

Do calórico ao calor: uma proposta de ensino de química na perspectiva histórica

Marcelo Dias Pulido & Aroldo Nascimento Silva

INTRODUÇÃO

Embora pareça ser consenso entre os professores de ensino médio que a química é uma ciência essencialmente experimental¹, planejar e utilizar experimentos para o ensino-aprendizagem de química ainda pode ser um grande desafio para esses profissionais. O que se observa é que, quando as atividades experimentais não são relegadas a um segundo plano – sob as alegações mais diversas, como a falta de infraestrutura ou de tempo disponível nas aulas, já que existe um conteúdo teórico extenso a ser cumprido – são geralmente apresentadas como demonstração, para ilustrar ou comprovar uma teoria, como forma de ensinar um suposto método científico. Essas abordagens têm sido amplamente contestadas na literatura relacionada². Nas palavras do filósofo e professor francês Gaston Bachelard:

É ainda essa ciência para filósofos que ensinamos para as crianças. É a ciência experimental das instruções ministeriais: pesem, meçam, contem; desconfiem do abstrato, da regra; liguem os espíritos jovens ao concreto, ao fato. Ver para compreender, este é o jogo ideal desta estranha pedagogia. Pouco importa se o pensamento segue do fenômeno mal visto em direção à experiência mal feita.³

¹ Lopes alerta que essa visão essencialmente experimental é fruto da negação à visão positivista em meados do século XX, e não está de acordo com a visão bachelardiana de que o empirismo só faz sentido se vinculado ao processo racional, vide: A. R. C. Lopes, "Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências," *Enseñanza de las Ciencias* 11 (2, 1993): 324-330. <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v11n3p324.pdf>.

² F. P. Gonçalves & C. A. Marques, "Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química," *Investigações em Ensino de Ciências* 11 (2, 2006); http://www.cienciamao.if.usp.br/dados/ienci/_contribuicoespedagogicas.artigoCompleto.pdf.; Lopes, "Contribuições"; R. C. Mori, "Análise de experimentos que envolvem química presentes nos livros didáticos de ciências de 1ª a 4ª séries do ensino fundamental avaliados no PNLD/2007" (Dissertação de mestrado, USP/Instituto de Química de São Carlos, 2009).

³ G. Bachelard *apud* Lopes, "Contribuições".

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCN) expressam a visão de experimentação esperada para o ensino da química, no âmbito das ciências naturais:

[...] a ideia de experimentação como atividade exclusiva das aulas de laboratório, onde os alunos recebem uma receita a ser seguida nos mínimos detalhes e cujos resultados já são previamente conhecidos, não condiz com o ensino atual. As atividades experimentais devem partir de um problema, de uma questão a ser respondida. Cabe ao professor orientar os alunos na busca de respostas. As questões propostas devem propiciar oportunidade para que os alunos elaborem hipóteses, testem-nas, organizem os resultados obtidos, fê tam sobre o significado de resultados esperados e, sobretudo, o dos inesperados, e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido. [...] Muitas vezes, experimentos simples, que podem ser realizados em casa, no pátio da escola ou na sala de aula, com materiais do dia-a-dia, levam a descobertas importantes.⁴

Ao lado desse tipo de abordagem experimental associada à teoria, as OCN recomendam um ensino de ciências naturais que contemple sua dimensão histórica, justificando-o da seguinte forma:

A escola, ao definir seu projeto pedagógico, deve [...] reconhecer a ciência como uma atividade humana em constante transformação, fruto da conjunção de fatores históricos, sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos, e, portanto, não neutra [...].⁵

Para levar a cabo esses objetivos, é necessário levar em conta a nova historiografia da ciência⁶, que considera que o pensamento científico

⁴ Brasil, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. vol. 2 (Brasília: MEC/SEB, 2006); http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf.

⁵Ibid.

⁶ J. O. Baldinato & P. A. Porto, "Jane Marcet e *Conversations on Chemistry*: divulgando a química no início do século XIX", in *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, org. E. F. Mortimer (Florianópolis: ABRAPEC, 2009).

apresenta continuidades e rupturas, e que sofre influência do contexto histórico.

