

A Estratégia “Laboratório Aberto” para a Construção do Conceito de Temperatura de Ebulição e a Manifestação de Habilidades Cognitivas

Rita de Cassia Suart, Maria Eunice Ribeiro Marcondes e Maria Fernanda Penteado Lamas

Algumas pesquisas em ensino de Química têm destacado a importância do uso de atividades experimentais investigativas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos e para um aumento na participação destes no processo de aprendizagem. Assim, este trabalho tem como objetivo discutir e refletir as potencialidades dessas atividades, investigando uma experiência de ensino sobre o conceito de temperatura de ebulição desenvolvida com alunos da 1ª série do ensino médio de uma escola pública da cidade de São Paulo. Foi observado que os alunos manifestam habilidades cognitivas de ordem mais alta, como elaboração de hipóteses, e também apresentam certa dificuldade em compreender a relação entre tempo e temperatura.

► experimentação, atividade investigativa, temperatura de ebulição ◀

200

Recebido em 21/09/09, aceito em 28/06/10

A experimentação no Ensino de Química é considerada por muitos professores como uma estratégia capaz de motivar os alunos e melhorar os resultados do processo de ensino e aprendizagem. Entretanto, essa demasiada importância dada à experimentação como solucionadora dos problemas de aprendizagem acaba por dificultar algumas potencialidades que essa estratégia poderia alcançar.

Muitos professores alegam utilizar as atividades experimentais para motivar os alunos, para demonstrar e comprovar teorias vistas em sala de aula ou, ainda, para ensinar habilidades manipulativas (Hodson, 1994; 2005; Lima 2004). Na grande maioria das vezes, os experimentos são realizados após o desenvolvimento de um conceito com o objetivo de ilustrar o que foi apresentado em sala de aula. Não se procura estabelecer uma relação entre a teoria e a prática e, muitas vezes, o experimento fica desarticulado da teoria e os alunos

não compreendem o porquê e para que o realizaram, sendo tratados como uma via de mão única, na qual a prática comprova a teoria ou vice-versa (Zanon e Silva, 2000).

Atividades experimentais realizadas dessa maneira, de forma a pouco privilegiar aspectos cognitivos, não contribuem para o desenvolvimento de habilidades essenciais para o exercício da cidadania pelos alunos e também para a construção de conceitos químicos, podendo levar à formação de um indivíduo com pouca habilidade em argumentar, que reproduz somente o que lhe foi transmitido.

No ensino, as atividades precisam valorizar o papel do aluno no processo de elaboração de hipóteses e confrontação com situações de erro, de forma a convidá-lo a desenvolver-se cognitivamente, refletindo sobre as suas ideias e as dos outros estudantes, a fim de que o resultado não esteja pronto de antemão (Gil-Pérez e cols., 2005).

A elaboração de hipóteses exerce

um papel essencial para a construção do conhecimento científico, pois está vinculada à elaboração de estratégias para a coleta e análise de dados e, conseqüentemente, à resolução de uma situação-problema. É preciso haver previsões plausíveis de serem investigadas à luz do quadro teórico que possam auxiliar na análise dos dados. Assim, propor hipóteses pode exigir grande demanda cognitiva e também contribuir para o desenvolvimento conceitual do aluno.

As atividades experimentais propostas para que o estudante participe ativamente dos processos de coleta de dados, análise, discussão, ou seja, planejadas com o objetivo de explorar as suas habilidades cognitivas – como, por exemplo, desenvolvimento da capacidade de identificar e estabelecer processos de controle e seleção de informações relevantes para a solução do problema; identificação de variáveis; elaboração de hipóteses, entre outras – podem contribuir para o desenvolvimento do raciocínio lógico dos alunos em busca da construção do conhecimento químico (Gil-Pérez e Valdés Castro,

A seção “O aluno em foco” traz resultados de pesquisas sobre idéias informais dos estudantes, sugerindo formas de levar essas idéias em consideração no ensino-aprendizagem de conceitos científicos.

1996; Domin, 1999; Hodson, 2005).

Dessa maneira, torna-se evidente a necessidade de desenvolver e executar atividades experimentais no ensino que contribuam para uma maior participação do aluno e melhor entendimento dos conceitos científicos, dando a eles a oportunidade de se envolverem em um problema e procurar suas possíveis soluções com o auxílio do professor.

Atividades planejadas nessa perspectiva são denominadas investigativas, são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar momentos de discussão, questionamento, diálogo e devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, não limitando, assim, a ação do aluno apenas à manipulação ou observação (Carvalho e cols., 1999).

Tamir (1977) distingue dois tipos de trabalho experimental: os de verificação e os de investigação. No primeiro caso, é o professor que identifica o problema, que relaciona o trabalho com outros anteriores, que conduz as demonstrações (fora de um contexto de problematização) e dá instruções diretas – tipo receita. O segundo tipo de trabalho experimental, o investigativo, apresenta as seguintes características: (1) deve ser um meio para explorar as ideias dos alunos e desenvolver a sua compreensão conceitual; (2) deve ser sustentado por uma base teórica prévia informadora e orientadora da análise dos resultados; (3) deve ser delineado pelos alunos, para possibilitar um maior controle sobre sua própria aprendizagem, sobre as suas dificuldades e de refletir sobre o porquê dessas atividades para ultrapassá-las.

