

Elaboração de Hipóteses em Atividades Investigativas em Aulas Teóricas de Química por Estudantes de Ensino Médio

Ana Cláudia Kasseboehmer e Luiz Henrique Ferreira

Neste artigo, relata-se uma experiência de aplicação de atividades investigativas em aulas teóricas de química, buscando-se contribuir, assim, com o repertório de experiências didáticas voltadas à participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem. Estes deveriam inicialmente sugerir uma explicação para o fato de o cheiro ser sentido a longas distâncias, mesmo na ausência de vento e também apresentar alguma estratégia para verificar a pertinência de sua hipótese. Essa proposta metodológica permite conhecer possíveis concepções alternativas e incentivar a participação dos estudantes em aula por meio da proposição de explicações para fenômenos científicos. Além disso, abre a possibilidade para que o aprendiz processe as informações adquiridas durante as aulas de química, utilize-as em um novo contexto e, assim, transforme as informações recebidas em conhecimento. Finalmente, também ensina sobre a natureza das ciências e o processo de construção de modelos.

► ensino de química; Gaston Bachelard; método investigativo ◀

Recebido em 06/02/2012, aceito em 15/10/2012

158

O objetivo deste artigo é relatar uma experiência de elaboração de hipóteses e estratégias de verificação para uma atividade investigativa em aulas teóricas de química por estudantes do 1º ano do ensino médio. Para situar o contexto no qual ocorreu a experiência, seguem considerações extraídas da literatura para uma melhor compreensão da abordagem investigativa.

As discussões presentes na literatura caminham para a resignificação do papel da escola. Freire (2006), por exemplo, propõe como papel da escola transformar a curiosidade ingênua do estudante em epistemológica, o que confere uma motivação intrínseca para a aprendizagem (Tapia e Fita, 2006). Mortimer (2000) desenvolve o conceito de perfil conceitual e compreende que a educação científica envolve também um processo de crítica no qual o estudante

toma consciência das limitações dos modelos construídos pela ciência e desenvolve a habilidade de utilizar seus conhecimentos científicos e/ou cotidianos de acordo com o contexto. Para Bachelard (1996), o ensino científico não representa o ensino de conceitos talvez já obsoletos diante de novas descobertas científicas, mas tem o objetivo de ensinar a formular problemas, ou seja, despertar o pensamento abstrato. Já para Vygotsky (*apud* Lôbo, 2008, p. 96), o processo educacional implica o domínio de uma nova linguagem, o que reflete diretamente na alfabetização científica e na formação para a cidadania: “a aquisição de uma nova linguagem implica adquirir uma nova estrutura de pensamento, uma nova cultura, uma nova visão do mundo”.

Como implicações para a educação em ciências, defende-se a alfabetização científica que, entre outras nuances, pretende aproximar o estudante do modo de produção da ciência, não resumindo, portanto, a educação ao processo de aquisição de conceitos científicos. Nesse contexto, o termo

Como implicações para a educação em ciências, defende-se a alfabetização científica que, entre outras nuances, pretende aproximar o estudante do modo de produção da ciência, não resumindo, portanto, a educação ao processo de aquisição de conceitos científicos. Nesse contexto, o termo investigativo vem sendo amplamente utilizado na literatura, desde a formação inicial e continuada de professores, nas propostas para torná-los pesquisadores de sua própria prática, quanto para a educação básica.

A seção “Relatos de sala de aula” socializa experiências e construções vivenciadas nas aulas de Química ou a elas relacionadas.

investigativo vem sendo amplamente utilizado na literatura, desde a formação inicial e continuada de professores, nas propostas para torná-los pesquisadores de sua própria prática, quanto para a educação básica. Nesse caso, as pesquisas que se referenciam ao termo também são as mais diversas. De uma maneira geral, tem-se a compreensão de que o método investigativo remete à participação ativa do estudante na construção do conhecimento, em estreita afinidade com as teorias construtivistas para a educação. Por isso, também é reconhecido como um processo investigativo de ensino, quando o aluno vai a campo para pesquisar e levantar dados para o estudo de um tema.

Como ponto em comum entre todas as estratégias, tem-se a concepção de que o ensino das ciências em uma abordagem problematizadora amplia os conhecimentos dos estudantes para outros, como os procedimentais e os atitudinais (Suart et al., 2009) e contribui para melhorar a própria compreensão dos conceitos tradicionalmente abordados (Gil Pérez e Vilches, 2006). 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 funcionam como medidores de aprendizagem, pois só se conhecem conceitos quando se sabe 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). Portanto, torna-se necessário delinear, se possível for, o que é a prática científica para que seja adaptada ao ambiente escolar.