No entanto, um grave empecilho é a dificuldade que o professor enfrenta para encontrar textos históricos adequados. Boa parte dos livros didáticos e de divulgação científica apresenta textos “pobres, desatualizados e [que] repetem, há décadas, informações muitas vezes equivocadas”⁷.

Dessa forma, o que propomos nesse trabalho é uma sequência didática⁸ para a construção de um conceito químico que considere as dimensões teórica, experimental e histórica, em consonância com as teorias de ensino-aprendizagem atuais, conforme apresentadas anteriormente: numa perspectiva problematizadora e investigativa.

A ESCOLHA DO TEXTO HISTÓRICO

De acordo com os pressupostos assumidos na introdução deste trabalho, ficou clara a necessidade de selecionar um texto histórico que não sofresse dos males de desatualização e propagação de equívocos imputados àqueles presentes em boa parte dos livros didáticos e de divulgação científica disponíveis no mercado. A opção foi recorrer a um texto original, e escolhemos como fonte o livro *Conversations on chemistry*, de Jane Marcet⁹.

A obra teve a sua primeira edição em 1806, na Inglaterra. Nessa época, as ciências naturais despertavam grande interesse e se

⁷ R. Strack; R. Loguécio & J. C. del Pino, “Literatura científica e perfil conceitual químico dos alunos”, in *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1-12 (Bauru: ABRAPEC, 2008).

⁸ A sequência didática proposta aqui é resultado das atividades desenvolvidas em 2010 por um dos autores deste artigo para o curso “História da Ciência e Ensino – Experimentos em Sala de Aula, oferecido pela PUC-COGEAE”. É importante ressaltar que a atividade foi concebida, naquela ocasião, de forma muito menos fundamentada e sistematizada do que se expõe nesse artigo, o que, na nossa opinião, ilustra em parte a construção da ciência, nem sempre seguindo um método científico rígido. Sobre a curiosa limitação dos artigos científicos em mostrar a verdadeira construção da ciência, sugerimos R. Hoffmann, *O mesmo e o não-mesmo* (São Paulo: UNESP, 2000), 86-90.

⁹ Jane H. Marcet, *Conversations on chemistry: in which the elements of that science are familiarly explained and illustrated by experiments. The fifth edition, revised, corrected and considerably enlarged. Vol. I - On simple bodies* (London: Longman, Hurst, Rees, Orme and Brown, Parternoster-Row, 1817).

desenvolviam rapidamente¹⁰, impulsionadas por inovações como a máquina a vapor. A química, em particular, estava mais relacionada às artes¹¹, e era discutida em reuniões nas casas da elite intelectual e nas sessões das sociedades científicas, para onde muitas pessoas eram atraídas para se maravilhar com os experimentos realizados¹². Cursos passaram a ser oferecidos e frequentados pelas classes mais abastadas, o que criava uma demanda por “materiais didáticos”.

Algumas das maiores personalidades científicas da época (como *Sir Humphry Davy*, por exemplo) reuniam-se na casa de Jane Marcet para discutir ciências. Inspirada por esse ambiente, Marcet resolveu divulgar o conhecimento adquirido nessas reuniões e publicar um livro que explicasse os conceitos básicos de química de forma acessível. O estilo escolhido, na forma de diálogos entre uma professora – Sra. B – e duas alunas – Emily e Caroline – permitia ao leitor (e, em especial, às leitoras, a quem a obra era especialmente dedicada) identificar-se com os questionamentos leigos das alunas e aprender tanto com as respostas da professora quanto com as racionalizações de Emily e Caroline¹³. O livro foi muito usado na Inglaterra e nos Estados Unidos, mas se tornou mais famoso por ter influenciado o químico e físico britânico Michael Faraday na escolha pela carreira científica.

Em nosso trabalho, foi usada a 5ª edição, de 1817, e nela buscamos trechos que:

- apresentassem teorias não mais aceitas à luz dos conhecimentos atuais. Isso permite compreender melhor o desenvolvimento dos conceitos em ciências, os embates de ideias, as obstruções ao conhecimento científico e sua epistemologia, em contraposição ao empirismo simplista geralmente presente nos textos didáticos¹⁴;

¹⁰ Baldinato & Porto, “Jane Marcet”.