Uma outra definição para as investigações científicas é elaborada por Moraes (*apud* Rosito, 2003). Para o autor¹, “um verdadeiro experimento é aquele que permite ao aluno decidir como proceder nas investigações, que variáveis manipular, que medidas realizar, como analisar e explorar os dados obtidos e como organizar seus relatórios” (p. 203). A experimentação deve questionar o aluno e não trazer somente soluções prontas.

Nesse sentido, o autor destaca

alguns elementos que devem ser levados em consideração no processo de investigação científica:

- uma fase inicial, na qual os problemas são expostos e discutidos; as hipóteses para a resolução são formuladas; e os procedimentos instrumentais selecionados;
- uma fase de desenvolvimento, em que os experimentos são realizados para coleta de dados;
- uma fase de busca de referencial teórico e de reflexão, na qual se analisam e interpretam os dados coletados;
- uma fase de elaboração de um relatório, na qual se registram as atividades desenvolvidas juntamente com a análise e interpretação dos resultados obtidos.

O autor ainda argumenta que as fases podem ser estruturadas conforme o objetivo do professor, destacando que uma investigação não ocorre rigorosamente em etapas, podendo ser um processo flexível, de ir e vir, que vai gradativamente do problema à procura da solução.

Dessa forma, neste artigo, considera-se atividade experimental investigativa como aquelas atividades nas quais os alunos não são meros expectadores e receptores de conceitos, teorias e soluções prontas. Pelo contrário, os alunos participam da resolução de um problema proposto pelo professor ou por eles mesmos; elaboram hipóteses; coletam dados e os analisam; elaboram conclusões e comunicam os seus resultados com os colegas. O professor se torna um questionador, conduzindo perguntas e propondo desafios aos alunos para que estes possam levantar suas próprias hipóteses e propor possíveis soluções para o problema (Suart e Marcondes, 2008).

As atividades experimentais investigativas podem ser feitas por demonstrações pelo professor ou então realizadas pelos alunos. Quando aquele realiza demonstrações, não necessariamente significa que estes não poderão participar da construção de um conceito, pelo contrário, se o

docente, ao conduzir o experimento de forma demonstrativa, questionar os estudantes e propuser desafios, essa atividade possivelmente terá as características de uma atividade de investigação, na qual estes argumentam e expõem seus raciocínios. Entretanto, se o professor apenas demonstrar um experimento para comprovar uma teoria e não o problematizar, essa atividade perderá grande parte das potencialidades que a experimentação investigativa pode desenvolver.

Ainda, os alunos podem ir ao laboratório e investigar um problema proposto pelo professor, utilizando protocolos de auxílio, mas também podem propor a hipótese a ser investigada e o procedimento experimental, sendo essas atividades denominadas Laboratório Aberto (Carvalho e cols., 1999).

Em atividades desse tipo, os alunos têm a oportunidade de participar de todas as etapas de uma investigação: levantamento de hipótese, elaboração do procedimento experimental, coleta e análise dos dados, proposição de conclusões. Assim, participando dessas fases, os alunos podem desenvolver habilidades de questionamento, organização, síntese, responsabilidade, entre outras.

Ao solucionar um problema experimental ou outros problemas propostos em sala, os alunos podem utilizar e desenvolver suas habilidades cognitivas, que podem ser classificadas, segundo alguns autores, conforme a exigência cognitiva requerida para a resolução do problema (Zoller e cols., 2002; Domin, 1999). São consideradas habilidades cognitivas de ordem mais alta as relativas a síntese, análise, elaboração de hipóteses, avaliação de condições. No entanto, quando o aluno utiliza para a resolução de um problema habilidades como aplicação de conceitos ou informações lembradas, argumenta-se que ele utilizou habilidades cognitivas de ordem mais baixa.

As práticas de laboratório nas quais os alunos seguem um procedimento tipo receita, coletam os dados, mas não os discutem ou os analisam, têm demonstrado forte caráter de baixa cognição. Os alunos não com-

preendem o porquê do experimento e não desenvolvem uma síntese do que foi proposto. Pesquisas indicam (Gabel e cols., 1984; Zoller e cols., 2002) que muitos estudantes resolvem problemas de química usando somente estratégias algorítmicas, de ordem mais baixa de cognição, e não entendem os conceitos químicos envolvidos. As atividades ditas investigativas, por outro lado, podem permitir o desenvolvimento de habilidades cognitivas de ordem mais alta, uma vez que é solicitado aos alunos construir suas explicações para a compreensão do fenômeno, estabelecendo relações entre os dados e os fatos químicos observados (Suart e Marcondes, 2008).

Numa atividade investigativa, ambos, o papel do professor e do aluno, são essenciais para se alcançar as metas de aprendizagem. Este deixa de ser o agente passivo da aula e passa a agir sobre seu processo de pensamento, questionando, pensando, participando da construção do conhecimento. Aquele deixa de ser o transmissor de conteúdos e passa a questionar seus estudantes, conduzindo-os à elaboração de respostas condizentes com a visão científica, gerando questões e problemas que serão discutidos e refletidos à luz dos conhecimentos científicos, de forma a respeitar as distintas ideias e opiniões em sala de aula.

