

O EXPERIMENTO DA VELA NA FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS

THE CANDLE EXPERIMENT IN THE SCIENCE TEACHER EDUCATION

Resumo

Esse trabalho estrutura o famoso “experimento da vela” como uma atividade de caráter investigativo, baseando-se no programa *ABC na Educação Científica – Mão na Massa*, e busca integrá-la à formação inicial do professor de ciências. Apresentamos resultados de um estudo exploratório com sete licenciandos de uma universidade pública, em que a atividade foi realizada em dois encontros. Os professores em formação demonstraram dificuldades em compreender as premissas do *Mão na Massa* e os pressupostos das atividades do tipo investigativo em geral, além de um domínio deficiente de conteúdos científicos. Estes resultados sugerem que a formação inicial do professor ciências deva contemplar um maior contato dos licenciandos com projetos investigativos, como o *Mão na Massa*, de modo articulado com a abordagem de conteúdos científicos.

Palavras-chave: Experimento da vela. Formação inicial de professores. Mão na Massa.

Abstract

This work uses the famous “candle experiment” as an inquiry activity, based on the program ABC in Scientific Education – Hands On, and seeks for integrate it into the preparation of science teacher. By presenting the results of an exploratory study with seven future teachers at a public university, where the activity happened in two meetings. The teachers in preparation showed difficulties in understand the premises of Hands On and the assumptions of inquiry activities in general, besides of a deficient comprehension of scientific knowledge. These results suggest that the preparation of science teacher should contemplate a greater contact with investigative projects like as Hands On in an articulate way with the of approach of scientific contents.

Key words: Candle experiment. Science teacher education. Hands On.

Introdução

O chamado “experimento da vela” vem sendo utilizado há tempos pelos professores de ciências do mundo todo. Trata-se de uma montagem simples: uma vela acesa dentro de uma tina parcialmente preenchida com água é coberta por um recipiente de vidro ou uma campânula. Como consequência, extingue-se a chama da vela e o nível de água da região coberta da tina eleva-se (Figura 1).

2

Figura 1: Representação esquemática do experimento da vela.

Esta elevação costuma compreender 20% do volume de ar da campânula, valor coerente como volume percentual de gás oxigênio no ar atmosférico (21%). Assim, costuma-se associar a subida do nível da água ao consumo deste gás pela combustão da vela.

Verificou-se, no entanto, que a explicação baseada apenas no consumo de oxigênio é incompleta. Braathen (2000) relata que o experimento foi debatido repetidamente no *Journal of Chemical Education* até que, entre outras referências, o artigo de Birk e Lawson (1999)

encerrou a polêmica, apresentando evidências teóricas e experimentais de que o oxigênio não

é totalmente consumido nesta combustão.

Em vez disso, o que explica elevação do nível da água é o resfriamento do ar aprisionado

dentro da campânula após a vela apagar-se, o que leva a uma diminuição da pressão neste

ambiente interno. Uma série de outros processos contribui para dificultar ainda mais a análise

deste fenômeno aparentemente simples: a condensação da água em estado gasoso formada

como produto da combustão; a dissolução em água do gás carbônico resultante; a geração de

monóxido de carbono pela queima incompleta da parafina; e a evaporação de hidrocarbonetos

enquanto a vela queima.

O resultado costumeiramente obtido – a elevação do nível da água levando à ocupação de um

volume correspondente a 20% da campânula – trata-se apenas de uma coincidência. “O método da combustão da vela é um excelente exemplo de como se pode obter a resposta ‘certa’ pelas razões erradas” (BRAATHEN, 2000, p. 44). Na verdade, a concentração de oxigênio diminui para valores entre 14 e 19% após a combustão (PECKHAM, 1993; MacNEIL & VOLARIC, 2003; LEITE & ESTEVES, 2005), sendo que os aspectos cinéticos

desta reação são proeminentes sobre os termodinâmicos e estequiométricos para justificarem a

extinção da chama (VITZ, 2000).

Uma proposta para a formação de professores de ciências

Reportam-se na literatura diversas possibilidades para o emprego do experimento da vela em

uma perspectiva mais crítica, isto é, mais consciente da complexidade do sistema em questão

e das dificuldades em interpretar corretamente os fenômenos que ali ocorrem.

Por exemplo, MacNeil e Volaric (2003) apresentam uma proposta em que o experimento foi

realizado com calouros do curso superior de Química de uma universidade estadunidense.

Numa perspectiva investigativa, foram trabalhados conteúdos sobre combustão incompleta,

termodinâmica, cinética química e cromatografia gasosa. Os autores constaram que, além de

obterem melhor desempenho em testes de conhecimento, os pupilos relataram ter apreciado a

3

atividade e a oportunidade de trabalhar com um problema da vida real, em um formato que

“faz os alunos pensarem mais” (p. 303).