¹¹ O termo artes é entendido aqui no sentido de técnicas e ofícios práticos.

¹² L. dos S. P. Trindade, “História da ciência na sala de aula: Conversando sobre Química,” *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces* 1 (2010): 16-22; Baldinato & Porto, “Jane Marcet”.

¹³ Ibid.

¹⁴ Lopes, “Contribuições”.

- possibilitassem uma tradução do original em inglês o mais fiel possível, mas de forma que pudessem ser minimamente compreendidos pelos alunos, já que o discurso e seu registro se alteram bastante de um local e período histórico para outro, e alguns conceitos poderiam ainda não ser de domínio dos alunos;

A ESCOLHA DO CONCEITO

De acordo com Bachelard¹⁵, a aprendizagem de um conceito deve se dar por desconstrução de um conceito anterior. Este conceito, muitas vezes, já está presente no aluno, construído a partir do senso comum (conhecimento prévio). É preciso trazer esse conceito à tona e colocá-lo à prova, dando elementos para que o aluno possa criticá-lo e construir em seu lugar o novo conceito. Por isso, mostrou-se imprescindível que o trecho histórico escolhido:

- apresentasse uma teoria científica não mais aceita para a explicação de um conceito;
- tratasse de um conceito próximo do cotidiano do aluno, para o qual ele provavelmente já trouxesse ideias prévias;
- pudesse ser usado para desafiar o conhecimento prévio do aluno.

A literatura¹⁶ mostra que o calor é um conceito que costuma representar grande dificuldade para o aluno, na medida em que este traz ideias prévias sobre temperatura e calor ligadas à forma como nos expressamos sobre esses fenômenos no cotidiano. As mais frequentes são:

- o calor é uma substância;
- tanto o calor “quente” como o “frio” têm existência real;
- o calor é proporcional à temperatura.

¹⁵ Ibid.

¹⁶ Ibid.; E. F. Mortimer & L. O. Amaral, “Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica,” *QNEsc*, 7 (1998): 30-34.

Essas concepções já vigoraram na comunidade científica, o que torna o conceito especialmente interessante para o uso que queremos dar.

Para Jane Marcet, o calor era a “ação produzida pelo calórico sobre os seres vivos”, e o frio, apenas a ausência de calórico, sem existência real¹⁷. O calórico era definido como um fluido imponderável, assim como estabelecido por Lavoisier, que o colocou como uma das quarenta e cinco substâncias elementares que formariam todos os materiais¹⁸.

Em contrapartida, os experimentos de Thomson (o conde Rumford), em 1798, e os de Davy, em 1799, sugerem que o calor não tem existência material, mas pode ser criado por atrito, indicando uma relação entre energia térmica e cinética. Thomson, observando o calor gerado na perfuração de canhões em uma fábrica em Munique, investigou o fenômeno girando uma peça metálica sobre outra, imersas em água. Verificou que a água poderia ser levada à ebulição, e o processo continuava enquanto se produzisse o atrito, sem redução da massa dos corpos. Deduziu que “aquilo que um corpo isolado ou um sistema de corpos pode fornecer continuamente não pode ser uma substância material”¹⁹. Já Davy utilizou mecanismos bastante elaborados, isolados do ambiente e capazes de atritar dois pedaços de gelo, que se fundiam nesse processo. Com isso, ele deduziu: que o aumento de temperatura não poderia ser atribuído à diminuição da capacidade térmica do material, induzida pelo atrito, já que a água possui capacidade térmica maior que a do gelo; que o aumento da temperatura não poderia ser consequência da decomposição química da água, pois não se observava alteração química do material; e que o calor necessário para fundir o gelo não era matéria, pois não poderia ter havido troca de matéria com o ambiente. Portanto, a fricção causava alguma alteração na matéria, provavelmente

¹⁷ Marcet, *Conversation*.