As contribuições da literatura permitem atestar que a atividade científica, de uma maneira geral, não parte de um método científico único. O conhecimento científico é fruto de trabalho social, no qual pensamentos divergentes são questionados (Gil Pérez et al., 2001) e da validação social de uma hipótese, o que confere, então, à teoria o *status* de ideias que encontraram consenso entre os pares. Popper (1972) define ciências empíricas como a área científica em que cientistas formulam hipóteses ou sistemas de teorias e submetem-nas a testes nos quais elas são confrontadas com observações e experimentos. Hodson (*apud* Praia et al., 2002) sugere que a prática científica se alicerça sobre três pilares: criação, validação e incorporação de conhecimentos.

Com relação ao primeiro pilar, Praia et al. (2002) explicam que, enquanto na perspectiva empirista, a hipótese é pouco valorizada, na concepção racionalista contemporânea, ela ocupa papel central e apresenta a definição extraída de uma enciclopédia:

[...] o terceiro pilar da prática científica, no qual as construções são refletidas sistematicamente e as ideias produzidas são confrontadas entre os pares para, então, serem aceitas pela comunidade científica. Isso implica que a atividade científica, sendo essencialmente humana, está permanentemente sujeita às interferências sociais, econômicas e políticas.

[...] aquilo que hoje em dia, no discurso científico classificamos de hipótese, apenas pode ser considerado como uma paragem provisória do pensamento, seja por conjecturar um facto descrito de modo a ser suscetível de ser estabelecido ou refutado no quadro dos termos que o definem, seja por propor um conceito que justifique provisoriamente a sua coerência e eficácia no raciocínio explicativo dos fenômenos observados ou provocados. (p. 254)

Os autores acrescentam que o processo de elaboração de hipóteses é complexo e pode ter origem em uma imaginação fértil ou em ideias especulativas as quais se apoiam em um fundo reflexivo. A hipótese articula teorias e norteia a pesquisa.

Não pretendendo defender uma abordagem empirista de ciência, uma vez criadas, as ideias precisam ser validadas. A experimentação é assim desenvolvida não para provar hipóteses, mas para retificar erros nelas contidos. O pesquisador observa os resultados, questionando-os em busca de respostas não definitivas. Nesse caso, razão e experiência encontram-se intrinsecamente entrelaçadas, sendo a razão aquela que procura desaprender por meio de uma metodologia consciente, e a experiência científica, aquela que busca desmentir as conclusões do senso comum (Fonseca, 2008). A experiência científica é norteadada pela teoria que, com seus olhos, dialoga com o fenômeno e o questiona, buscando respostas que não são definitivas ou suas representações fiéis, mas projeções de possíveis modelos interpretativos do mundo (Praia et al., 2002). Os autores chamam a atenção para o fato de a experiência dificilmente provar as ideias, sendo muito mais fácil falseá-las. Nesse aspecto, Popper (1972) explica que uma hipótese é corroborada enquanto resistir aos testes de validação os quais devem ser severos para que a teoria siga compatível com os enunciados que lhe dão sustentação.

Segue-se, então, o terceiro pilar da prática científica, no qual as construções são refletidas sistematicamente e as ideias produzidas são confrontadas entre os pares para, então, serem aceitas pela comunidade científica. Isso implica que a atividade científica, sendo essencialmente humana, está permanentemente sujeita às interferências sociais, econômicas e políticas.

As três etapas fundamentais do trabalho do cientista podem ser assim sintetizadas:

- elaboração de hipóteses: consideradas como ideias transitórias construídas para a solução de um problema de maneira coerente e com suporte teórico;
- elaboração de estratégias para verificar a coerência das hipóteses: tem-se o planejamento de experimentos para falsear ou provar a veracidade da ideia inicial, o que pode acabar suscitando novas hipóteses e novos experimentos;

- c) discussão coletiva: as hipóteses elaboradas são apresentadas e difundidas para a comunidade, produzindo uma discussão que leve à aceitação ou à sua refutação.

Nessa dinâmica é que os modelos científicos são propostos. De acordo com Gilbert e Boulter (*apud* Ferreira e Justi, 2008, p. 32),

[...] um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de novas ideias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado.

Assim, os entes átomos, íons, substâncias puras, equação química etc. têm existência no campo ou no sistema conceitual que se chama Química. Eles não são objetos. São os “objetos teóricos que permitem construir conhecimento intelectual sobre os objetos concretos” (Maldaner, 2003, p. 105). Os modelos são, então, idealizações dos reais, para os quais os objetos concretos são aproximados ao serem conhecidos.

Os modelos não são de uso exclusivo da ciência e são utilizados no dia a dia, como o modelo de pai e mãe, o modelo de um prato saudável etc. No caso dos modelos científicos, eles não são cópia nem explicação incontestável da realidade. Eles são representações que explicam algo que não é visível a olho nu e que são aceitos pela comunidade científica como satisfatórios e coerentes, satisfazendo uma necessidade. Os processos de pesquisa em química são dependentes dos modelos e, portanto, o saber ciência implica a compreensão dessa questão do universo dos modelos.

