



Crítica à experimentação tradicional e a importância do erro no processo de ensino e aprendizagem de ciências

Matheus A. B. Zytkeuwisz¹, Amadeu M. Bego¹

¹ Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Araraquara

RESUMO

O presente trabalho teórico tem como temática geral a experimentação e como temática específica a psicanálise do erro no ensino de química. O trabalho visa trazer uma reflexão acerca da maneira que a química é ensinada, bem como ilustrar as visões deformadas que geralmente surgem por consequência do planejamento inadequado das atividades experimentais. As visões deformadas então são relacionadas aos obstáculos epistemológicos de Bachelard e são ilustradas situações em que os tais obstáculos podem ocorrer durante uma atividade experimental. É relatada a importância da ocorrência do erro como elemento fulcral da construção do conhecimento e a metodologia investigativa de ensino é proposta para conciliar o processo de retificação de erros com as atividades experimentais de maneira a proporcionar ao aluno uma visão mais adequada de ciência.

Palavras-chave: experimentação, erro, Bachelard.

ABSTRACT

The paper herein presented has as broad subject practical work on chemistry teaching, specifically the employment of error psychoanalysis. This work intends a reflection about the way chemistry is taught and enlighten how the formation of deformed views of science is promoted by the inadequate planning of experimental activities. We illustrate how deformed views can be related with Bachelard's epistemological obstacles, and situations where those obstacles might take place are unveiled. We evince error as cornerstone of the construction of knowledge, and inquiry-based methodologies are proposed as the primary choice to reconcile the error rectification process along the experimental activities.

Keywords: experimental activities; error; Bachelard.

1. Introdução

A pesquisa em Ensino de Ciências vem revelando crescente preocupação com a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Dentre as diversas estratégias didáticas investigadas, vários trabalhos (GIORDAN, 1999; HODSON, 1994) apontam a importância da investigação do papel da experimentação no contexto didático e as características que definem uma atividade experimental.

De acordo com Barberá e Valdés (1996), as atividades experimentais têm sido consideradas de extrema importância para o ensino de ciências. Tal importância encontra-se baseada, geralmente, em pressupostos atribuídos à atividade experimental: ela é capaz de gerar interesse nos alunos (HODSON, 2005); auxilia na compreensão de fenômenos, bem como podem promover o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e a criatividade do aluno; desenvolve habilidades práticas (e.g. manipulação de equipamentos de laboratório, aquisição e tratamento de dados experimentais), dentre outros (HOFSTEIN; LUNETTA, 1982). No contexto do ensino de química, a atividade experimental possui um caráter supostamente ainda mais relevante, por conta da sua natureza experimental (FLORES; SAHELICES; MOREIRA, 2009).

No entanto, diversas pesquisas revelam que os pressupostos supracitados não são congruentes com o que se é observado na prática. Em verdade, a aprendizagem dos alunos em aulas teóricas não têm sido muito distante da que se obtém com atividades experimentais. De acordo com a literatura (HOFSTEIN; LUNETTA, 1982; HODSON, 2005), alguns dos fatores que contribuem para esse comportamento são, por exemplo, o fato de que os objetivos didáticos das atividades experimentais raramente são bem definidos ou delimitados, bem como estas também carecem de fundamentação em quaisquer perspectivas metodológicas para o ensino de ciências. Com efeito, em grande parte dos casos, as atividades experimentais são concebidas a partir de concepções espontâneas de professores acerca do papel da experimentação, fazendo com que a atividade experimental para o ensino de ciências seja, amiúde, mal-empregada.

No contexto da temática da experimentação no ensino de química, o objetivo deste trabalho é a produção de uma crítica sobre a maneira com que as atividades experimentais vêm sendo tradicionalmente desenvolvidas, e como que elas geralmente proporcionam a formação de visões deformadas de ciência nos alunos. São, então, propostas correlações entre os obstáculos epistemológicos teorizados por Bachelard e a ocorrência destas visões deformadas. Em especial, discute-se a questão que circunscreve a visão exata e infalível de ciência com a relevância da retificação de erros no processo dialético de construção do conhecimento pelo espírito científico, bem como a proposição de atividades investigativas que possam usufruir da ocorrência do erro de maneira benéfica, de maneira a confrontar a formação de tais visões deformadas.

