

O MÉTODO INVESTIGATIVO EM AULAS TEÓRICAS DE QUÍMICA ENVOLVENDO A SEPARAÇÃO DE GASES ATMOSFÉRICOS

Ana Cláudia Kasseboehmer
Universidade de São Paulo

Luiz Henrique Ferreira
Universidade Federal de São Carlos

RESUMO: O objetivo deste trabalho é discutir as potencialidades do método investigativo em aulas teóricas de Química. Apresenta-se aqui uma atividade investigativa desenvolvida com estudantes de 1º ano do ensino médio de três escolas brasileiras. O problema foi proposto após o ensino dos conceitos necessários para que os estudantes tivessem condições de elaborar hipóteses, individualmente em uma primeira etapa e coletivamente em etapa posterior. Descrevem-se as respostas produzidas e as possibilidades de aplicação do método investigativo. O desenvolvimento das aulas permitiu criar um ambiente de discussão favorável para que os estudantes argumentassem e conhecessem alguns aspectos da natureza das ciências, além de possibilitar o levantamento de um problema de aprendizagem relacionado à presença de concepções alternativas.

PALAVRAS CHAVE: Método investigativo, Gaston Bachelard, ensino de Química.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é discutir as potencialidades do método investigativo em aulas teóricas de Química a partir de uma atividade, aplicada a estudantes de 1º ano do ensino médio, envolvendo a problematização em torno da possibilidade de separação dos principais gases constituintes do ar atmosférico.

REFERENCIAIS TEÓRICOS

Dentre as estratégias didáticas que partem do princípio de que a educação em ciências transcende o processo de aquisição de conceitos científicos, surgem aquelas que pretendem aproximar o ensino de conceitos da maneira como a ciência é produzida.

Nessa perspectiva, Gaston Bachelard aparece como uma importante referência. Para o filósofo, aprender é um processo que se dá pela reconstrução de um conhecimento anterior mal estabelecido, num processo de superação dos obstáculos à formação do espírito científico. Desta maneira, errar é

muito vantajoso para o sujeito, pois quanto mais profundos e diversos forem os seus erros, mais rica será sua experiência, mais clara será a sua objetividade:

Não existe verdade primeira. Só existem erros primeiros. (...) A experiência é precisamente a lembrança dos erros retificados. O ser puro é o ser que saiu do engano (*Bachelard, 2008, p. 79*).

Os processos de argumentação, de exposição de ideias, de sua defesa ou de seu abandono diante de uma contradição são ricos para a reforma do espírito rumo ao espírito científico de que trata Bachelard (1996) e contribuem para a aprendizagem, pois quando se conhecem conceitos sabe-se discutir, utilizando-os. Além disso, participar de parte das atividades do cientista – pensar em hipóteses, debruçar-se, deixar-se enlevar por um problema científico – pode levar os estudantes a sentirem as mesmas sensações que experimentam os pesquisadores, conforme descritas por Nouvel (2001).

O termo «investigativo» vem sendo amplamente utilizado na literatura. Encontram-se diversas pesquisas sobre a metodologia investigativa em atividades práticas (Hofstein et al., 2005; Zuliani e Hartwig, 2009; Suart et al., 2010; Ferreira, et al., 2010) em que estudantes discutem e propõem procedimentos experimentais para solucionar um problema. Também têm sido desenvolvidos trabalhos envolvendo a formação de professores com foco nesta mesma temática (Windschitl, 2003; Windschitl e Thompson, 2006).

METODOLOGIA

Este trabalho compreende parte de uma tese de doutorado e foi desenvolvido nas turmas de primeiro ano do ensino médio de duas escolas públicas e uma escola particular da cidade de São Carlos/SP/Brasil, totalizando treze salas com uma média de 30 alunos por turma. A tese configurou-se como pesquisa-ação visto que, como explica Thiollent (1998), a participação dos sujeitos foi absolutamente necessária na investigação de um problema não-trivial. Para a pesquisa de doutorado, foram aplicadas seis atividades investigativas ao longo de um ano letivo.

A sistemática de aplicação dos problemas nas escolas foi a seguinte: após o ensino dos conceitos prévios, pelo professor da turma, a atividade investigativa era proposta aos estudantes que deveriam trazer para a aula seguinte hipóteses elaboradas por eles mesmos. Na semana seguinte, após o recolhimento da folha de atividade, realizava-se uma discussão coletiva, na qual se incentivava que os estudantes expusessem suas hipóteses individualmente e ainda, que avaliassem criticamente as ideias dos colegas. Deixava-se claro que a refutação ou a crítica a uma hipótese enriquece o processo de construção e aquisição de conhecimentos e se assemelha à rotina de trabalho dos cientistas, desde que isso seja feito com base em argumentação criteriosa.