Carvalho e cols. (1999) descrevem a importância da mediação do professor em uma atividade na qual o aluno faz parte da construção do conhecimento:

É o professor que propõe problemas a serem resolvidos, que irão gerar ideias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidades para a reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as ideias são respeitadas. (p. 48)

Assim, partindo de situações problematizadoras, os professores pode-

rão conhecer as ideias prévias dos alunos e organizar o ensino para que novos conceitos sejam construídos. Estes terão maior oportunidade de expor suas opiniões e interagir com os colegas e o professor, participando ativamente das aulas para chegar aos objetivos propostos por essa estratégia, ou seja, desenvolver habilidades de compreensão, argumentação oral e escrita, elaboração de hipóteses e de conceitos.

Refletindo sobre os objetivos de ensino e, principalmente, de aprendizagem, professores têm elaborado e executado atividades dessa natureza em suas aulas (Fernandes e Silva, 2004; Locatelli, 2006; Suart e Marcondes, 2008). Assim, este trabalho tem com objetivo discutir e refletir as potencialidades dessas atividades, investigando uma experiência de ensino sobre o conceito de temperatura de ebulição desenvolvida com 30 alunos da 1ª série do ensino médio de uma escola pública da cidade de São Paulo.

A atividade descrita nesse trabalho foi elaborada e executada pela professora regente da escola, que também é uma das autoras dessa pesquisa. O trabalho realizado por esta, na escola, já era de conhecimento das outras duas pesquisadoras envolvidas na investigação. Entretanto, para validar as evidências de uma prática investigativa, um questionário elaborado com pressupostos do referencial teórico que conduz a pesquisa foi respondido pela professora e, ainda, algumas aulas antes das gravações foram acompanhadas por uma das pesquisadoras para evidenciar esses pressupostos e também para criar um ambiente receptivo com os alunos para a realização das gravações. Uma entrevista com dez alunos participantes da pesquisa também foi realizada após o término da atividade, a fim de investigar o entendimento destes sobre o conceito desenvolvido pela professora, bem como o interesse, a motivação e a preferência dos alunos pela abordagem investigativa.

A professora estava desenvolvendo conceitos que envolviam aspectos relacionados às propriedades dos materiais como, por exemplo, tem-

peratura de fusão, temperatura de ebulição e solubilidade. Para esta pesquisa, foi proposta aos alunos uma atividade investigativa (Laboratório Aberto) com o objetivo de desenvolver o conceito de temperatura de ebulição e, também, proporcionar momentos de discussões e questionamentos sobre as variáveis envolvidas na investigação. Dessa forma, acreditou-se que os alunos poderiam ser capazes de julgar as variáveis e analisar se a temperatura de ebulição poderia ser utilizada para identificar um material.

Por mais que o conceito de temperatura de ebulição pareça ser um assunto de fácil compreensão, é preciso problematizá-lo para que os alunos percebam sua importância na identificação e na constituição de um material. O mesmo acontece com densidade, temperatura de fusão e solubilidade. Além disso, esses conceitos envolvem outros como massa, volume e tempo.

Foi proposta a seguinte questão-problema aos alunos: Quais fatores afetam a temperatura de ebulição de um material? Em sala de aula, os alunos, com o auxílio da professora, propuseram algumas hipóteses para o problema e, depois, formaram cinco grupos de seis alunos para elaborar o procedimento experimental e os materiais necessários para a investigação de uma das hipóteses levantadas. Eles também deveriam pensar sobre as previsões, ou seja, o que esperavam que pudesse acontecer com base em suas proposições.

Foram utilizadas quatro aulas para o desenvolvimento dessa experiência didática. Na primeira, o problema foi apresentado pela professora que auxiliou os alunos na elaboração de suas hipóteses para o problema. Depois, cada grupo escolheu uma hipótese para analisar e, então, elaborou os planos prévios de investigação. Na segunda, eles realizaram seus experimentos no laboratório e discutiram os resultados com seus respectivos grupos. Na terceira, foi realizada uma discussão dos resultados de todos os grupos da sala. A última aula foi dedicada para discutir dúvidas remanescentes sobre a influência de

algumas variáveis e o fechamento do assunto. As duas últimas etapas aconteceram na sala de aula.

Os planos de investigação elaborados pelos grupos foram analisados pela professora, a fim de verificar a possibilidade ou não da execução do experimento proposto. Durante este, os alunos deveriam anotar os dados e as informações relevantes no mesmo plano de investigação e, após a realização do experimento, elaborar um relatório individual. Assim, com esses instrumentos, a professora poderia avaliar, além da compreensão do conceito, a manifestação de habilidades cognitivas e o desenvolvimento de argumentos por meio da escrita.

A fim de contribuir para uma reflexão sobre as potencialidades dessa atividade em sala, serão apresentadas e discutidas, a seguir, as quatro aulas desenvolvidas sobre o conceito de temperatura de ebulição de um material. As aulas foram gravadas em áudio e vídeo e os relatórios dos alunos foram fotocopiados a fim de avaliar a participação deles na atividade e o desenvolvimento de habilidades cognitivas.

O laboratório aberto

Na primeira aula, a professora discute com os alunos quais fatores poderiam interferir na temperatura de ebulição de um material, e algumas hipóteses são propostas pelos alunos conforme mostra o diálogo a seguir:

P: Como é que a roupa seca no varal?