Outro fator que permeia a atividade científica é a subjetividade, cuja compreensão pode ser útil não apenas como um alerta para seu potencial de interferência. Nouvel (2001) aposta que a unidade que não pode ser encontrada na caracterização de um método científico universal pode estar presente na psicologia científica. A motivação que impele o pesquisador a profissão, a que o autor chama de “a arte de amar a ciência”, traz revelações relevantes e que podem ser aproveitadas para o ensino de ciências, mesmo porque é sugestiva a defesa do autor de que a reverenciada racionalidade quase desaparece por completo quando os cientistas são observados em sua individualidade.

Nouvel (2001) explica que o cientista se dedica à pesquisa porque ela é relevante e não por buscar a verdade. Ela é atraente porque é perpassada por uma sensação de aventura, mistério e imprevistos – visto ser necessário elaborar hipóteses, debruçar-se sobre elas por um período que talvez não resulte em sucesso – que a distancia da rotina e abre oportunidade para “uma liberação da mentalidade artista do cientista [...] que quer produzir grandes pensamentos” (p. 95).

Além disso, outras características compõem a psicologia científica: a influência do sentimento, a vontade de ter razão

e o prazer que se sente ao presenciar o nascimento de um conceito. A emoção que embala uma nova ideia cria uma sedutora ilusão de que a verdade pode ser encontrada e

[...] que um sentimento de alegria surja quando do nascimento de um conceito no pensamento [...]. Alguma coisa que era conhecida sem ser nomeada irá encontrar seu nome. Essa alegria é a alegria de um primeiro encontro. O primeiro encontro da palavra com o que ela designa, o reconhecimento do que é designado pela palavra. Alegria de assistir ao desenvolvimento da potência do conceito com essa maneira de ave de rapina que ele tem de capturar no chão um animal quase impossível de distinguir da massa confusa do solo e de elevá-lo nos ares, tornando-o bem visível, destacando-o do meio indistinto onde sua existência não era nomeada. (Nouvel, 2001, p. 183)

Metodologia: aplicação da atividade investigativa

Este relato compreende parte de uma tese de doutorado e foi aplicada no ano letivo de 2010 nas turmas de 1º ano do ensino médio de duas escolas públicas e uma escola particular, totalizando 13 salas com uma média de 30 alunos por turma. Essa 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, os sujeitos de pesquisa participaram de cerca de seis atividades investigativas ao longo do ano letivo.

A sistemática de aplicação dos problemas nas escolas foi a seguinte: após o ensino, pelo professor, dos conceitos prévios necessários à investigação, a atividade investigativa era proposta aos estudantes que deveriam trazer suas sugestões elaboradas em suas casas. Na semana seguinte, após o recolhimento da folha de atividade respondida pelos estudantes, realizava-se uma discussão coletiva, na qual se incentivava que eles expusessem suas sugestões para as hipóteses e as estratégias de verificação 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 fortemente à rotina de trabalho dos cientistas. Após cada discussão coletiva, os estudantes eram entrevistados.

Com o intuito de prepará-los para a participação no projeto, no início do ano, discutiu-se sobre a rotina do trabalho dos cientistas e a respeito do processo de elaboração de hipóteses e verificação de sua potencialidade a partir de testes como forma de gerar novos experimentos ou ressignificações da teoria aceita até então. Nessa fase, procurava-se estabelecer a relação teoria/prática nas ciências. Um pequeno exercício foi feito para praticar a elaboração de hipóteses e estratégias de verificação para duas figuras apresentadas: a de um homem cabisbaixo e outra de uma estrada com muitas garrafas quebradas e espalhadas. Após descrever a figura, solicitava-se aos estudantes que elaborassem hipóteses para

explicar cada uma das cenas. Em seguida ao levantamento das propostas, os estudantes deveriam elaborar estratégias para verificar qual sugestão melhor contribuiria para elucidar os casos apresentados. Ao final do exercício, explicou-se aos estudantes que o interesse dos químicos não era compreender problemas como esses e sim a natureza e que, portanto, as atividades focariam nos fenômenos relacionados ao trabalho do químico.

É necessário destacar a tentativa de alterar o relacionamento dos estudantes com o conhecimento escolar. Eles, de uma maneira geral e mais fortemente na escola particular, esperavam que fosse atribuída uma nota pela participação nas atividades propostas. Além dos prejuízos relatados por Tapia e Fita (2006), essa postura leva a mecanismos como, por exemplo, cópias dos colegas ou baixo comprometimento na resolução dos problemas. Isso porque, nessa perspectiva, o objetivo do estudante não é necessariamente aprender, mas obter uma gratificação que pode ser lograda utilizando-se de outros mecanismos que não somente o aprendizado. Buscando-se romper com essa forma de lidar com o conhecimento, a participação nas atividades não era obrigatória e, além disso, duas estratégias foram utilizadas com o intuito de cultivar o gosto pelo conhecimento de maneira desinteressada.