2. Visões deformadas de ciência e sua influência na aprendizagem dos alunos

Conforme apontam Gil Pérez e colaboradores (2001), a maneira com que as atividades experimentais são concebidas e conduzidas finda por promover a formação de visões deformadas de ciência nos estudantes. De acordo com os autores, uma das visões deformadas que aparece com mais frequência no laboratório didático é a visão ateórica e empírico-indutivista. Essa visão é caracterizada pela presunção da neutralidade do processo de observação de fenômenos que seria efetivamente isento da influência dos conhecimentos precedentes dos alunos, assim como de fatores motivacionais e afetivos. A observação seria alienada do observador. Dessa forma, por intermédio da observação, inócua e pura, o aluno poderia obter o conhecimento real, utilizando-se apenas de sua percepção e capacidade de realizar boas sínteses acerca dos fenômenos observados.

Outra concepção espontânea frequentemente observada na realização de atividades experimentais é a concepção de que existe um “método científico” bem definido e infalível (GIL-PÉREZ et al., 2001). Para a grande maioria das aulas de

laboratório, os alunos trazem consigo um roteiro. Este é geralmente composto de um conjunto de etapas que o aluno executa mecanicamente. Não há espaço para dúvidas ou objeções. A tarefa do discente é meramente executar os passos descritos com perfeição, e o grau de perfeição revelaria o quanto o aluno aprendeu. Os alunos são privados de suas habilidades criativas, e não podem se desprender do caminho sugerido no roteiro, salvo em raras ocasiões em que o aluno é incumbido de investigar um problema proposto na atividade experimental, como ocorre, por exemplo, em atividades experimentais investigativas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Em alguns casos, os roteiros possuem explicitado em seu corpo qual seria o resultado correto a se observar, com a intenção de coarctar ao máximo a ocorrência de erros e ambiguidades com respeito ao desenvolvimento da atividade experimental. A preocupação com a eliminação de possíveis erros que podem ocorrer é quase obsessiva, como se esse fosse algo alheio e distante do processo científico de construção do conhecimento. Esse esmero exacerbado com a criação de uma rotina “perfeita”, “correta” de laboratório, pode imprimir, lenta e reiteradamente, uma visão de infalibilidade da natureza da atividade científica na mente do aluno quando, em verdade, esta é frequentemente incerta, intuitiva e, acima de tudo, pode falhar (GIL PÉREZ *et al.*, 2001). Ainda, é possível destacar a característica indutivista que subjaz esses roteiros experimentais. Há grande ênfase no acúmulo de observações e anotações de dados empíricos por parte dos alunos, como se o mero acúmulo de observações fosse equivalente ao aprendizado dos assuntos estudados. Esse processo também pode gerar no aluno outra visão deformada de ciência: a de que o conhecimento científico é linear e acumulativo. Visão que inevitavelmente gera uma concepção simplista e equivocada sobre a maneira com que o conhecimento científico é construído. Este, efetivamente, é fruto de um processo incessante de formulação, debate e confronto de hipóteses, no qual ideias e conceitos podem vir a ser, ao longo do tempo, substituídos por propostas novas mais abrangentes (GIL PÉREZ *et al.*, 2001). Nesse processo dialético de construção do conhecimento científico, a ocorrência do erro é fator fulcral para o desenvolvimento e construção de saberes científicos.

3. A importância do erro no processo de ensino e aprendizagem e os obstáculos epistemológicos presentes nos roteiros experimentais

Em um importante trabalho, Allchin (2012) coloca que, se o objetivo da atividade didática é ensinar “como a ciência funciona”, é de igual relevância ensinar aos alunos o processo reverso, ou seja, como a ciência não funciona. A ocorrência do erro proporciona um momento peculiar para ensinar a natureza da atividade científica, em especial seu caráter tentativo, promovendo uma quebra com o paradigma instaurado pela visão deformada de ciência inequívoca e perfeita.

Há de ser rompida também a ideia que é transmitida ambientalmente ao aluno, em seus contextos alheios ao da escola, de que o erro é sinônimo de “falha” ou “fracasso”, e deve ser evitado sempre que possível.

O erro, quando adequada e pedagogicamente inserido no contexto de ensino e aprendizagem em laboratório, atua de forma a abstrair do aluno a *presunção da previsibilidade* que é típica dos roteiros experimentais citados anteriormente, que trazem tudo excessivamente detalhado e explicado. A postura do aluno, que até então era confortável e passiva psicologicamente, muda para uma posição ativa e crítica acerca do experimento desenvolvido, pois o suposto regime linear da atividade experimental é rompido. A incerteza em relação ao sucesso do experimento gera uma cumplicidade entre o aluno e a atividade, mantendo-o comprometido com seu

desenvolvimento pleno e consciente (GIORDAN, 1999). Em verdade, a ocasião do erro proporciona uma oportunidade diferenciada para o vislumbre de *insights* e novas ideias. O erro quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina muito mais do que aulas expositivas (CARVALHO, 2014). Essa ruptura com a visão deformada é indispensável na formação do futuro cientista, para que este seja capaz de fazer juízo de suas atividades e de outrem, bem como ser capaz de formular e confrontar hipóteses e, assim, construir o conhecimento científico.