¹⁸ Trindade, “História da Ciência”; ; Baldinato & Porto, “Jane Marcet”. Muito embora Lavoisier tenha admitido a possibilidade do calor não ser um fluido, mas sim o resultado da agitação das partículas que formavam a matéria, vide a esse respeito: A. A. de Sousa e Brito, “‘Flogisto’, ‘Calórico’ & ‘Éter’”, *Ciência & Tecnologia dos Materiais* 20 (3/4, 2008): 51-63.

¹⁹ *Ibid.*

uma vibração em suas partículas constituintes, e isso era o calor²⁰. O debate entre as duas vertentes (calor como fluido ou como resultado da agitação das partículas) se estenderia pelo menos até meados do século XIX.

Essas concepções permitem uma ampla discussão envolvendo os conceitos históricos de calor e temperatura e o modelo cinético-molecular aceito atualmente, segundo o qual a temperatura expressa o maior ou menor grau de agitação térmica das partículas de um corpo. Dessa forma, um corpo pode armazenar energia, representada pela agitação de suas partículas. Essa energia pode ser transferida para um corpo a temperatura menor, por contato, pois as colisões entre as partículas dos dois corpos fazem com que parte da energia cinética seja transferida do corpo mais quente para o mais frio, de átomo para átomo. Dependendo da natureza do material, a liberdade das partículas é maior ou menor, e a condução se dá mais rápida ou mais lentamente. O calor é essa energia transferida²¹. É esse o conceito que pretendemos construir com a sequência didática proposta.

O conceito de calor a ser construído envolve conceitos de transformação da matéria e da energia e a teoria corpuscular da matéria, e tem estreita relação com os conceitos de termoquímica²² (Mortimer & Amaral, 1998), o que permite sua aplicação tanto na 1ª quanto na 2ª série do ensino médio²³.

O PERFIL DOS ALUNOS

Optamos por trabalhar com uma turma de 35 alunos do 1º ano de uma escola particular de São Paulo, devido à possibilidade de conciliar o tema de nosso interesse com o conteúdo que já vinha sendo trabalhado em sala de aula, criando assim uma situação de continuidade para o

²⁰ H. Davy, "An essay on heat, light, and the combinations of light" [1799], in *Classic Chemistry*, org. C. Giunta (New York: Le Moyne College Department of Chemistry).

²¹ Mortimer & Amaral, "Quanto mais quente melhor".

²² Ibid.

²³ Considerando a divisão clássica dos conteúdos de química.

aluno. Esse conteúdo era o estudo da litosfera, abordado no intuito de mostrar aos alunos a riqueza de materiais presentes nesse meio e como o ser humano, ao longo da história e com o aprimoramento das técnicas e de seu conhecimento, foi utilizando tais recursos para satisfazer suas necessidades básicas – por exemplo, na construção de novos materiais e de artefatos formados principalmente por metais. Em meio às discussões do tema, o calor aparece em diferentes situações: ao mostrar como os antigos obtinham metais a partir de uma determinada rocha (reação com carvão via aquecimento); ao mostrar o funcionamento de uma termelétrica; e até mesmo na destilação fracionada do petróleo.

Os alunos que participaram da atividade, de modo geral, mostram interesse na realização das atividades propostas em sala, principalmente daquelas que envolvem experimentação. Entretanto, apresentam pouca habilidade no manuseio dos materiais e, o que é mais preocupante, apresentam dificuldades em investigar um determinado fenômeno, em realizar questionamentos e levantar hipóteses. Quando colocados diante de tais situações, procuram a resposta “correta”, pois, como eles mesmos dizem, uma hipótese incorreta pode levá-los a obtenção de uma nota abaixo da média. Esse comportamento mostra as mazelas do nosso processo de escolarização, pautado em um ensino conteudista e tradicional, onde os conceitos são colocados como prontos e acabados.