P: Fala A14.

A14: Dependendo da quantidade de água, ela vai evaporar.

P: Dependendo da quantidade... pera aí oh... oh o que a A14 tá falando... dependendo da quantidade de...

A14: De água, aí ela pode evaporar...

P: Então oh a minha pergunta é... tem uma coisa interessante que você falou aí que a gente vai pensar sobre isso.

P: Dependendo da quantidade... eu não sei se você falou exatamente isso A14... vou fazer uma pergunta

P: Vocês acham que a quantidade de água afeta a temperatura que ela evapora ou a temperatura que ela ferve?

Observa-se, conforme mostra o exemplo acima, que nesse momento da aula os alunos têm a oportunidade de expor suas ideias sobre o problema, manifestando conhecimentos e elaborando hipóteses, exibindo habilidades cognitivas de ordem mais alta. Entretanto, é importante salientar que as questões propostas pela professora os conduzem a esses pensamentos de ordem superiores, pois exigem que eles utilizem suas ideias para propor uma hipótese de investigação.

As hipóteses sugeridas pelos alunos nessa aula foram: (1) temperatura inicial do material; (2) pressão – referindo-se ao cozimento de alimentos com a panela tampada e destampada; (3) tamanho do recipiente – volume; (4) tipos de materiais – composição; (5) densidade – conceito construído recentemente; (6) intensidade da chama; (7) massa. Dos fatores apontados pelos alunos, somente o (5) e o (7) não foram escolhidos por nenhum grupo para investigação.

Após a proposição de hipóteses, os alunos, em grupos, elaboraram os planos prévios de investigação para uma das hipóteses sugeridas. Eles apresentaram certa dificuldade em propor o objetivo do experimento e fazer suas previsões, o que pode ser explicado, talvez, pelo baixo nível de liberdade dado geralmente a alunos em atividades laboratoriais, pois se refere à 1ª série do ensino médio e estes poderiam estar acostumados a executar atividades “tipo receita” nas séries anteriores. Entretanto, essa etapa do processo de ensino e aprendizagem foi de suma importância para sintetizarem suas ideias por escrito, fazendo com que utilizassem raciocínios mais elaborados e exibindo habilidades cognitivas de ordem mais alta.

Observa-se também que, em alguns relatórios iniciais, os grupos omitem suas hipóteses, talvez pelo medo em responder algo diferente do que o professor esperava. Entretanto, o engajamento deles no problema é

grande e sua resolução se demonstra desafiadora.

Também é importante argumentar que muitos alunos percebem a importância do controle de variáveis ao elaborarem seus planos de investigação. Conforme mostra o trecho a seguir, um dos grupos participantes atentou para a necessidade de manter constante o volume de água:

“Coloque duas panelas com a mesma quantidade de água e meça a temperatura das duas panelas de água e faça as comparações.” (o grupo investigou a influência da fonte de calor sobre a temperatura de ebulição da água)

Entretanto, nem todos os grupos refletiram sobre o controle de variáveis ao elaborarem os planos. Então, antes da realização do experimento, a professora fez algumas observações no próprio procedimento para que eles se atentassem a essa questão e não tivessem dificuldade na execução do experimento e, principalmente, na análise de dados. O trecho a seguir mostra o exemplo de um grupo que não refletiu sobre esse fato:

“Colocamos água gelada em uma das panelas e água normal, levamos ao fogo as duas panelas com água, e cronometramos o tempo que as duas levam para ferver. E mediremos a temperatura tanto antes quanto depois (da ebulição) com o termômetro.” (grupo investigou a influência da temperatura inicial do material sobre a temperatura de ebulição da água)

Na segunda aula, os alunos executaram o experimento. Foram evidenciadas poucas dificuldades na realização, uma vez que a professora avaliou os procedimentos previamente e orientou os grupos para a execução. Algumas limitações manipulativas são encontradas principalmente na leitura do termômetro, porém o mais evidente são as dificuldades geradas para analisar os dados e

elaborar a conclusão. Outra consideração a fazer é que os alunos não se engajam na atividade de maneira igualitária. Ao mesmo tempo, alguns compreendem o que estão fazendo e porque estão fazendo, enquanto outros permanecem passivos, à espera de repostas. Entretanto, pode-se perceber que a maioria se engajou na atividade, expôs dúvidas, reelaborou hipóteses e conclusões após a coleta e análise dos dados.

Após a realização do experimento, a professora pede para que os alunos, em grupos, elaborem suas conclusões e façam por escrito um relato do experimento. É solicitado também um relatório individual contendo: objetivos (com previsões), procedimento detalhado e conclusão.

O episódio abaixo mostra a discussão de um dos grupos (que investigou a temperatura inicial do material) com a professora, para elaborar a pergunta inicial, ou seja, o problema que deu início à atividade:

P: O objetivo era analisar o tempo... analisar o tempo que demora para entrar em ebulição. (professora lendo o objetivo descrito pelos alunos)

P: Um mesmo material em temperaturas diferentes... era o tempo? Não era esse o objetivo... era o tempo... o que vocês queriam analisar?

P: O que vocês queriam medir? Vocês mediram o tempo?

Al 3: Sim.

P: Que mais?

Al 4: A temperatura.

P: Vocês queriam analisar o efeito de quem sobre a temperatura?