No Brasil, temos o relato de Galiuzzi e colaboradores (2005) em que o experimento integrou

uma atividade que pretendeu “problematizar e tornar mais complexos os conhecimentos dos alunos [de graduação em Química] acerca da reação de combustão” (p. 28). Nesta atividade, o experimento da vela não foi empregado somente em sua forma clássica, mas também com o uso de modificações e experimentos alternativos, sempre visando ao diálogo entre os estudantes e à elaboração, por sua parte, de argumentos coerentes com o discurso químico aceito na comunidade científica.

Parece-nos acertado, por parte dos proponentes desta última atividade, que seu primeiro momento tenha consistido de um questionamento sobre as concepções dos estudantes participantes a respeito do processo de combustão, enquanto uma reação química. Relatam os autores que, no caso em questão, os participantes demonstraram uma compreensão inicial incompleta, quando não equivocada, dos fenômenos que ocorrem no experimento da vela e das combustões em geral. Entre estas concepções problemáticas estão: o não reconhecimento da parafina como reagente, o *desaparecimento* do gás oxigênio com o processo, confusão entre a ocorrência de transformações físicas e químicas, além da explicação simplória de que a água ocupa o volume deixado pelo oxigênio consumido, já relatada na introdução deste trabalho.

De fato, as dificuldades envolvendo a aprendizagem da combustão e das oxidações em geral já se manifestam em níveis anteriores à educação superior. Watson, Prieto e Dillon (1997)

examinaram a consistência das explicações de 150 estudantes entre 14 e 15 anos sobre combustão, concluindo que: seus raciocínios tendem a ser lineares, sem levar em conta variáveis diversas; as inconsistências de suas explicações podem parecer consistentes dentro

de seu ponto de vista; atêm-se aos elementos visíveis do fenômeno em estudo, ignorando

aqueles que não conseguem observar diretamente; e interpretam os fenômenos em relação às

propriedades absolutas dos objetos, no lugar de considerar as interações entre os elementos do

sistema. Assim, quando interrogados sobre combustões, não mencionam em suas respostas

substâncias gasosas (exceto, por exemplo, se provocados a discorrer sobre o papel do oxigênio nestes processos) nem se referem à conservação da massa dos reagentes aos produtos, também não se expressando em termos de partículas atômicas ou moleculares.

Os

estudantes do ensino secundário (médio) constroem conceitos sobre transformações químicas

de modo muito particular, constituindo um conhecimento fragmentado e inconsistente,

fortemente apoiado em evidências concretas. Mesmo as equações químicas que empregam, e as explicações verbais e definições que as acompanham, não passam de um “conhecimento

inerte” (VALANIDES, NICOLAIDOU & EILKS, 2010, p. 170).

Leite e Esteves (2005) apresentaram a estudantes universitários, futuros professores de Física

e Química, três roteiros de atividades experimentais do tipo “receita de bolo” (que apresentam

de antemão as conclusões que o executante deverá formular), sendo uma delas o experimento

da vela. Os resultados levaram as autoras a concluir que os estudantes mostram dificuldades

em identificar inconsistências e incorreções de atividades de Química usadas na educação

básica. Percebem as autoras que, comumente, os manuais escolares e os materiais de

laboratório, ao apresentarem o experimento da vela, conduzem as conclusões em direção a um

terreno não apoiado em evidências e resultados obtidos durante os passos sugeridos pelos

próprios roteiros. Por exemplo, é incomum que as propostas para a realização do experimento

da vela sugiram algum processo confirmatório para a apressada conclusão de que todo o oxigênio da campânula foi consumido na combustão da parafina, tomando-se como fato o que

ainda é passível de refutação. As autoras finalizam afirmando que

4

o fato de os participantes não sentirem a falta de evidências nas atividades que lhes foram apresentadas sugere a necessidade de envolver estes estudantes quer em situações que exijam o desenho de atividades laboratoriais que permitam a recolha de dados que constituem evidências de uma dada idéia, quer na análise de dados com vista à elaboração de conclusões previamente desconhecidas deles. Esta é, também uma condição necessária para garantir nos futuros alunos destes futuros professores o desenvolvimento da capacidade de utilizar evidências na construção de argumentos e na elaboração de conclusões, dentro e fora da sala de aula, e de contribuir para a implementação das orientações curriculares para o Ensino Básico (p. 16).