Em a “Formação do Espírito Científico”, Bachelard (1996) comenta sobre os obstáculos epistemológicos que permeiam tanto o ambiente científico quanto o ambiente de ensino e aprendizagem das ciências. Um obstáculo que ocorre frequentemente no contexto experimental do ensino de química é a “Experiência Primeira”. Esta, segundo o filósofo, é marcada pelo espanto, pelo pitoresco, e costuma não se desvencilhar de o senso comum. As primeiras atividades experimentais de química que um aluno da graduação encontra não fogem desse aspecto. Tomemos como exemplo uma reação bem simples, que muito provavelmente consta no *corpus* de alguma disciplina experimental do primeiro ano do curso de química: a oxidação do magnésio metálico sob aquecimento. O aluno o aquece, até o ponto de rubor, e observa o seu comportamento. Depois da exposição à chama do Bico de Bunsen por determinado tempo, há o aparecimento de uma chama branca, de luminosidade intensa, junto com a evolução de um fumo espesso e aveludado. Essa experiência costuma impressionar os alunos, gerando muitos comentários e burburinho durante a execução da atividade. Mas, quando lhes é perguntado acerca das explicações em nível submicroscópico da reação química, poucos costumam responder ou pesquisar na literatura por explicações. Quiçá saberão o porquê de a chama possuir coloração branca. Dessa forma, os estudantes, no geral, atêm-se meramente à observação e a um certo “encantamento” a despeito de um processo sistemático de investigação fundamentado teoricamente.

O processo de substancialização também é influente. Utilizando o mesmo exemplo do magnésio, é pedido que os alunos façam uma descrição do aspecto físico do metal. A frase “o magnésio é prateado” ocorre com frequência. Acerca do obstáculo substancialista, Bachelard (1996) fala da *imagem imediata*, a qual é incompleta e isolada, representando apenas uma parte do fenômeno. No entanto, o *espírito pré-científico* se incumbe de substancializar a imagem imediata, e a resposta substancializada cessa toda e qualquer busca pela erudição e abstrações mais profundas acerca do objeto de estudo. O espírito ingênuo e inexperiente do químico em formação, ao observar a fita metálica de magnésio, rapidamente busca simplificar a resolução do problema proposto; este processo, em verdade, resolverá um falso problema (alegando a cor prateada ao metal), e a resposta simples, priva o espírito de adentrar em uma discussão qualitativa mais profunda e, por consequência, cientificamente mais adequada acerca das propriedades da ligação metálica e sua interação com a luz visível que resulta nas características típicas dos metais.

4. O papel do erro na atividade experimental e a abordagem do Ensino por Investigação

Bachelard (1996), ao realizar o desfecho da sua obra, desenvolve o conceito de *experiência exigente*; esta, segundo o epistemólogo, seria uma experiência qualquer que “falha”. A experiência quando é mal concebida, ou quando não passa por retificação, é uma experiência pobre espiritualmente. A experiência que produz o enriquecimento e renovo espiritual é aquela que desafia o espírito científico; ela freia a avalanche

sensorial, marcada pelo espanto e fascínio e sua conseqüente conformidade com a imagem imediata, e traz à tona o ceticismo e a dúvida acerca do experimento realizado. O processo de retificação do erro em uma atividade experimental, então, torna-se sadio e benéfico para o espírito científico.

Esse erro, porém, não se trata de um erro aleatório, incontrolável. Trata-se de um *erro positivo*, um erro útil. A partir da ocorrência dele, é gerado no aluno um questionamento; a partir do questionamento, o aluno obtém um motivo; motivo o qual será responsável por impulsionar o mesmo na busca pela ampliação de seus conhecimentos sobre os fatores que causaram o erro. Ele tira o aluno da inércia espiritual, soterrada embaixo de experimentos ricos em motivações sensoriais e pobres em motivação científica. Promove uma catarse no aluno, ilumina sua visão durante o processo de retificação e eleva seu espírito a um patamar mais elevado. Esse é o propósito da *experiência exigente*: a elevação espiritual do indivíduo, em um processo dialético, não linear e inexato de construção do seu próprio conhecimento.