A ESCOLHA DO EXPERIMENTO

A obra de Jane Marcet, seguindo a tendência experimental da época, continha grande quantidade de experimentos, muitos deles simples, com os quais a personagem Sra. B ilustrava suas explicações. Escolhemos, dentre muitas opções, a demonstração da fusão do gelo em diversas superfícies, porque permite a condução das aulas dentro dos pressupostos apresentados anteriormente, já que:

- desafia um conhecimento (a pedra é “fria”, e portanto manteria o gelo por mais tempo do que a madeira, “mais quente”),

apresentando em si mesmo – diante do resultado inesperado – razões para uma mudança conceitual;

- envolve os conceitos de temperatura e calor, permitindo a discussão de ideias prévias dos alunos a respeito desses conceitos e sua diferenciação e a construção de novas explicações que poderão auxiliá-los em conteúdos correlatos;
- evidencia a interação da química com a física, e permite trabalho multidisciplinar com outras áreas do conhecimento (notadamente, história);
- se utiliza de materiais baratos e procedimentos simples, ao alcance do aluno, e se relaciona a fenômenos do seu cotidiano, promovendo a contextualização do ensino;
- está inserido em um contexto histórico importante, que mostra relações entre tecnologia (a máquina a vapor), ciência (a elaboração de teorias sobre o calor necessárias ao desenvolvimento tecnológico) e sociedade (as implicações desses desenvolvimentos no modo de vida da época e seus reflexos na sociedade atual).

Os trechos selecionados e traduzidos encontram-se no Anexo I

A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Apresentamos a seguir a sequência didática proposta. A Tabela I resume como as atividades foram distribuídas nas aulas²⁴ e seus objetivos específicos

Tabela I – Distribuição e objetivos das atividades nas aulas.

Aula	Atividade	Objetivos da aula
1	Ambientação	Levantar ideias prévias e ajudar a compreender o contexto histórico-social em que o texto de Jane Marcet foi produzido.

²⁴ Considerou-se aqui uma duração de 50 minutos para cada aula, compatível com o que se pratica em boa parte das escolas brasileiras.

2 e 3	Experimento	Desenvolver as habilidades de interpretação e registro de experimentos; comparar a condução de calor em diferentes materiais, explicando as diferenças por meio das teorias elaboradas em dois momentos históricos, e das ideias prévias discutidas na atividade anterior.
4	Re-elaboração de conceitos	Comparar as teorias atuais sobre o calor e sua condução com aquelas vigentes até meados do século XIX; re-elaborar os conceitos de calor e temperatura, condutibilidade e modelo corpuscular da matéria; compreender que a ciência não é construída de forma linear, mas envolve quebra de paradigmas, e que se relaciona ao contexto histórico e é influenciada (e influencia) o desenvolvimento tecnológico e a sociedade.

Aula 1 - Ambientação

A aula partiu de uma discussão sobre as principais ideias que foram estudadas dentro do tema litosfera. A Figura 1 mostra o quadro sinótico que foi construído pelo professor a partir da discussão.