Considerando, portanto, o fato do experimento da vela ser uma montagem que proporciona

possibilidades para o trabalho em sala de aula tão numerosas quanto são os fenômenos nele

envolvidos, além de bastante familiar a estudantes dos diversos níveis e de fácil realização,

apresentamos neste trabalho uma proposta para seu estudo durante a formação inicial de professores de ciências. Incorporando as críticas e questões problemáticas levantadas nestes

trabalhos acima referenciados, tanto as relacionadas à própria execução do experimento, quanto as que lidaram com a aprendizagem da combustão enquanto transformação química,

nossa proposta buscou orientar-se pelos princípios do programa *Mão na Massa*.

O projeto ABC na Educação Científica – Mão na Massa

O projeto *ABC da Educação Científica - Mão na Massa* iniciou-se na década de 1990 com o

programa americano *Hands on*, estendendo-se à França em 1995, onde adotou a denominação

Le main à la pâte. O programa chegou ao Brasil em 2001, como atividade de cooperação

entre as academias de ciências do Brasil e da França. Inicialmente foi instalado em escala

piloto, nas cidades de São Paulo, São Carlos e Rio de Janeiro sob coordenação, respectivamente, da Estação Ciência, do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC)

e da Fundação Oswaldo Cruz. Em São Carlos, onde desenvolvemos este trabalho, as atividades do programa envolvem “cursos de formação continuada [de professores], mostras

de trabalhos, produção de material didático e adaptação de material de apoio” (SCHIEL &

ORLANDI, 2009, p. 9).

O *Mão na Massa* apresenta uma metodologia para o ensino de ciências baseada na investigação, com grande ênfase na educação infantil e nas séries iniciais do ensino fundamental. As atividades deste programa propõem que as crianças realizem atividades diferenciadas em sala de aula, priorizando a discussão, o planejamento, a experimentação e a

observação, articulando a construção do conhecimento científico com o desenvolvimento das expressões oral e escrita.

Assim, as atividades do *Mão na Massa* não podem ser descritas por uma estrutura linear, nem

resumidas à realização de experimentos em sala de aula. A formulação das primeiras hipóteses após a delimitação de uma questão problematizadora guiará não apenas o planejamento e a execução de atividades experimentais, mas também pesquisas bibliográficas

e estratégias diversas (como passeios, simulações, observação de fenômenos, etc). O registro

do processo é etapa indispensável: para os alunos, facilitará a análise dos dados e auxiliará no

processo de alfabetização; para o professor, ajudará na compreensão de seu trabalho, demandando um momento de reflexão (SCHIEL & ORLANDI, 2009). Sobre o papel da leitura e da escrita no ensino de ciências, considerando especificamente as atividades do *Mão*

na Massa, Zanon e Freitas (2007, p. 96) afirmam que:

Ao se trabalhar na perspectiva de um conhecimento que se constrói, a necessidade da pesquisa e do registro faz com que a utilização da escrita e da leitura seja uma constante, qualquer que seja a área do conhecimento que se está trabalhando.

Escrever e ler passam a ter significado, pois são instrumentos essenciais de

5

comunicação e registro das concepções, da questão de pesquisa, do observado, do manipulado, do constado do texto coletivo negociado.

Sob a ótica do desenvolvimento da linguagem, o método do projeto ABC na Educação Científica – *Mão na Massa* considera que a Ciência apresenta uma linguagem própria e uma forma particular de ver o mundo, construída e validada socialmente. O aluno é estimulado o tempo todo a falar sobre determinado fenômeno, procurando explicá-lo para os colegas, e o professor, discutindo e

considerando diferentes pontos de vista.

O experimento da vela como atividade Mão na Massa

Neste trabalho, defendemos que, ainda que concebido para aplicação nas etapas iniciais da

escolaridade, as premissas do *Mão na Massa* podem ser aplicadas a qualquer estágio de educação científica e, em particular, a cursos de licenciatura. Neste último caso, a metodologia do programa possibilitaria não somente uma melhor formação científica para o

licenciando, mas também uma contribuição para a melhor preparação do futuro professor para sua vida profissional.

Consideramos ainda que o fato de uma atividade do tipo *Mão na Massa* ser desenvolvida com

estudantes de um nível mais avançado evitaria a influência de um problema que Zanon e Freitas (2007) registraram ao estudar situações envolvendo alunos das séries iniciais do ensino fundamental, que “tiveram dificuldade ou não estavam acostumados a criar por si

mesmos as propostas de experimentos” (p. 101). Ou seja, estes pequenos escolares não foram

ainda capazes de canalizar de modo produtivo a autonomia de que dispunham naquela situação de ensino e aprendizagem. A princípio, este não deveria ser um grande problema

para os estudantes da educação superior.