Neste trabalho, as escolas públicas serão tratadas por Escola «A» e Escola «B» e a escola particular por Escola «C». A atividade investigativa aqui relatada consistia na elaboração de uma proposta de separação de dois gases constituintes do ar atmosférico. A seguir, constam as informações fornecidas na folha de atividades:

1. Sabe-se que o ar atmosférico é uma mistura de substâncias formada basicamente pelos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), sendo que, aproximadamente, 71% do ar é constituído por gás nitrogênio e 29% por gás oxigênio. Separadamente, cada um destes gases possui diversas aplicações. Por exemplo, o nitrogênio é um precursor importante para a fabricação de fertilizantes, enquanto que o oxigênio é importante para o bom funcionamento de maçaricos.
2. Elabore estratégias para obter os gases nitrogênio e oxigênio em frascos separados a partir do ar atmosférico e proponha, também, procedimentos para verificar a validade da sua proposta. Caso proponha a utilização de algum equipamento, procure descrever o seu funcionamento.

Pistas

1. Pense no diagrama de fases;
2. Pense no diagrama de fases e em uma de suas variáveis;
3. Lembre-se que as substâncias puras possuem características próprias que a diferenciam de outras substâncias, como, por exemplo, o ponto de ebulição.

RESULTADOS

Ressalta-se que a participação dos estudantes era voluntária e que do total de estudantes, 33 devolveram a folha de atividades na etapa individual. As propostas puderam ser divididas em três categorias: a) as estratégias coerentes; b) as estratégias pouco coerentes – que utilizam conceitos científicos, mas não são explicitadas todas as etapas a serem seguidas para que os gases sejam obtidos separadamente; c) estratégia não coerente – uma resposta evasiva. As frequências de cada categoria e alguns exemplos estão no Quadro 1.

Quadro 1.
Categorias, frequência e exemplos das estratégias elaboradas

Categoria	Frequência	Exemplo
a) As estratégias coerentes	22	<i>Podemos colocar um frasco os dois gases e colocar em um frizzer (sic) que a temperatura do frizzer (sic) atinja o ponto de sublimação do nitrogênio assim ele está no estado sólido e o que ficou é o oxigênio que possível ficou no estado líquido, assim podemos separar. Em redes com buracos maiores que uma molécula, mas menor para outras moléculas. Então assim se separa.</i>
b) As estratégias pouco coerentes	8	<i>Primeiro tem que esfriar, e depois aumenta a temperatura para que seja separado; As moléculas são separadas com o aquecimento.</i>
c) Estratégia não coerente	3	Deve haver alguma substância que separa os dois. Eu usaria um processo como a decantação. Mas criaria uma 'tinta pigmento' que daria cor ao nitrogênio e assim conseguiria separá-los.

De acordo com os conceitos que haviam sido trabalhados pelos professores, esperava-se que os estudantes propusessem a separação dos componentes do ar atmosférico pelo princípio da destilação fracionada (Atkins e Jones, 2001). Essa estratégia estava presente na resposta de vários estudantes, mas cabe destacar a dificuldade que eles enfrentaram em lidar com os conceitos. Apesar de ser possível compreender o que propunham, alguns deles pareciam não dominar os termos científicos como «fusão», «ebulição», etc. o que pode ser trabalhado durante a discussão coletiva. No caso da Escola «C», as propostas variaram apenas pelo maior ou menor grau de detalhes nas respostas, mas todos sugeriram a destilação fracionada como solução para o problema.

Como mostrado no Quadro 1, outra estratégia encontrada, mas apenas nas Escolas «A» e «B», foi a da utilização de uma peneira molecular. As chamadas zeólitas (Huth et al., 2012) são estruturas minerais cujo arranjo dos átomos permite que se formem poros regulares que retêm partículas seletivamente a partir de seus tamanhos. Apesar de esse tema não ser tratado no ensino médio, os estudantes possuíam os conceitos necessários para sugerir-lo e na segunda etapa, de socialização das estratégias,

duas situações ocorriam. Quando um estudante sugeria utilizar um filtro ou algo parecido, os colegas desprezavam a proposição por considerarem que isso não seria possível de ser feito com partículas submicroscópicas. Lembrava-se aos estudantes que em uma discussão científica uma hipótese não é certa ou errada, ela pode ser coerente ou não e sua refutação deve ocorrer por meio da apresentação de argumentos e não ridicularizando a proposição de um colega. Por isso, solicitava-se ao aluno que desenvolvesse sua ideia e aos colegas que expusessem argumentos contrários. Coletivamente, a turma chegava à conclusão de que a proposta era coerente e, então, informava-se que o nome do «filtro» era zeólita e que esse é um procedimento muito comum em diversos laboratórios científicos. Feito isso, retomava-se a importância de, ao ser elaborada uma hipótese, procurar validá-la e esforçar-se por convencer os colegas de sua coerência. Ressaltava-se que a história da ciência é rica em exemplos de cientistas que foram desacreditados pelos pares, mas a intuição e a crença no próprio raciocínio, à maneira como explica Nouvel (2001), não os deixavam desistir. Nas turmas em que essa estratégia não surgia naturalmente, indagava-se se seria possível «peneirar o ar». Inicialmente, os estudantes não acreditavam na possibilidade e apenas após a discussão, eles se convenciam da proposta.