Al 3: Ebulição.

P: Não.

Al 4: O tempo que demora para atingir a mesma temperatura.

P: Então, gente...

P: Vocês estão variando alguma coisa... o quê?

Al 1: A chama.

P: No caso de vocês, não é a chama... o que vocês variaram não era a chama então... qual que era o objetivo de vocês?

Al: A água que...

P: Isso.

Al 1: O que era para variar era a água.

Al 1: Temperatura da água, mas o que variou foi a chama.

P: Por que vocês colocaram gelo na água?

P: Para variar o quê?

P: O material da água...

Al: A temperatura.

P: Isso.

P: O que que vocês querem avaliar?

P: Eu quero que vocês formalizem a pergunta.

P: Qual que é o efeito da...

Al: Da temperatura sobre a ebulição.

P: Isso... da temperatura inicial do material sobre o que da ebulição?

Al: Quanto tempo demora.

P: Quanto tempo demora e o que mais?

Al 1: A que temperatura.

P: Isso... a que temperatura ocorre a ebulição.

Esse episódio mostra que esse grupo de alunos permanece com dificuldades em compreender o que estavam analisando. Matthews (1994) adverte que a emissão, interpretação e teste das hipóteses são etapas difíceis para alguns e que não se trata de um processo direto nem suficientemente simples. Dessa forma, a intervenção da professora foi de extrema importância para auxiliá-los a entenderem e expressarem seus raciocínios e estimulá-los a não desistirem do desafio.

O aluno 1 também se refere ao fato de a chama do bico de Bunsen não ter se mantido constante e afetar os resultados. A ideia dele faz sentido, uma vez que o grupo utilizou bicos de Bunsen com diferentes intensidades de chama para investigar a temperatura de ebulição da água à temperatura ambiente e gelada. Isso fez o aluno sugerir uma segunda variável para o problema e obter o resultado inverso ao esperado, ou seja, a água à temperatura ambiente demorou mais para atingir a temperatura de ebulição. Também, os alunos, até o momento, não verificaram que a temperatura de ebulição obtida foi a mesma, por mais que o resultado em relação ao tempo para atingir a temperatura de ebulição

tenha sido o inverso ao previsto por eles. A discussão do grupo com a professora prossegue, conforme mostra o episódio abaixo:

P: Que aconteceu com a temperatura de ebulição?

Al: Ficou a mesma.

P: Isso... por que eu estou insistindo tanto nessa pergunta? Não só vocês... vários grupos estão analisando totalmente o tempo de ebulição... é importante analisar o tempo... tudo bem é... mas eu não estou querendo só o tempo, eu estou querendo o tempo na...

Al 4: Temperatura.

P: Isso, Al4, temperatura.

P: Então, a conclusão ela tem que contemplar além do tempo a temperatura... o que aconteceu com a temperatura de ebulição?

Al: É igual.

P: A temperatura inicial do material afeta temperatura na qual ele ferve?

Al 4: Não, só que... só o tempo.

P: Obrigada, Al 4.

No diálogo acima, observa-se que os alunos se referem ao tempo que demorou para a água entrar em ebulição e não à temperatura de ebulição. Os alunos concluem que o resultado foi o inverso ao proposto, pois esperavam que a água à temperatura ambiente entrasse em ebulição mais rapidamente que a água gelada, porém como a chama não permaneceu constante, o resultado obtido foi o contrário. Entretanto, o Al 1 e, depois, o Al 4 expressam seus entendimentos com relação às medidas de temperatura de ebulição obtidas serem iguais, conseguindo analisar as variáveis e elaborar uma conclusão com o auxílio da professora. Esse raciocínio também pode ser verificado nas conclusões elaboradas por escrito pelos alunos. A fim de facilitar a compreensão dos outros do grupo, a professora, então, sugere repetir o experimento. Eles o refazem e se agrupam para terminar o relatório. Dessa vez, a chama foi controlada, uma vez que realizaram as medidas de temperatura utilizando o mesmo bico de Bunsen.

Após o término do experimento e da discussão entre os alunos e também com o auxílio da professora, os relatórios em grupo foram entregues. A leitura desse material por ela foi muito importante para que pudesse orientar a elaboração dos relatórios individuais.

Na terceira aula, houve uma discussão com a sala sobre os resultados e as conclusões obtidos pelos grupos. Essa etapa da aula permitiu que os alunos explicitassem suas ideias sobre suas conclusões, relacionando-as com as hipóteses iniciais. É importante que eles percebam que suas hipóteses nem sempre são comprovadas e que podem ser contrariadas. Entretanto, é importante também que pensem sobre as razões pelas quais os resultados obtidos não foram os esperados. Eles puderam, com o auxílio da professora, expor suas conclusões e explicitá-las para os colegas, elaborando respostas de ordem mais alta, ao sintetizar suas ideias, relacioná-las e analisar as variáveis do problema.

Os relatórios individuais entregues pelos alunos revelam certa dificuldade destes em expressarem suas ideias por escrito, mas se pode afirmar que a grande maioria compreendeu a importância do controle de variáveis e o que se pretendia com a realização da sequência de aulas e a atividade experimental. Os trechos a seguir se referem a objetivos, previsões e conclusões descritas por alguns alunos em seus relatórios individuais:

Objetivo: Observar se que a fonte de calor afetava o tempo de ebulição e a temperatura.