Devemos esclarecer que esta proposta integrou um projeto mais amplo, que incluía, além da

investigação sobre contribuições de atividades *Mão na Massa* para a formação inicial docente, a preparação de materiais instrucionais, a produção de textos para subsidiar atividades do magistério e a elaboração de uma disciplina de caráter optativo a ser oferecida

regularmente aos cursos de graduação da instituição universitária a que os autores estão vinculados. Neste trabalho serão apresentados e discutidos somente impressões e resultados

preliminares, oriundos de uma atividade de caráter exploratório envolvendo o experimento da vela.

Inicialmente, realizamos uma série de encontros entre os pesquisadores para discutir os trabalhos já publicados a respeito desta atividade experimental (muitos deles já recuperados

na introdução deste documento). Estes encontros culminaram na visita a um laboratório científico, onde realizamos o experimento repetidas vezes. Buscamos, nesta ocasião, observar

atentamente os fenômenos ali reproduzidos e estruturar possíveis modelos para seu estudo.

Concentramos nossa atenção em aspectos que poderiam envolver algum tipo de quantificação,

por exemplo, o volume de água deslocado após a extinção da chama e suas possíveis variações conforme a utilização de diferentes aparatos experimentais (campânulas – no caso,

béqueres – de tamanhos diferentes, velas de qualidades e tamanhos diversos, maior ou menor

quantidade de água na tina, etc). Além destas variações, experimentamos substituir certos materiais (por exemplo, empregar um funil de vidro no lugar da campânula para cobrir a vela, e observar se a chama se apagaria da mesma forma) e até realizamos montagens alternativas, como o “experimento da vela sem a vela” (KRNEL & GLAZAR, 2001). Nossa intenção foi esboçar um quadro dos possíveis problemas que docentes em formação poderiam encontrar em uma situação em que precisassem investigar os fenômenos envolvidos no experimento da vela, sobretudo a elevação do volume de água após a extinção da chama. Levantamos também uma lista de possíveis recursos materiais que estes estudantes poderiam requerer para concluir com sucesso o trabalho investigativo, desde *handbooks* com 6 informações factuais sobre processos físicos e químicos, até aparato instrumental de laboratório (vidrarias, termômetros, mangueiras, indicadores, entre outros). Concluimos que a atividade poderia demandar uma carga horária elevada de trabalho teórico e experimental para ser concluída pelos professores em formação, dada a diversidade de caminhos pelos quais poderiam enveredar. Ao debruçarmo-nos sobre o experimento da vela pudemos perceber claramente – e *vivenciar* – o quão aberta esta atividade pode ser, e quão profícua ao estudo dos mais diversos conteúdos num ambiente de investigação livre, como já haviam relatado MacNeil e Volaric (2003) e Galiazzi e colaboradores (2005). Este elevado grau de abertura, e também a necessidade de uma frequente tomada de notas e registros para o acompanhamento das operações e para guiar decisões futuras, tornaram evidente o potencial do experimento da vela como atividade do tipo *Mão na Massa*. No entanto, tínhamos claro que atividades abertas demais, mesmo para estudantes de níveis avançados, poderiam até mesmo prejudicar a aprendizagem. Uma atividade com um grau de estruturação muito baixo pode levar os alunos a sentirem-se “perdidos” e desestimulados a prosseguir em sua execução. Assim sendo, decidimos que a atividade poderia ser proveitosa para os estudantes em formação caso fosse precedida pela leitura de um texto. A importância de textos introdutórios é a de iniciar um diálogo entre os alunos, com a finalidade de promover a produção de idéias, o trabalho em grupo e o compartilhamento de explicações (CARVALHO, 1999). O texto que propusemos, buscando incorporar estas funções, apresentava informações sobre aspectos didáticos do experimento da vela, por exemplo, o fato de ele constar como proposta de atividade experimental mesmo em livros

didáticos de ciências para as séries iniciais do ensino fundamental¹, além de introduzir aos

estudantes o aspecto controverso das explicações comumente difundidas sobre esta montagem. Finalizando, o texto sugeria leitura do artigo de Braathen (2000) publicado no

periódico *Química Nova na Escola*, intitulado *Desfazendo o mito da combustão da vela para*

medir o teor de oxigênio no ar. A sugestão de um artigo para subsidiar o estudo do experimento da vela teve como intenção “abrir o caminho” para que os professores em formação consultassem outros textos científicos durante suas investigações.

Em resumo, a atividade proposta teve como características:

- Envolver o estudo de um problema complexo e real – a busca de explicações para os fenômenos presentes na montagem do experimento da vela. Estes fenômenos não poderiam ser totalmente esclarecidos recorrendo-se apenas a uma disciplina científica, demandando, portanto, a compreensão de aspectos químicos (a reação de combustão da parafina da vela, com a consequente formação de água em estado gasoso e gás carbônico, além de eventuais produtos de uma combustão incompleta) e físicos (a dissolução do gás carbônico formado em água, a condensação da água, a contração do volume de gases dentro da campânula com a extinção da chama) presentes.