Apesar da baixa ocorrência, surgiu a estratégia de colorir as moléculas de uma das substâncias para permitir sua diferenciação e então separação. Essa resposta remete à concepção alternativa de que partículas submicroscópicas podem ser visualizadas, por exemplo, com a utilização de um microscópio avançado (Harrison e Treagust, 1996). Como explicam os autores concepções dessa natureza provêm da baixa compreensão da definição de modelo e das limitações das analogias utilizadas para ensinar as teorias atômicas. Dessa forma, deve ser parte do processo de ensino a discussão sobre modelo, sua natureza e as limitações das analogias que são utilizadas em sua discussão.

Esta estratégia didática oferece, portanto, uma oportunidade de ensinar outros conteúdos além dos conceituais como trabalhar aspectos da natureza das ciências e também desenvolver habilidades cognitivas como apontam Hofstein et al., 2005 e Ferreira, et al., 2010.

Cabe destacar o papel do mediador no desenvolvimento de uma abordagem investigativa como defendem, por exemplo, Suart et al. (2010). Quando estratégias coerentes são propostas, o professor tem a função de conduzir a discussão de modo que os estudantes argumentem e utilizem os conceitos científicos para expressar seus argumentos de maneira elaborada. Ao mesmo tempo, quando concepções equivocadas aparecem, o mediador pode explorar essas ideias e desenvolvê-las de modo a trabalhar o erro e aproveitá-lo para fazer o estudante refletir sobre o que sabe e construir conceitos (Bachelard, 1996).

CONCLUSÕES

A aplicação de atividades investigativas em aulas teóricas de Química mostrou-se interessante para criar um ambiente de discussão favorável para os estudantes argumentarem e conhecerem alguns aspectos da natureza das ciências e para que professores e pesquisadores pudessem levantar alguns problemas de aprendizagem. Coletivamente foi possível rever e sanar dúvidas sobre alguns conceitos já estudados, como «fusão» e «ebulição» e também tratar da questão que envolve a possibilidade de colorir partículas submicroscópicas com a finalidade de torná-las visíveis. Também possibilitou construir outra resposta coerente para o problema que envolve a utilização de peneiras moleculares. Ressalta-se a importância da intervenção do professor na condução das discussões em sala, na proposição de problemas investigativos o suficiente para permitir esse ambiente de discussão e apresentar outros argumentos para estimular hipóteses científicas, mas diferentes do conteúdo tradicionalmente abordado no ensino médio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkins, P.; Jones, L. (2001). *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Trad. Ignez Caracelli et al. Porto Alegre: Bookman.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto. (2008). *Estudos*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Ferreira, L. H.; Hartwig, D. R.; Oliveira, R. C. (2010). Ensino experimental de Química: uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, 32(2), pp.101-106.
- Harrison, A. G.; Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), pp. 509-534.
- Hofstein, A.; Navon, O.; Kipnis, M.; Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type Chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), pp. 791-806.
- Huth, A. J.; Stueve, J. M.; Gulians, V. V. (2012). A simulation study of the gas separation properties of decadodecasil 3R zeolite with emphasis on energy-related separations. *Journal of Membrane Science*, 403(404), pp. 236-249.
- Nouvel, P. (2001). *A arte de amar a ciência: psicologia do espírito científico*. Trad. Fernando Jacques Althoff. São Leopoldo: Unisinos.
- Suart, R. C.; Marcondes, M. E. R.; Lamas, M. F. P. (2010). A estratégia «Laboratório Aberto» para a construção do conceito de temperatura de ebulição e a manifestação de habilidades cognitivas. *Química Nova na Escola*, 32(3), pp. 200-207.
- Thiollent, M. (1998). *Metodologia da pesquisa-ação*. 8. ed. São Paulo: Cortez.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Teacher Education*, (87), pp.112- 143.
- Windschitl, M.; Thompson, J. (2006). Transcending simple forms of school science investigation: the impact of preservice instruction on teachers' understandings of model-based inquiry. *American Educational Research Journal*, 43(4), pp. 783-835.
- Zuliani, S. R. Q. A.; Hartwig, D. R. (2009). A influência dos processos que buscam a autoformação: uma leitura através da fenomenologia e da semiótica social. *Ciência & Educação*, 15(2), pp. 359-382.