Objetivo: O objetivo do experimento é descobrir se a temperatura de ebulição muda com a variação da quantidade de água. Esperamos que as temperaturas sejam as mesmas, independente da quantidade de água.

Previsões: Nosso grupo previa que o maçarico esquentaria mais rápido porque o fogo é mais contínuo; mas quando a água ferve não importa se vai estar no maçarico ou na lampa-

rina, pois a água já começou a ferver a uma certa temperatura.

Conclusões: O maçarico fez com que a água atingisse a ebulição (92 °C) em 15 minutos já a lamparina ficou acesa durante 20 minutos para que a água chegasse a ebulição.

Na quarta aula, a professora propõe uma questão – A temperatura de ebulição pode ser utilizada para identificar um material? – para fechamento do assunto, para que os alunos reflitam sobre todas as etapas de investigação. A grande maioria dos alunos respondeu satisfatoriamente. Essa questão exigia dos alunos aplicar conceitos para explicar o problema, ou seja, habilidades de ordem de cognição mais baixa (Zoller e cols., 2002).

Entretanto, muitas das outras questões propostas pela professora durante a sequência de aulas exigiam dos alunos habilidades cognitivas de ordem mais alta como, por exemplo, propor hipóteses, fazer inferências, analisar e avaliar as relações causais do problema. Sendo assim, os alunos não se limitam a aplicar uma lei estabelecida, mas utilizam operações lógicas para suas explicações (Carvalho, 1992) como, por exemplo, quando identificaram as variáveis do experimento, isto é, para investigar a influência da intensidade da chama na temperatura de ebulição, deveriam manter constantes o material (água), o recipiente e o volume do material investigado.

É importante relatar que grande parte das respostas dos alunos é condizente com as questões propostas pela professora, indicando que, quando esta exigia habilidade de ordem superior deles, estes elaboraram respostas que revelavam habilidades cognitivas de ordem mais alta.

Assim, fica evidente a importância da conduta da professora na sala ao elaborar e propor questões e situações que exigiam mais cognitivamente dos alunos.

Ao avaliar essa experiência de ensino, percebe-se que uma dificuldade encontrada por eles se refere à influência do tempo na temperatura de ebulição. Muitos descreveram nos

seus planos experimentais o tempo como a variável a ser investigada como, por exemplo: “Investigar quanto tempo demora para a água entrar em ebulição”. Assim, numa futura aplicação dessa atividade, será considerada uma discussão mais aprofundada sobre essa questão antes e depois da realização do experimento.

A avaliação do processo também mostrou a importância das discussões pré e pós-laboratório, pois essas etapas permitiram que a professora pudesse identificar as ideias prévias dos alunos e que estes as expusessem, argumentando e discutindo com os pares. Nesse processo, eles podem desenvolver suas habilidades cognitivas (Pintrich e cols., 1993), pois as discussões orais realizadas durante o pré e o pós-laboratório podem permitir que façam conexões significativas entre o fenômeno observado e os dados e os conceitos desenvolvidos nas aulas. Discussões pré-laboratório são importantes para problematizar a atividade, discutir as ideias principais e orientá-los sobre o que observarão e por quê, a fim de que pensem sobre o problema e proponham suas hipóteses; e as discussões pós-laboratório podem ajudar os estudantes a pensar sobre os dados obtidos, como os analisar e como conectar esses dados com os conceitos estudados (Nakhleh e cols., 2002).

Deve-se considerar ainda que a intervenção da professora foi fundamental em alguns momentos da aula. Durante o levantamento de hipóteses e conclusões, foi preciso auxiliar os alunos na construção de suas explicações, pois muitas vezes eles não conseguiam explicitar seus pensamentos de maneira inteligível, necessitando da ajuda dela para a elaboração de uma resposta mais completa. Entretanto, durante a elaboração dos relatórios, a presença da professora não era integral nos grupos, e os alunos precisavam utilizar suas próprias ideias e sintetizá-las de forma a permitir que outra pessoa as compreendesse. A dificuldade encontrada pelos alunos para elaborar seus argumentos por escrito pode ser justificada pelo fato de a escrita exigir elevada demanda cog-

nitiva como, por exemplo, habilidade de síntese e clareza das informações descritas e, também, uma maior autonomia e independência por parte dos estudantes. Assim, é importante que sejam elaboradas e executadas atividades em sala de aula que favoreçam o desenvolvimento dessa habilidade (Rivard e Straw, 2000).

Em entrevista realizada com os alunos após a sequência de aulas, estes explicitam sua preferência por esse tipo de atividade, conforme mostram as falas de alguns deles a seguir:

Al 15: Ah sim. A professora deixou o trabalho na nossa mão, aí você que tem que fazer tudo. Achei bem legal.

Al 16: Foi um pouco trabalhoso, só que no final foi legal e você sabe o que você tá fazendo ali... foi o que você pensou e sabe o que você vai fazer [...]. É que é mais interessante, mais legal você mesmo investigar, você não saber o que que tem... fazer por conta própria.