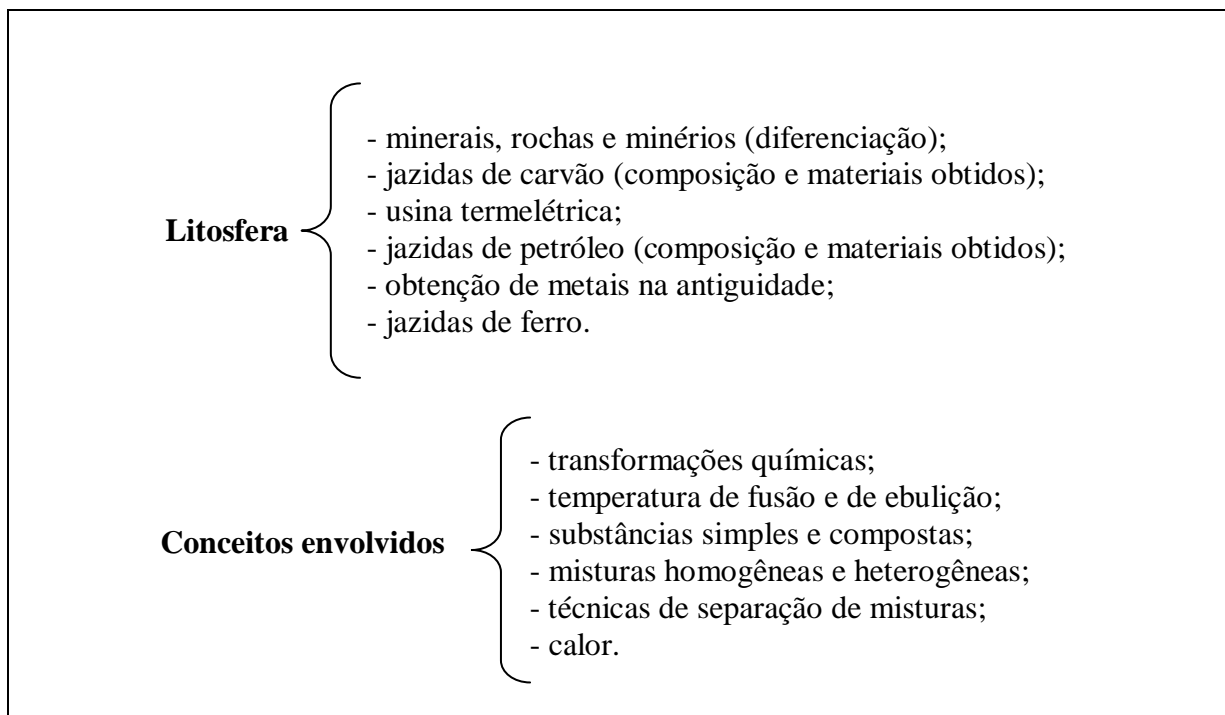


Figura 1 – Quadro sinótico do tema litosfera

Após a discussão, solicitou-se aos alunos que dissessem quais processos envolvem o calor. Algumas das colocações mais presentes foram:

- funcionamento de uma termelétrica para vaporizar a água;
- transformações químicas que envolvem a obtenção de um metal;
- destilação fracionada do petróleo;
- mudança de estado físico de uma substância.

A partir daí, fez-se uma exposição histórica²⁵ sobre a Revolução Industrial, levando em conta conhecimentos trazidos pelos alunos. Algumas características de Jane Marcet e sua obra foram apresentadas aos alunos e inseridas nesse contexto histórico; foram mostradas imagens de Jane Marcet, ressaltando sua aparência e vestimentas, bem como ilustrações das cidades e interiores das casas inglesas da época²⁶, estimulando os alunos a aproximarem-se mentalmente da autora e do cenário das cidades inglesas do século XIX.

Perguntou-se aos alunos se objetos diferentes, num mesmo ambiente, têm temperaturas diferentes. Os alunos foram então organizados em cinco grupos e incentivados a testar com as mãos objetos diversos, à sua escolha, de um mesmo ambiente (a sala de aula), relatando em uma tabela os resultados. A Tabela II mostra os resultados obtidos.

²⁵ Convém que essa exposição seja realizada multidisciplinarmente com o professor de história, e que as informações sejam retomadas por ambos ao longo da atividade, ajudando a entender o contexto social e demandas tecnológicas da época. Não foi possível realizar esse trabalho em nosso caso, por falta de planejamento entre as áreas, um reflexo do pequeno número de encontros que ocorrem entre os professores.

²⁶ Essa pode ser uma ação multidisciplinar com o professor de Arte, valorizando as técnicas e materiais usados nas obras representadas pelas ilustrações, a partir de uma busca prévia das imagens adequadas. Há diversas imagens disponíveis na Internet, muitas delas de uso livre. O mesmo se aplica para imagens de Londres, dentre as quais sugerimos as telas do pintor veneziano radicado em Londres Giovanni Antonio Canal (Canaletto, 1697-1798), muito embora sejam de um período um pouco anterior. Uma excelente imagem é a disponível em <http://www.metmuseum.org/toah/works-of-art/32.12> (acessada em 12 de abril de 2011): a lareira, o tapete e a mesa mostrados compõem um ambiente muito semelhante ao descrito na obra de Marcet quando da realização do experimento. Filmes de época também podem ser utilizados.

Tabela II - Sensação térmica para os diferentes objetos presentes na sala de aula.