A primeira foi uma apresentação em *power point*, ao início do período letivo, que embasava a defesa do prazer que a aprendizagem pode proporcionar. Os argumentos utilizados foram os de que a satisfação oriunda da aprendizagem traz benefícios físicos na liberação de neurotransmissores, quando se sente que aprendeu. Há também as contribuições em longo prazo que a dedicação ao aprendizado pode trazer como, por exemplo, poder escolher e seguir uma carreira profissional que lhe agrade. A outra estratégia foi presentear todos os estudantes com um DVD após as férias escolares do mês de julho. Nele, estavam contidos arquivos com vídeos de divulgação científica como a *Série Mundos Invisíveis* de Marcelo Gleiser e *Cosmos* de Carl Sagan, além de informações sobre os cursinhos comunitários e as atividades culturais oferecidas na cidade, páginas da internet com curiosidades sobre química e de acesso a guias de profissão.

Neste trabalho, as escolas públicas serão tratadas por escola A e B, e a escola particular, por C.

A atividade investigativa aqui relatada foi a terceira investigação proposta para os estudantes das escolas públicas e a sexta para os estudantes da escola particular. O professor desta considerou importante que ela fosse alocada próxima ao final do período letivo, quando seus alunos já teriam estudado o tema ligações químicas.

A seguir, constam as informações fornecidas aos estudantes na folha de atividades:

“A todo o momento, é possível sentir diferentes odores como, por exemplo, o cheiro de queimadas, o aroma de uma flor, a fragrância de um perfume, o cheiro de um alimento sendo cozido etc. Esses odores podem ser sentidos mesmo que não estejamos muito próximos desses materiais e na ausência de fumaça ou vento”.

1. Elabore uma explicação para o que ocorre, em termos de átomos e moléculas, para que o cheiro de algo possa ser sentido a longas distâncias mesmo na ausência de vento.

Pistas

1. Pense que os átomos e as moléculas movimentam-se continuamente;

2. Pense sobre o que acontece quando misturamos café ao leite, por exemplo;

3. Elabore estratégias para verificar que a explicação que você forneceu acima de fato ocorre em nível submicroscópico. Caso proponha a utilização de algum equipamento, procure descrever o seu funcionamento;

4. Explique o raciocínio que você utilizou para propor sua(s) estratégia(s).

Nessa folha de atividades, também constavam algumas pistas que os estudantes poderiam consultar caso sentissem dificuldades para sugerir a explicação solicitada.

As hipóteses e as estratégias de verificação elaboradas

Todos deveriam, inicialmente, sugerir uma explicação para o fato de o cheiro ser sentido a longas distâncias, mesmo na ausência de vento, o que foi cumprido por 37 estudantes.

As hipóteses apresentadas foram divididas em três categorias: a) hipóteses coerentes – as quais cumpriram o que foi solicitado no enunciado e de maneira clara; b) hipóteses pouco coerentes – aquelas que apresentavam algum equívoco conceitual ou cuja explicação não tenha ficado clara o suficiente para compreender a proposição do estudante; c) hipóteses não coerentes – as respostas que não utilizaram conceitos químicos como, por exemplo, as relacionadas aos processos fisiológicos

envolvidos no olfato. A frequência e os exemplos para cada categoria estão discriminados no Quadro 1.

Estudantes das três escolas elaboraram hipóteses coerentes, pois sugeriram explicações utilizando os conceitos de átomo e de molécula como solicitado e de maneira coerente apesar do pouco domínio da linguagem científica.

Nessa atividade, foi possível detectar diversas concepções alternativas dos estudantes. A primeira delas é a compreensão de que as moléculas se juntam umas às outras para se movimentarem, ao que alguns estudantes denominam “se fundem”, “ocorre alguma transformação”, “se juntam”. Para

A atividade investigativa aqui relatada foi a terceira investigação proposta para os estudantes das escolas públicas e a sexta para os estudantes da escola particular. O professor desta considerou importante que ela fosse alocada próxima ao final do período letivo, quando seus alunos já teriam estudado o tema ligações químicas.

Quadro 1: Categorias obtidas, frequência e exemplos das hipóteses elaboradas pelos estudantes.