Especificamente no caso dos fenômenos químicos, previu-se a incursão dos licenciandos no estudo da termodinâmica e da cinética química;

¹ Em uma análise das 12 coleções aprovadas no Programa Nacional do Livro Didático 2007 – obras que estiveram em uso nas escolas públicas brasileiras entre 2007 e 2010 – encontramos 11 propostas de atividades

experimentais relacionadas com o tema *combustão*. Destas, a grande maioria apresentava montagens com velas,

embora o experimento da vela propriamente dito não tenha sido encontrado. Mesmo assim, estas montagens

visavam demonstrar que, uma vez coberta por um recipiente, como um copo, uma vela acesa irá se apagar graças

ao total consumo do gás oxigênio disponível.

7

- Ser iniciada pela leitura de um texto introdutório, buscando apresentar o problema em questão e indicar possíveis fontes bibliográficas que pudessem ser consultadas durante sua investigação;
- Ser aberta à experimentação no laboratório científico, em que estivessem disponíveis todos os aparatos e instrumentos que os professores em formação requisitassem para conduzir sua investigação. Previu-se, aqui, a possibilidade de diversos parâmetros serem variados, à procura de relações de quantificação, e a realização de montagens alternativas que pudessem contribuir para elucidar o experimento inicial;
- Demandar uma atividade sistemática de pesquisa em fontes diversas, em especial aquelas veiculadas nos meios de divulgação científica. A pesquisa bibliográfica deveria ser considerada tão importante e necessária quanto a pesquisa no laboratório didático;
- Exigir a constante tomada de notas, de modo a enfatizar e explicitar a importância do registro de todos os passos realizados durante o processo investigativo; e
- Ser concluída com o compartilhamento dos resultados entre os diversos grupos de estudantes que a realizaram de modo a sublinhar a importância da comunicação e da divulgação do conhecimento científico. Esta característica

complementa a anterior, já que a redação de um documento final, a ser compartilhado entre pares, representaria o ápice do processo de apropriação da linguagem científica nesta situação.

Alguns resultados preliminares

No estudo exploratório que realizamos, apresentamos a atividade, estruturada do modo como

a descrevemos, a um grupo de sete alunos de um curso de licenciatura em ciências de uma

universidade pública, durante o mês de outubro de 2009. Os participantes (cinco homens e

duas mulheres) tinham idades entre 20 e 30 anos e preparavam-se para cursar as habilitações

específicas de seu curso, o que à época só ocorria a partir quarto ano de graduação. A

participação dos alunos foi voluntária, estendendo-se por sete encontros semanais, em que

foram trabalhadas diferentes atividades do tipo Mão na Massa. O experimento da vela foi

desenvolvido em dois dos encontros, cada um com a duração de duas horas.

Ao final da atividade, o grupo de voluntários respondeu a quatro questões abertas:

1) Como você utilizaria esse experimento em uma sala de aula?

2) O que você acha que pode acontecer nesse experimento?

3) Para você o que é mensurável nesse experimento? Como você quantificaria?

4) Você vê alguma aplicação desse experimento no ensino (Básico e/ou Superior)?

As questões foram aplicadas com a finalidade de situar os licenciandos na ação docente, requisitando do grupo de voluntários uma postura de professor que conhecesse o programa

Mão na Massa e soubesse como desenvolver uma atividade experimental do tipo investigativo, como a estruturada durante esta pesquisa.

A coleta de dados guiou-se pelos pressupostos da abordagem qualitativa (LÜDKE & ANDRÉ, 1986), recorrendo à observação e à análise do conteúdo das respostas ao questionário, que foram classificadas em um sistema de categorias descritivas. O objetivo do

estabelecimento destas categorias foi explicitar como cada voluntário enxergou a atividade

investigativa do experimento da vela e como a situaria futuramente na sua ação docente.

As

8

respostas aos questionários foram transcritas de forma a preservar a redação de cada voluntário, sendo ocultada sua identidade. Os sete sujeitos foram nomeados com códigos de

A1 a A7. Notou-se, porém, que as respostas de A5, A6 e A7 foram praticamente iguais. Estes

estudantes pertenciam a um mesmo grupo e se organizaram de modo responder às questões

com a mesma redação. Os três foram representados, portanto, pelas respostas de A5.