A atividade de Laboratório Aberto proposta pela professora parece ter contribuído para que os alunos refletissem sobre o problema proposto, pois puderam relacionar os dados obtidos com as hipóteses enunciadas e obtiveram, assim, suas conclusões, exibindo habilidades cognitivas de ordem mais alta como seleção, análise das variáveis e de informações relevantes, proposição e investigação das hipóteses e elaboração de conclusões.

Entretanto, o professor, ao elaborar e executar essas atividades, precisa se preparar conceitualmente e pedagogicamente, porque podem acontecer situações não planejadas no decorrer da aula como, por exemplo, questionamentos não diretamente relacionados ao assunto em estudo, administração do tempo para a realização das atividades, resultados não condizentes com o esperado. Assim, precisa ter flexibilidade para mudar o caminho da aula, tomando o cuidado de não criar ainda mais dificuldades conceituais nos alunos.

De maneira geral, na grande maioria dos questionamentos apresentados

pela professora, há uma ideia ou argumento de um aluno em seguida. Essa mediação é importante para que os estudantes aprendam como conduzir as variáveis da investigação, tais como questionar, coletar dados, analisar os resultados e elaborar explicações.

O tempo dedicado pela professora para o desenvolvimento do conceito de temperatura de ebulição pode ser considerado elevado quando comparado ao exercido em outras escolas, com duração de, normalmente, uma ou duas aulas. No entanto, é importante relatar que, apesar de a professora obedecer a um planejamento escolar, o fato de a atividade ter uma duração considerada extensa para um conteúdo simples por alguns professores, não influenciou o desenvolvimento da atividade, uma vez que ela não se preocupava apenas com o conteúdo dado, mas com a compreensão deste pelos alunos. Assim, estes puderam participar de uma atividade que exigiu habilidades cognitivas de ordem mais alta; entrar em contato com processos típicos de uma investigação científica, como elaboração e interpretação das hipóteses; comunicar e discutir as conclusões obtidas; e desenvolver sua capacidade de argumentação oral e escrita.

Assim, é importante que, ao elaborar uma atividade dessa natureza, o professor mude sua postura para um professor mediador e questionador, permitindo que os alunos expressem suas ideias (Capecchi e cols., 2002; Garrido, 2006).

Apesar das dificuldades enfrentadas pelos alunos na elaboração do planejamento e da execução do experimento, eles demonstraram interesse pela investigação e manifestaram habilidades cognitivas de ordem mais alta como elaboração de hipóteses e análise de dados para a sua confirmação ou refutação. As atividades experimentais investigativas também têm o potencial de aumentar as relações sociais, atitudinais e o crescimento cognitivo. O ambiente informal do laboratório, se comparado com a sala de aula, contribui para interações mais construtivas entre os alunos e estes com o professor, criando um ambiente de aprendizagem mais positivo (Hofstein, 2004).

A liberdade dada pela professora ao permitir que os alunos participassem de todos os processos da investigação, desde a elaboração do procedimento até a comunicação dos resultados para os pares, contribuiu para a manifestação de habilidades cognitivas de mais alta ordem.

A professora pôde, por meio da proposição de hipóteses, evidenciar as ideias alternativas que os alunos apresentavam sobre a temperatura de ebulição e os fatores que o modificavam. A análise das transcrições e dos relatórios dos alunos mostrou que estes compreenderam que a temperatura de ebulição não é afetada por alguns fatores como temperatura inicial do material nem pela intensidade da chama utilizada no aquecimento do material, aspectos que respondem à questão inicial proposta pela professora.

Entretanto, é importante que não se atribua às atividades experimentais investigativas a solução para os problemas de aprendizagem. Elaborar e executar atividades dessa natureza não é um processo simples, exige que, além do aluno, o professor também esteja engajado na sua realização. Além de dominar o conteúdo a ser desenvolvido, o docente precisa de tempo e cautela para elaborar uma atividade experimental investigativa e, também, deve se atentar aos pontos frágeis que podem gerar ambiguidades ou dificuldades conceituais nos alunos.

Também o professor precisa ter flexibilidade em sala de aula para, se necessário, adaptar-se às circunstâncias do processo de aprendizagem em andamento e às necessidades dos alunos (Moraes, 2003). Assim, a conduta do professor em sala se torna um dos papéis mais importantes durante as atividades experimentais investigativas. Ele precisa problematizar o conteúdo desenvolvido, dialogar e questionar os alunos, permitindo que estes exponham suas ideias e discutam com os pares.

Assim, se essas atividades forem utilizadas de maneira a aproveitar seus aspectos favoráveis, respeitando os limites conceituais dos alunos, permitindo que estes estejam ativos no processo de resolução desta,

elas podem contribuir para a construção de conhecimentos químicos e o desenvolvimento de habilidades cognitivas necessárias para a formação de indivíduos críticos e com atitude – que saibam justificar e argumentar suas ideias baseadas em conhecimentos científicos, inteligíveis e plausíveis –, habilidades exigidas por nossa sociedade em

constante transformação.

Nota

1. MORAES, R. Experimentação no ensino de Ciências. *Projeto Melhoria da Qualidade de Ensino - Ciências 1º Grau*. Governo do Estado do Rio Grande do Sul – SE, 1993.