Categoria	Frequência	Exemplo
a) hipóteses coerentes	16	As moléculas e os átomos estão no ar! Usarei como exemplo, como sentimos o cheiro de café em lugares distantes de onde o café se encontra. As moléculas e os átomos que são do próprio café (que possuem o cheiro) vão se chocando com as que estão no ar, assim elas se misturam, e vão se chocando, misturando e se movimentam, até se espalhar por lugares distantes; Mesmo na ausência de vento ou de fumaça, os átomos e as moléculas flutuam facilmente devido à (sic) massa ser muito baixa; Mesmo sem vento, as moléculas de ar se movem sem parar, fazendo uma parte do ar ficar mais quente. E essa massa de ar quente tende a mudar de posição com o de ar mais frio, misturando as massas e levando o cheiro pra longe da matéria.
b) hipóteses pouco coerentes	16	Quando os cheiros se fundem com o vento, as moléculas que estão nos odores passam a flutuar juntos com o vento. Se passam por oxigênio que quando respiramos sugamos para nós (sic); As moléculas de água evaporam e se movem pelo ar, mesmo com a ausência de vento onde os sensores do nosso nariz captam essas moléculas.
c) hipóteses não coerentes	5	Mesmo não tendo vento, o cheiro de algo fica no ar, é onde ele entra no nosso nariz. Imediatamente nossos átomos e moléculas começam a trabalhar, eles captam o que é o cheiro e manda para nosso cérebro, que é daí que nós sentimos cheiros de algo que está bem longe, distante de nós e que muitas vezes nem estamos vendo; Emissão de "tipo de um código" ao cérebro quando um aroma se aproxima das narinas; Talvez sejam feitas inúmeras ligações até o cheiro chegar até nós ou talvez exista alguma propriedade de expansão. Mas acho que existe alguma coisa que multiplique as moléculas.

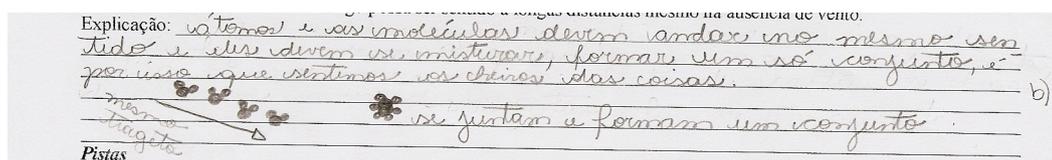


Figura1: Representação do movimento das moléculas por uma estudante.

ilustrar, uma estudante representou esse comportamento que ela acredita ser o mesmo da matéria com um desenho (Figura 1).

Não foi objetivo neste trabalho investigar as origens de tais concepções como a apresentada por essa aluna. No entanto, é comum encontrar representações semelhantes, nas quais o odor parece sair de uma fonte qualquer (perfumes, alimentos, combustíveis etc.) a procura das narinas, em uma espécie de movimento inteligente com ponto de partida e destino determinado. Considerando a frequência com que estudantes recorrem a esse tipo de representação, é possível inferir que ao buscarem um modelo explicativo para o fato de sentir cheiro a distância, eles são influenciados por representações similares que também frequentemente são encontradas em desenhos animados e em revistas de histórias em quadrinhos (HQs) (Figura 2).

Outra concepção alternativa detectada e recorrente foi a crença de que os átomos e as moléculas podem ser observados por um microscópio ou um aparelho especial, sendo essa, então, uma das estratégias sugeridas pelos estudantes para verificar a pertinência de sua hipótese: “olhar as moléculas com um microscópio”. Para além do equívoco conceitual que essa indicação representa, ela também demonstra que os estudantes não compreenderam um conceito bastante importante em ciências que é de modelo científico como representação teórica da realidade (Maldaner, 2003). Todos os estudantes

que concluía a atividade apresentando hipótese(s) para a investigação proposta recebiam um retorno escrito sobre o que propuseram. Nessas ocasiões, erros conceituais ou falhas na argumentação eram discutidos sempre com o objetivo de avançar em relação ao que se pode considerar um modelo razoável. Em diversos desses momentos, foi enfatizado o fato de não ser possível visualizar os átomos e as moléculas.



Figura 2: Representação do movimento das moléculas em revista de HQ¹.

Com relação às estratégias propostas, três estudantes encontraram dificuldades e não ofereceram qualquer sugestão. Quinze explicaram novamente o que haviam elaborado e entregue por escrito ou o raciocínio que utilizaram, sendo que quatro deles exibiram outra concepção alternativa: a de que o vento “atrai” as moléculas responsáveis pelo cheiro. Dois explicaram sua proposta a partir do que ocorre com misturas homogêneas ou a influência da temperatura na intensidade do odor sentido. Outro declarou que chegou à sua explicação a partir de pesquisas, sem especificar as fontes. Uma aluna, que propôs que o cheiro propaga-se devido ao movimento das massas de ar (quentes e frias), sugeriu que fosse liberado o “cheiro em uma das camadas de ar” para verificar, posteriormente, se ela se moveu. Para ilustrar, outras respostas constam a seguir:

O vento atrai as moléculas do cheiro e fazem elas flutuarem.