O experimento da vela numa futura ação docente

Quanto a possíveis aplicações do experimento da vela em atuações futuras no magistério,

todos os participantes demonstraram predisposição em integrá-lo em suas aulas, conforme as

respostas às questões 1 e 2. No entanto, apesar de estarem vivenciando uma atividade do tipo

Mão na Massa, nenhum participante se referiu às características do programa, propondo usos

do experimento principalmente como atividade demonstrativa:

Utilizaria o experimento como introdução de uma aula sobre composição do ar atmosférico ou sobre o conceito de pressão. O experimento seria realizado apenas pelo professor como uma forma de proteção aos alunos (A2).

Eu faria o experimento somente na minha mesa, pois dependendo da idade dos alunos, eles podem se queimar (A4).

Um dos participantes chegou a propor que o experimento serviria para a confirmação de ideias dos estudantes:

Primeiramente, explicaria como funcionaria o experimento e pediria que os alunos escrevessem uma prévia do que aconteceria. Em seguida, realizaria o experimento para que confirmassem suas idéias (A1).

Estas respostas, que compreendem desde propostas de demonstrações simples/ilustrativas ao

desenvolvimento de uma sequência de ensino a partir do experimento (como se este fosse

uma espécie de “mote”), foram acompanhadas da justificativa de que os fenômenos apresentados podem parecer curiosos aos estudantes da educação básica, levando-os a se

envolverem ativamente:

Os alunos irão se questionar o porque o nível da água sobe dentro do vidro ao se apagar a chama da vela (A3)

Após a realização do experimento, poderá causar um debate entre os alunos em relação aos resultados obtidos (A5).

Estes licenciandos conceberam a montagem, portanto, principalmente como potencial demonstração introdutória com fins motivacionais.

O sujeito A4 parece não compreender como seria o desenvolvimento de uma atividade do tipo

investigativo, nem qual seria sua função, confundindo-a com uma espécie de maiêutica socrática:

Apresentaria o experimento e analisaria a expressão das crianças e instigaria a curiosidade com perguntas relacionadas ao experimento e com o método investigativo ‘arrancaria’ as respostas certas dos alunos. Pelo método investigativo encontraríamos a linha de raciocínio que os alunos tem sobre o assunto e encaminhando os alunos, conseguiríamos as respostas certas (A4).

Apenas A3 se diferencia, propondo a realização da atividade após o ensino do conteúdo, aproximando-a como uma forma de avaliação:

Eu como professora daria uma aula sobre gases ideais, reais e pediria para os alunos trazerem os materiais de casa e para eles pensarem e construir um experimento com esses objetos que seja relacionado com a matéria ensinada (A3).

Em geral, transparece a impressão de que estes estudantes apresentam concepções simplórias,

e até erradas, sobre o papel dos experimentos, e dos investigativos em especial, no ensino de

9

ciências. A falta de desenvoltura em integrar a atividade experimental numa sequência de

ensino caminha lado a lado com a dificuldade em vislumbrar um papel para os próprios saberes pedagógicos que estavam em desenvolvimento naqueles encontros. Isto é, apesar de

estarem vivenciando um conjunto de atividades do tipo *Mão na Massa*, era evidente a

resistência destes licenciandos em adotar os pressupostos deste programa para sua futura

prática docente. Estes resultados parecem ir ao encontro das conclusões de De Jong e colaboradores (1999) e Leite e Esteves (2005), que sugerem deficiências quanto ao *conhecimento pedagógico do conteúdo* de docentes em formação, conforme a terminologia de

Lee Shulman. Os primeiros autores, estudando sujeitos de quatro países europeus, também

verificaram que os futuros professores tendem a planejar o uso ou de experimentos demonstrativos ou de atividades de “descoberta guiada” para o ensino do tópico combustão,

recorrendo também a montagens semelhantes ao experimento da vela.

Vale mencionar que as respostas à questão 4 confirmam que os licenciandos relacionam a

importância do experimento da vela somente com os possíveis conteúdos que poderiam ser

trabalhados a partir dele:

Esse experimento é aplicável em aula de composição do ar e pressão no ensino básico. Já para o superior, apresentável em aula de gases (A1).

Vejo várias aplicações para esse experimento, tanto no ensino básico quanto o superior. No ensino de ciências podemos analisar os combustíveis para o fogo, a diferenças de pressão entre outros (A4).

As características específicas da montagem, que reforçam seu potencial como atividade do

tipo investigativo, passam ao largo das respostas. O experimento da vela parece ser visto de

uma perspectiva empirista-indutivista, servindo ou à ilustração de saberes estáticos, acabados;

ou como fonte de dados, “como se, a partir da reunião de dados viessem a surgir indícios que

sustentem ou não alguma hipótese. Há na afirmação acima a noção de que, de algum modo, a

partir da coleção de dados a Natureza vá-nos ‘contar’ o que nela está escondido” (SANTIN

FILHO, TSUKADA & CEDRAN, 2010, p. 71).