A maneira com que uma atividade experimental investigativa (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011) se desenvolve pode fornecer um suporte interessante para um processo de retificação de erros. No contexto do *experimento exigente*, temos o erro desenvolvendo um papel fundamental na construção do conhecimento científico. Em verdade, a ocorrência deste proporciona momento distinto para que ocorra uma reflexão crítica e meticulosa pelo aluno, bem como auxilia no rompimento com a concepção negativa de erro que é cotidiana, frequentemente associado ao fracasso ou incapacidade, seguido de medidas de coerção e punição, de maneira que se deve evita-lo sempre que possível.

Esse erro, porém, como já comentado anteriormente, quando é inserido no contexto didático, remove do aluno a presunção da previsibilidade, pois não haveria mais a suposta segurança que existia com o resultado final do experimento. O romper com o comportamento supostamente linear da atividade gera no aluno uma necessidade de circunscrever melhor o fenômeno, e a incerteza cria um laço de cumplicidade do aluno com a atividade experimental, auxiliando a manter o aluno comprometido com seu próprio desenvolvimento e o desenvolvimento da atividade (GIORDAN, 1999).

A atividade investigativa trabalha diversas habilidades dos alunos (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011) e pode levá-los a um estado autônomo de aprendizado. A intriga oriunda de uma situação-problema, para a qual o aluno deve formular uma proposta de resolução, só aumenta quando essa não é capaz de solucionar o problema inicial, e o aluno se torna intimamente entretido com este processo dialético de construção do conhecimento. Desse modo, acordando com os parâmetros estipulados, os alunos podem seguir uma ampla gama de raciocínios e procedimentos diferentes, que podem ser suporte para o debate de perspectivas diferentes entre eles, gerando discussões de elevado valor científico e que potencialmente podem auxiliar na superação da visão deformada da existência de um único “método científico”, e no entendimento de que não existe apenas um modo de fazer ciência (GIL PERÉZ *et al.*, 2001). Ainda, nesse processo, fica patente ao aluno o caráter tentativo e não linear do processo científico de construção do conhecimento, bem como também rompe com a visão exata e infalível de ciência, e o erro, que antes era um elemento a ser evitado, torna-se elemento fulcral na aprendizagem dos conceitos científicos.

5. Considerações finais

Conclui-se que a maneira com que o ensino de ciências e, por conseqüência, o ensino de química é, no geral, desenvolvido promove a formação visões equivocadas de

ciência nos alunos. Essas visões equivocadas têm origem tanto no descaso com a preparação ou fundamentação teórica das aulas teóricas ou experimentais como com as visões de ciência transmitidas a partir de concepções espontâneas do próprio professor. Destacou-se o importante papel que o erro possui na desconstrução dessas visões deformadas na mente dos alunos, assim como a frequente ocorrência de obstáculos epistemológicos que impedem a construção do conhecimento científico pelos alunos de maneira apropriada, bem como a existência de uma importante conexão entre o erro positivo e o obstáculo epistemológico, de forma que quando este é retificado, promove grande desenvolvimento do conhecimento e do espírito científico do aluno. Por fim, discutiu-se como que a metodologia de ensino investigativo é capaz de aliar o processo de retificação de erros com o desenvolvimento de hipóteses e propostas resolutivas, demonstrando potencial na diminuição da influência das visões deformadas nos alunos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da bolsa de mestrado e ao Programa de Pós-Graduação (PPG) em Química do Instituto de Química da Unesp de Araraquara.

Referências

- ALLCHIN, D. Teaching the nature of science through scientific errors. **Science Education**, v.96, n.5, p.904-926, 2012.
- BACHELARD, G. **Formação do Espírito Científico**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, v.14, n.3, p.365-379, 1996.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: _____ (Org.) **Ensino de Ciências por Investigação**. São Paulo: Cengage Learning, 2014. Capítulo 1, p.1-20.
- FLORES, J. MOREIRA, M. A.; SAHELICES, M. C. C. El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral em este complejo ambiente de aprendizaje. **Revista de investigación**, v.33, n.68, p.75-111, 2009.
- GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. F.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p.125-153, 2001.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova Na Escola**, n.10, p.43-49, 1999.
- HODSON, D. Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v.12, n.3, p.299-313, 1994.
- HODSON, D. Teaching and learning chemistry in the laboratory: A critical look at the research. **Educacion Quimica**, v.16, n.1, p.30-38, 2005.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The role of the laboratory in Science teaching: Neglected aspects of research. **Review of Educational Research**, v.52, n.2, p.201-217, 1982.
- ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, v.13, n.03, p.67-80, 2011.