Rita de Cassia Stuart (ritastuart@dqf.ufla.br), licen-

ciada em Química pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), mestre em Ensino de Ciências (Química) pela Universidade de São Paulo (USP), é professora Assistente do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras (UFLA). **Maria Eunice Ribeiro Marcondes** (mermarco@iq.usp.br), bacharel e licenciada em Química e doutora em Ciências pela USP, é docente do Instituto de Química da USP. **Maria Fernanda Penteado Lamas** (marifer@fe.usp.br), licenciada e bacharel em Química, mestre em Ciências (físico-química) e em Ensino de Ciências (Química) pela USP, é professora do Colégio da Aplicação da USP.

Referências

CAPECHI, M.C.V.M.; CARVALHO A.M.P. e SILVA, D. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. *Ensaio - Pesquisa e Educação em Ciências*, 2(2), p. 1-15, 2002.

CARVALHO, A.M.P.; SANTOS, E.I.; AZEVEDO, M.C.P.S.; DATE, M.P.S.; FUJII, S.R.S. e NASCIMENTO, V.B. *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo: FEUSP, 1999.

CARVALHO, A.M.P. Construção do conhecimento e ensino de ciências. *Em Aberto*, 55, 1992.

DOMIN, D.S. A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, n. 76 (4), p. 543-547, 1999.

FERNANDES, M.M. e SILVA, M.H.S. O trabalho experimental de investigação: das expectativas dos alunos às potencialidades no desenvolvimento de competências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4 (1), p. 45-58, 2004.

GABEL, D.L., SHERWOOD, R.D. e ENOCHS, L. Problem-solving skills of high school chemistry student. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 21, p. 221-233, 1984.

GARRIDO, E. Sala de aula: espaço de construção do conhecimento para o aluno e de pesquisa e desenvolvimento profissional para o professor. In: CASTRO, A.D. e CARVALHO, A.M.P. (Eds.). *Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média*. São Paulo: Thomson Learning, 2006. p. 125-139.

GIL-PÉREZ, D. e VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio con investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de Las Ciencias*, n. 14(2), p. 155-163, 1996.

GIL-PÉREZ, D.; CACHAPUZ, A.; CARVALHO, A.M.P.; PRAIA, J. e VILCHES, A. *A necessária renovação do ensino das*

ciências. São Paulo: Cortez, 2005.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de Las Ciencias*, 12(3), p. 299-313, 1994.

_____. Teaching and learning chemistry in the laboratory: a critical look at the research. *Educación Química*, n. 16 (1), p. 30-38, 2005.

HOFSTEIN, A. The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education Research and Practice*, n. 5 (3), p. 247-264, 2004.

LIMA, V.A. *Atividades experimentais no ensino médio – reflexão de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica*. 2004. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LOCATELLI, R.J. *Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem problemas propostos nas atividades de conhecimento físico*. 2006. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

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

MORAES, R. É possível ser construtivista no ensino de Ciências? In: _____. (Org.). *Construtivismo e ensino de ciências reflexões epistemológicas e metodológicas*. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 103-129.

NAKHLEH, M.B.; POLLES, J. e MALINA, E. Learning chemistry in a laboratory environment. In: GILBERT, J.K. et al. (Eds.). *Chemical education: towards research-based practice*. Netherlands: Kluwer Academic, 2002. p. 69-94.

PINTRICH, G.L.; MARX, R.W. e BOYLE, R.A. Beyond cold conceptual change. The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the

process of conceptual change. *Review of Educational Research*, n. 63 (2), p. 167-199, 1993.

RIVARD, L.P. e STRAW, S.B. The effect of talk and writing on learning science, an exploratory study. *Science Education*, n. 84(5), p. 566-593, 2000.

ROSITO, B.A. O ensino de Ciências e a experimentação. In: MORAES, R. (Org.). *Construtivismo e ensino de ciências reflexões epistemológicas e metodológicas*. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 195-208.

SUART, R.C. e MARCONDES, M.E.R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos de ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, 2008.

TAMIR, P. How are the laboratories used? *Journal of Research in Science Teaching*, 14 (4), p. 311-316, 1977.

ZANON, L.B. e SILVA, L.H.A. A experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R.P. e ARAGÃO, R.M.R. (Orgs.). *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Campinas: CAPES; UNIMEP, 2000. p. 120-153.

ZOLLER, U.; DORI Y. e LUBEZKY, A. Algorithmic and LOCS and HOCS (chemistry) exam questions: performance and attitudes of college students. *International Journal of Science Education*, n. 24 (2), p. 185-203, 2002.

Para saber mais

SUART, R.C. e MARCONDES, M.E.R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciências e Cognição*, v. 14, p. 50-74, 2009.

WATSON, R.; PRIETO, T. e DILLION, J. S. The EFFECT OF PRACTICAL WORK ON STUDENTS UNDERSTANDING OF COMBUSTION. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32 (5), 487-502, 1995.

Abstract: The activity "Open Laboratory" for construction of boiling point concept and the manifestation of cognitive skills. Some researches in chemical education have showed the importance in use investigative laboratory work for development of cognitive skills and to allow more participation in the learning process by the students. Thus, this work intended to reflect and discuss the potential of these activities, investigating a teaching experience about the concept of boiling point developed on a public school located in São Paulo. It was observed that students reveal higher order cognitive skills, such as development of hypothesis, and also have some difficulty in understand the relationship between time and temperature.

Keywords: experimental; investigative laboratory; boiling point.