Eu relacionei o que acontece quando fazemos algo, como algum alimento que pode ser sentido por conta do seu vapor, porque está sendo preparado em alta temperatura ou por átomos e moléculas terem partículas que circulam.

Outros dezesseis estudantes sugeriram estratégias como o solicitado. Entretanto, oito deles propuseram – ou há indícios em suas respostas – de que as partículas submicroscópicas podem ser visualizadas. Os outros estudantes recomendaram abrir um frasco de perfume no canto de uma sala para verificar que algum tempo depois o cheiro estaria por todo o ambiente. Alguns exemplos das diferentes estratégias produzidas estão relacionados abaixo:

Olhar através do microscópio o que acontece no ar para que o cheiro de um café que está na cozinha possa chegar ao quintal.

1. Colocar em uma xícara pó de café; 2. logo em seguida, colocar leite ou água quente; 3. levar essa xícara com todos esses componentes em um canto do lugar em que está; 4. depois é só esperar que dentro de segundos ou minutos você ou todos aqueles que se encontram nesse local sentirão o cheiro.

Pela quantidade de alunos que efetivamente cumpriram essa etapa, pode-se verificar que muitos demonstraram dificuldade em elaborar estratégias, o que se repetiu em grande parte das outras atividades propostas e que talvez seja explicado pela falta de familiaridade com procedimentos

experimentais, formulação de modelos e até mesmo com sugestões de aula que incluem atividades dessa natureza.

Já sobre o raciocínio utilizado, dois estudantes não responderam ao que foi solicitado e nove explicaram novamente o que haviam escrito anteriormente. Os outros vinte e seis afirmaram ter chegado às conclusões descritas por meio das pistas, das explicações das professoras, do raciocínio lógico, dos conhecimentos aprendidos nas aulas, de que os átomos se movimentam e que a temperatura influencia o processo ou ainda reproduzindo a situação-problema em casa. Os estudantes que tentaram explicar como sentimos cheiro, fizeram-no afirmando terem feito analogia com o processo de sentir dor. Chama a

atenção uma explicação de um estudante sobre o porquê de ele ter escrito que as moléculas que dão cheiro se misturam apenas ao oxigênio e não ao ar atmosférico como um todo. Nesse caso, parece que ele considera que a composição química do ar pode ser afetada por movimentos como no caso dos ventos:

Se não há vento, então teria que ser o oxigênio. Coloquei o copo de café na cozinha em uma ponta bem distante e realizei a investigação.

Contribuições das atividades de investigação para o ensino e a aprendizagem de química

A utilização de atividades investigativas em aulas teóricas de química contribui para suscitar a disposição dos estudantes para a imersão em problemas científicos e, portanto, para o aprendizado. Alguns estudantes alegaram que imergiram nos problemas, gostaram disso e esse processo tornou-se mais fácil. No entanto, o desenvolvimento dessa disposição foi observado com maior frequência nas escolas públicas.

Para ilustrar a satisfação em imergir em problemas científicos como discute Nouvel (2001), uma estudante da escola A demonstrava dificuldade em utilizar corretamente alguns termos científicos e até mesmo em escrever sentenças adequadas do ponto de vista gramatical. Ao mesmo tempo, em seus depoimentos nas entrevistas de acompanhamento e final, explicava que elaborava suas propostas sem recorrer a internet ou livros didáticos. Assim, ela declarou produzir hipóteses e estratégias que conduzissem a uma boa explicação para o problema por conta própria e ainda especulava sobre outros aspectos do fenômeno em questão. Como exemplo, a estudante cita que também elaborava novas perguntas que permitiriam continuar explorando o problema da influência da temperatura na difusão dos gases e que pensava nesses problemas enquanto se deslocava entre casa, trabalho e escola ou quando tinha outro tempo livre. Observa-se aqui um forte indício de motivação intrínseca para o aprendizado e para as ciências, conforme tratam Tapia e Fita (2006). Entretanto, tal como outros estudantes, ela ressalta

A utilização de atividades investigativas em aulas teóricas de química contribui para suscitar a disposição dos estudantes para a imersão em problemas científicos e, portanto, para o aprendizado. Alguns estudantes alegaram que imergiram nos problemas, gostaram disso e esse processo tornou-se mais fácil. No entanto, o desenvolvimento dessa disposição foi observado com maior frequência nas escolas públicas.

em sua entrevista final a necessidade da inserção de atividades diferentes, para que as aulas não se restrinjam à exposição em lousa, o que, segundo ela, não a incentiva efetivamente a estudar.

