico. In: SILVA, Cibele Celestino. (Org.). **Estudos de história e filosofia das Ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 23-40.

WONG, Siu Ling; HODSON, Derek. From the horse’s mouth: what scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. **Science education**, v. 93, n. 1, p. 109-130, 2008.

WONG, Siu Ling; HODSON, Derek. More from the horses’s mouth: what scientists say about science as a social practice. **Journal of Science Education**, v. 32, n. 11, p. 1.431-1.463, 2010.

WOODCOCK, Brian A. “The scientific method” as myth and ideal. **Science and Education**, v. 23, p. 2.069-2.093, 2014.