A questão da quantificação

Durante as atividades, os licenciandos demonstraram inquietação, dúvidas e reclamações a

respeito dos parâmetros que poderiam ser quantificáveis no experimento da vela. A presença

de muitos destes parâmetros foi inclusive um dos critérios para que elegêssemos esta montagem experimental como uma atividade a ser desenvolvida na educação superior de

acordo com os pressupostos do *Mão na Massa*. Os maiores avanços foram conquistados somente no segundo encontro, quando começaram a ser levadas em consideração, pelos estudantes, características do experimento que não poderiam ser mensuradas ou observadas

diretamente (como a ocorrência de uma combustão incompleta), ao contrário de quantidades

como o volume de água deslocado após o apagar da chama e o tempo que a vela permaneceu

queimando. Como já afirmamos, resultados da literatura também relatam que escolares demonstram dificuldades em considerar aspectos não observáveis das combustões (WATSON, PRIETO & DILTON, 1997; VALANIDES, NICOLAIDOU & ELKS, 2003).

Estas dificuldades foram manifestadas também nas respostas à pergunta 3 do questionário

aplicado. Todos os estudantes indicaram o volume da água que sobe pela campânula e o tempo que a vela demora a se apagar como parâmetros quantificáveis do experimento.

Somente A2 tenta explicar a relevância destas quantidades para a resolução do problema, mas

o faz de modo confuso e, aparentemente, incorreto:

No experimento presente, [o que pode ser quantificado é] o tempo em que a vela permanece acesa, juntamente o volume da água ascendente. Para o volume, pode-se usar o volume da água total e o volume de água ascendente. Fazendo a proporção

10

entre os volumes, chega-se a porcentagem de O₂ dentro do recipiente. Porém vale ressaltar que a ascensão da água é consequência da variação de pressão.

Somente A5 se refere a um parâmetro que não poderia ser quantificado através de uma leitura

direta (ao menos não naquela situação), que é a pressão interna da campânula logo após a

chama extinguir-se. No entanto, sua resposta apresenta apenas uma enumeração de elementos

quantificáveis, sem explicar quais relações poderiam ser obtidas ou como esta quantificação

poderia auxiliar na resolução do problema em questão. Ainda, o estudante parece confundir

parâmetros quantificáveis com variáveis a serem controladas, ao enumerar entre os elementos

a *quantidade de água utilizada*. A propósito, nenhuma resposta fez menção a possíveis controles de variáveis que poderiam ser realizados na montagem do experimento da vela.

As respostas dos licenciandos ao questionário são indícios de um domínio precário do conteúdo, conforme explicitam Taylor e Dana (2003) a partir de um estudo exploratório, conforme citação de Leite e Esteves (2005, p. 5), que

sugere não só que futuros professores e professoras em serviço apresentam algumas dificuldades em lidar adequadamente com o controle de variáveis em situações experimentais (condição necessária para obter dados que constituam evidências válidas e fiáveis) mas também que essas dificuldades parecem depender do conteúdo científico em causa, de tal modo que embora o insuficiente domínio do conteúdo não impeça a identificação da falta de um controle, o desenho de actividades que exijam o controle de variáveis relevantes só devidamente efectuado quanto ocorre um bom domínio daquele.

Considerações finais

Propusemos um emprego do célebre experimento da vela em maior consonância com concepções contemporâneas da educação científica, especificamente aquelas que colocam a

atividade experimental a serviço da resolução de uma questão problemática e relevante, e não

meramente como fonte de dados e impressões, ou para confirmar sumariamente

conhecimentos estáticos e inquestionáveis. Adotamos os pressupostos do programa *ABC na*

Educação Científica – Mão na Massa para estruturar esta atividade, e a incluímos em um

processo de formação inicial de professores de ciências.

Ao observar os licenciandos em ação e analisar suas repostas a um questionário, pudemos

notar que estes futuros professores apresentam dificuldades em compreender as características

e o papel das atividades do tipo investigativo, demonstrando também deficiências na mobilização e no desenvolvimento do próprio conhecimento científico.

Acreditamos que estas dificuldades reforçam a necessidade de se intensificar o contato dos

professores em formação com projetos e atividades como, por exemplo, o *Mão na Massa*. Na

pesquisa introdutória que aqui apresentamos, foi evidente que apenas dois encontros não

foram suficientes para a resolução do problema proposto aos licenciandos. A compreensão

incompleta ou equivocada que demonstraram a respeito do *Mão na Massa* e das atividades

investigativas também poderia ser discutida e melhorada, caso a atividade com a vela tivesse

se estendido por mais encontros.