Ainda sobre a disposição para a imersão em problemas de investigação, alguns estudantes entrevistados revelaram que pensavam a respeito dos fenômenos envolvidos nas atividades propostas e gostavam desse processo de reflexão. Como explica Bachelard (1996), o processo de desenvolvimento do espírito científico requer tempo e paciência para que ocorra a desobstrução do espírito, o que não é fácil, mas pode conduzir a uma atividade prazerosa. É possível verificar ter sido mais recorrente entre os estudantes das escolas públicas a presença daqueles que se esforçaram para pensar sozinhos nas respostas. Alguns explicaram que começaram pesquisando na internet, mas com o tempo, resolveram elaborar as hipóteses sozinhos. Abaixo, seguem trechos das entrevistas com estudantes das escolas A e B que ilustram esse comportamento:

Aluna (escola A): Eu tentei não mexer muito na internet não, eu queria pensar mais. É bom pensar as coisas, comecei a pensar, comecei a pedir opinião dos outros sabe, pra compartilhar opinião. Como é meio difícil né pros outros dar uma opinião certa, não é aquilo que você tá querendo, eu tentei fazer as coisas mais sozinha.

Entrevistadora: Quanto tempo você levava para responder, neste processo de pensar, de perguntar para as pessoas?

Aluna: Olha, um dia. Pra ficar pensando. Eu pensava até concluir, até chegar numa conclusão. Então um dia, umas mais, depende.

Aluna (escola B): Então, primeiro assim eu não utilizava a internet né aí eu pegava e... tudo que tinha explicado em aula eu ficava pensando em casa, como eu poderia fazer, como eu poderia chegar a esse resultado. Aí eu ficava pensando e depois eu elaborava. Eu demorava um pouco pra responder, não respondia rápido não! Ficava pensando bastante antes de eu escrever, eu tinha medo, queria escrever uma coisa que tinha que sair bacana. Então ficava pensando bastante antes de escrever.

Entrevistadora: Quanto tempo em média você levava para fazer as atividades?

Aluna: Bom, no começo eu levava umas duas horas [riso]. Eu ficava pensando, eu queria saber né alguma... queria colocar pesquisa assim, fazer para ver se era mesmo, o resultado dava em casa também. Então levava mais ou menos umas duas horas. Daí nas últimas eu fui pegando e fui fazendo acho que em uma hora.

Considerações finais

Neste artigo, relatou-se uma experiência de aplicação de atividades investigativas em aulas teóricas de química, buscando-se contribuir, assim, com o repertório de experiências didáticas voltadas à participação ativa dos estudantes nas aulas.

Essa proposta metodológica permite conhecer possíveis concepções alternativas e incentivar a participação dos estudantes por meio da proposição de explicações para fenômenos científicos. Além disso, abre a possibilidade para que o estudante processe as informações adquiridas durante os debates sobre o que se pede na atividade, utilize-as em um novo contexto e assim transforme essas informações em conhecimento. Finalmente, atividades que consideram a elaboração de hipóteses pelos estudantes também contribuem para o aprendizado sobre a natureza das ciências e o processo de construção de modelos defendidos por Gil Pérez e Vilches (2006) e Ferreira e Justi (2008).

É necessário apontar também algumas dificuldades para a aplicação de uma proposta como essa no atual modelo de escola. A primeira delas é o tempo que deve ser dispensado à aplicação de todas as etapas do processo. Dada a quantidade de conteúdo nos currículos tradicionalmente desenvolvidos na educação básica e o número limitado de aulas de química, especialmente nas escolas públicas, isso pode tornar-se um dilema para o professor em exercício. A questão do tempo é enfrentada em diversas propostas construtivistas como, por exemplo, em Mortimer (2000). Por um lado, como explica o

autor, o tempo despendido precisa ser considerado uma vez que há a expectativa de que uma quantidade mínima de conceitos seja trabalhada na educação básica. Todavia, a adesão a propostas de ensino centradas no aprendizado e no desenvolvimento do espírito científico e da aprendizagem para além da aquisição de conceitos científicos necessita de uma ruptura paradigmática por parte do professor. Essa ruptura com

os paradigmas cartesianos-lógicos-rationais, discutida por Bachelard (1996), implica em focar o processo que ocorre em sala de aula na figura do estudante, retirando-o da passividade e convidando-o a exercitar o pensamento científico tal como os cientistas. Do contrário,

[...] os professores substituem as descobertas por aulas. Contra essa indolência intelectual que nos retira aos poucos o senso da novidade espiritual, o ensino das descobertas ao longo da história científica pode ser de grande ajuda. Para ensinar o aluno a inventar, é bom mostrar-lhe que ele pode descobrir. (p. 303)

Outra questão que suscita reflexão é a baixa participação

Essa proposta metodológica permite conhecer possíveis concepções alternativas e incentivar a participação dos estudantes por meio da proposição de explicações para fenômenos científicos. Além disso, abre a possibilidade para que o estudante processe as informações adquiridas durante os debates sobre o que se pede na atividade, utilize-as em um novo contexto e assim transforme essas informações em conhecimento.

na devolução das atividades já que, dos cerca de 390 estudantes convidados a participar, apenas 37 cumpriram a etapa que deveria ser realizada em casa. Mesmo que a participação dos estudantes nas atividades tenha sido voluntária, não se atribuindo qualquer bonificação extrínseca aos que participaram, vale refletir sobre quais relações estão sendo estabelecidas com a realização de atividades escolares.