Objetos	Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5		
	F	T.A	Q	F	T.A	Q	F	T.A	Q	F	T.A	Q	F	T.A	Q
Armário (metal)	X			X			X			X			X		
Mesa (madeira)		X							X			X			
Monitor do computador (plástico)			X												X
Lápis					X										
Livro					X										
Lâmpada						X									
Gorro de lã					X										
Vidro da janela												X			X

F: frio; Q: quente; T.A: temperatura ambiente (19 °C)

Observa-se, na Tabela II, que dentre os objetos escolhidos por mais de um grupo ocorre divergência na sensação térmica apenas na mesa de madeira.

Após a realização dessa etapa, os grupos entregaram um registro escrito, em que procuraram levantar hipóteses para as diferenças observadas.

O trecho I do texto foi distribuído para leitura, juntamente com o glossário, pedindo que comparassem as observações e teorias ali apresentadas com suas próprias. Não houve tempo hábil para o término dessa etapa, e os alunos foram orientados a preparar um registro escrito de suas conclusões como tarefa de casa e entregá-lo na aula seguinte. Os dois registros produzidos nessa etapa, transcritos na íntegra, estão na Tabela III.

Tabela III – Hipóteses levantadas pelos grupos sobre a sensação térmica e sua comparação com o texto histórico

Grupo	Registro das hipóteses	Comparação
1	A temperatura dos materiais varia devido à capacidade de absorver calor. O uso dos materiais explica as diferenças observadas.	Nossa hipótese está correta, os corpos absorvem calor de acordo com sua capacidade em absorvê-lo. Corpos que conduzem mal absorvem pouco calor. Corpos que conduzem bem absorvem muito calor.
2	A diferença entre as temperaturas nos objetos pode ser observada pela diferença na composição dos objetos e pela quantidade de energia que passa por eles, assim como a lâmpada que esquenta quando recebe energia elétrica, fazendo com que as partículas estejam em constante movimento acelerado.	Percebemos que não conseguimos compreender como ocorre a passagem de calor pelos corpos. Pelo texto vimos que os materiais podem ou não conduzir o calor, isso explica a diferença que sentimos. Os objetos estão à mesma temperatura, mas aqueles próximos de fontes quentes como a lâmpada, darão uma sensação de maior calor.
3	Os objetos, quando expostos à mesma temperatura, sem outra fonte de energia estarão sempre na mesma temperatura. Todavia, quando tocamos em vários objetos, temos a impressão de alguns serem mais quentes ou mais frios que outros. Isso acontece devido à condutibilidade de calor diferente entre os objetos. O ser humano doa mais calor para certos objetos. Exemplificando, transmitimos mais calor para metais do que para a madeira.	Pelo texto percebemos que nossas hipóteses se aproximam das hipóteses do texto.
4	Podemos perceber que os corpos em contato ficam na mesma temperatura.	(não entregou registro)
5	Com base na observação e no toque de alguns materiais como o vidro, o armário, a madeira e o plástico, entre outros, concluímos que todos os materiais têm a mesma temperatura, quando sentimos alguns deles mais “frios” ou “quentes”, acontece que alguns materiais são melhores condutores de calor enquanto outros são piores, os melhores aquecem mais rápido e em maior quantidade, já os piores aquecem mais devagar e em menor quantidade.	Não conseguimos encontrar grandes diferenças entre nossas hipóteses e a do texto. Gostaríamos apenas de discutir melhor o que seria o calor, entender essa ideia fluido.

Aulas 2 e 3 - Experimento

O experimento descrito a seguir foi proposto, pedindo-se aos alunos que tentassem prever seus resultados, anotando-os antes da execução.

Material:

- placa de madeira;
- mesa de granito;
- panela de alumínio;
- bacia de plástico;
- copos plásticos de café ou formas pequenas;
- seringa descartável graduada (pode ser um conta-gotas ou instrumentos graduados de laboratório);
- congelador;

Procedimento:

Congelar previamente quantidades pequenas de água em copos plásticos. As quantidades devem ser iguais, já que o tempo de fusão depende da quantidade de água envolvida, e para isso usa-se a seringa. Sugerimos 4 mL de água, para que o tempo do experimento não seja muito longo²⁷.