Conforme já mencionado, um dos objetivos do projeto de pesquisa que originou este pequeno

relato era a elaboração de uma disciplina optativa para o curso de licenciatura em ciências em

que realizamos estas investigações. Os resultados aqui reportados, ainda que se apresentem

como preliminares, podem indicar algumas diretrizes a serem seguidas para esta elaboração.

Eles mostram que os licenciandos necessitam sim de um momento, em sua formação, para

estreitar seu contato com atividades do tipo investigativo, e de modo integrado à abordagem

dos próprios conteúdos científicos que necessitam dominar. Apostamos que esta disciplina

11

deveria contemplar o conhecimento de propostas como o *Mão na Massa* e que o experimento

da vela pudesse ser desenvolvido, nesta perspectiva, em quatro ou cinco aulas. O professor

teria o papel de auxiliar os estudantes a encontrarem a solução do problema proposto, encorajando, questionando e retificando seus passos. O registro das ideias e operações realizadas seria de fundamental importância, assim como a pesquisa bibliográfica. A todo

momento, os grupos de estudantes seriam incentivados a compartilhar seus resultados e suas

dúvidas com toda a classe, enfatizando a necessidade do diálogo na investigação científica.

Apenas após este contato aprofundado com a atividade investigativa, compreendendo

corretamente seu papel e seus pressupostos, podemos esperar que os licenciandos integrem-na em sua futura atividade docente.

Referências

BIRK, J. P.; LAWSON, A. E. The persistence of the candle-and-cylinder misconception.

Journal of Chemical Education, New York, v. 75, n. 7, p. 914-916, 1999.

BRAATHEN, C. Desfazendo o mito da vela para medir o teor do oxigênio do ar.

Química

Nova na Escola, São Paulo, n. 12, p. 43-45, 2000.

CARVALHO, A. M. P. (Coord.). **Termodinâmica: um ensino por investigação**. São Paulo:

FE-USP, 1999.

DE JONG, O.; AHTEE, M.; GOODWIN, A.; HATZINIKITA, V.; KOULAIDS, V. An international study of prospective teachers' initial teaching conceptions and concerns: the case

of teaching "combustion". **European Journal of Teacher Education**, Abington, v. 22, n. 1,

p. 45-59, 1999.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P.; SEYFFERT, B. H.; HENNIG, E. L.;

HERNANDES, J. C. Uma sugestão de atividade experimental: a velha vela em questão.

Química Nova na Escola, São Paulo, n. 21, p. 25-28, 2005.

LEITE, L.; ESTEVES, E. Análise crítica de actividades laboratoriais: um estudo envolvendo

estudantes de graduação. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Ourense, Espanha, v. 4, n. 1, 2005. Não paginado. Disponível em:

<<http://www.saum.uvigo.es/reec>>.

Acesso em: 9 jun. 2011.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São

Paulo: EPU/Universidade de São Paulo, 1986.

MacNEIL, J.; VOLARIC, L. Incomplete combustion with candle flames: a guided inquiry

experiment in the first-year chemistry lab. **Journal of Chemical Education**, New York, v.

80, n. 3, p. 302-304, 2003.

PECKHAM, G. D. A new use for the candle and tumbler myth. **Journal of Chemical Education**, New York, v. 70, n. 12, p. 1008-1009, 1993.

SANTIN FILHO, O.; TSUKADA, V. K.; CEDRAN, J. C. O indutivismo ingênuo nas atividades experimentais iniciais de curso de graduação em Química: o experimento da vela.

História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces, São Paulo, v. 2, p. 48-75, 2010.

Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/index>>. Acesso em: 9 jun. 2011.

SCHIEL, D.; ORLANDI, A. S. **Ensino de ciências por investigação**. São Carlos: Centro de

Divulgação Científica e Cultural/Compacta Gráfica e Editora, 2009.

VALANIDES, N.; NICOLAIDOU, A.; ELKS, I. Twelfth grade students' understanding of

oxidation and combustion: using action research to improve teacher's practical knowledge and

12

teaching practice. **Research in Science & Technological Education**, Abington, v. 21, n. 2, p.

159-175, 2003.

VITZ, E. Paradoxes, puzzles, and pitfalls of incomplete combustion demonstrations.

Journal

of Chemical Education, New York, v. 77, n. 8, p. 1011-1013, 2003.

WATSON, J. R.; PRIETO, T.; DILTON, J. S. Consistency of students' explanations about

combustion. **Science Education**, [s.l.], v. 81, n. 4, p. 425-443, 1997.

ZANON, D. A. V.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem sua aprendizagem. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 10, p. 93-103, 2007.