Atribuir notas ou outros sistemas de troca como estudar para passar no vestibular, bastante frequente entre alunos da escola particular, leva a um condicionamento para seguir as regras do sistema e ganhar a recompensa. Como discorrem Tapia e Fita (2006), essa conduta não implica em uma aprendizagem significativa, podendo até mesmo resultar negativamente. Como explica Bachelard (*apud* Fonseca, 2008), chega um momento em que o estudante passa a gostar mais das respostas que das perguntas, aniquilando a curiosidade inata do ser humano, a qual Freire (2006) defende que deve ser explorada e transformada em curiosidade epistemológica. Entretanto, a fixação no vestibular e pelo desempenho representado por quantidade de matéria assimilada leva os alunos também a não querer pensar, mas ansiar pela resposta que garanta um prêmio na forma de nota.

Finalmente, na defesa da Educação Química para além do tratamento de conceitos científicos, Bachelard (1996) questiona o sentido de ensinar os produtos da ciência quando conceitos científicos tornam-se obsoletos com o próprio

desenvolvimento da ciência. Mortimer (2000) apresenta o ensino como a mudança de perfis conceituais como alternativa à substituição de ideias do senso comum pelas científicas pelo mesmo motivo. Desse modo, disponibilizar tempo maior na aplicação de atividades que levem ao desenvolvimento do raciocínio lógico e de uma relação mais madura com o conhecimento parece estar mais condizente com o que se espera para a Educação Química atualmente.

Agradecimento

Processo nº 2013/07793-6, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Nota

¹ Fonte: <http://quadradinhospatopolis.blogspot.com/2011/12/mickey-238.html>

Ana Cláudia Kasseboehmer (claudiaka@gmail.com), bacharel, licenciada e mestre em química pela UFSCar, doutora em Ciências pela UFSCar, é docente do IQSC-USP. São Carlos, SP – BR. **Luiz Henrique Ferreira** (ferreiraufscar@gmail.com), bacharel em Química e mestre em Química Analítica pela USP, doutor em Química pela UNICAMP, é docente do Departamento de Química da UFSCar. São Carlos, SP – BR.

Referências

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316 p.

FERREIRA, P.F.M. e JUSTI, R.S. Modelagem e o “fazer ciência”. *Química Nova na Escola*, n. 28, p. 32-36, 2008.

FONSECA, D.M. A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. *Educação e Pesquisa*, v. 34, n. 2, p. 361-370, 2008.

FREIRE, P.R.N. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 33. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006. 148 p.

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

GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 42, p. 31-53, 2006.

LÓBO, S.F. O ensino de química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. *Ciência & Educação*, v. 14, n. 1, p. 89-100, 2008.

MALDANER, O.A. *A formação inicial e continuada de professores de química: professor/pesquisador*. Ijuí: Unijuí, 2003.

424p. (Coleção Educação em química).

MORTIMER, E.F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000. 383 p. (Aprender).

NOUVEL, P. *A arte de amar a ciência: psicologia do espírito científico*. Trad. Fernando Jacques Althoff. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2001. 194 p. (Coleção Focus).

POPPER, K. *A lógica da pesquisa científica*. Trad. Leonidas Hegenberg. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1972. 567 p.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A. e GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em Educação em Ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002.

SUART, R. C.; MARCONDES, M.E.R. e CARMO, M. P. Atividades experimentais investigativas: utilizando a energia envolvida nas reações químicas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

TAPIA, J.A. e FITA, E.C. *A motivação em sala de aula: o que é, como se faz*. Trad. Sandra Garcia. 7. ed. São Paulo: Loyola. 2006. 148 p.

Abstract: *Development of hypotheses in investigative activities in Chemistry theoretical classes by high school students.* In this article is reported an experience of application of investigative activities in chemistry theoretical classes seeking to contribute to the repertoire of didactical experiences aimed at active participation of students in the learning process. Students should initially suggest an explanation for the fact that the smell be felt over long distances, even in the absence of wind and also provide a strategy to test the validity of their hypothesis. This methodological approach allows to know possible misconceptions and to encourage student participation in class by proposing explanations for scientific phenomena. It also opens the possibility for the learner to process the information acquired during the Chemistry classes, use them in a new context and thus transform the received information into knowledge. Finally, it also teaches about the nature of science and the process of model building.

Keywords: Chemistry teaching; Gaston Bachelard; investigative method.