Solicitar que os alunos sintam com as mãos a “temperatura” dos materiais. Eles devem ter sido previamente colocados no ambiente do experimento para garantir o equilíbrio térmico. É conveniente que sejam grandes, e que os alunos não os toquem por muito tempo, para que isso não interfira nesse equilíbrio. Espera-se que os alunos registrem que a madeira e o plástico parecem sensivelmente mais quentes em relação à pedra e ao metal.

²⁷ Para essa quantidade de água, registramos em um ensaio o tempo de fusão de 4 minutos para o gelo sobre a pedra e 40 minutos para o gelo sobre a madeira, a uma temperatura ambiente de 20 °C.

Os alunos devem colocar, sobre cada uma das superfícies, uma pedra de gelo, retirada com cuidado dos copos plásticos para que não se quebrem, e comparar o tempo necessário para a completa fusão do fragmento de gelo sobre cada superfície.

Após o experimento, solicitou-se aos alunos que comparassem suas previsões com os resultados do experimento, discutindo nos grupos os porquês de possíveis resultados inesperados. A Tabela IV compara as previsões com os resultados de cada grupo.

Tabela IV - Previsões e resultados obtidos a partir do experimento.

Material	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5	
	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
Panela de alumínio	4°	1°	1°	1°	1°	1°	3°	1°	1°	1°
Mesa de granito	3°	2°	4°	2°	2°	2°	4°	2°	3°	2°
Madeira	1°	3°	3°	3°	4°	3°	1°	3°	2°	3°
Plástico	2°	4°	2°	4°	3°	4°	2°	4°	4°	4°

1°, 2°, 3° e 4° representam a ordem em que ocorreu o derretimento da pedra de gelo.

O trecho II do texto foi apresentado para leitura nos mesmos grupos, que foram orientados a discutir as explicações nele contidas e comparar com suas próprias observações e explicações, registrando as conclusões em um texto ilustrado com esquemas representativos do que ocorre no nível das partículas. Os resultados são apresentados na Tabela V.

Tabela V – Esquemas explicativos para os resultados do experimento.

Grupo	Explicação
1	A princípio a gente achou que o da madeira seria mais rápido, porque estava mais quente e o gelo ia derreter mais rápido, e o metal mais lento, porque estava frio e ia manter o gelo frio durante mais tempo. Mas aconteceu o contrário, ou seja, o metal foi o material que absorveu mais o calor, derretendo o gelo mais rapidamente, mas também produzindo uma sensação de frio quando se põe a mão.
2	Antes do grupo fazer o experimento, já achávamos que o primeiro gelo que iria derreter seria o que estava no alumínio, pois a temperatura ambiente é a mesma só que os materiais são diferentes, fazendo o alumínio ficar mais gelado do que a madeira.

	<p>Depois do experimento não mudamos a nossa hipótese, pois a partir do texto lido adquirimos um conceito prévio, que ajudou a atingir o resultado.</p> <p>Concluimos com o experimento que existem diferenças na condutibilidade térmica dos materiais utilizados, alguns reagem melhor à temperatura ambiente, sendo a mesma temperatura, mas deixa alguns materiais mais quentes e outros mais frios.</p>
3	<p>A panela e a mesa por absorverem menos calor são bons condutores, pois eles propagam o calor, ao invés de absorvê-lo e tornar a condução do calor algo mais difícil. Portanto, os corpos mais frios são aqueles que melhor conduzem o calor.</p> <p>A madeira e o plástico são maus condutores, já que são corpos mais quentes e encontram dificuldade em repassar o calor para outro corpo. Desse modo o gelo derreteu mais rápido em contato com a panela e a mesa, do que quando posto na madeira ou no plástico.</p>
4	<p>Inicialmente o nosso grupo pensou que o gelo fosse derreter na superfície com a temperatura elevada (placa de madeira e bacia plástica), porém, ele derreteu mais facilmente em superfícies mais gélidas, como o granito da bancada ou o prato de alumínio, talvez por esses materiais serem melhores condutores de calor, quando o gelo entrou em contato com eles, derreteu rapidamente, pelo contato dos materiais, eles transmitem sua temperatura um para o outro, fazendo com que os dois estejam na mesma.</p> <p>Quanto melhor foi o condutor de calor, o gelo irá receber essa temperatura e derreter. Quanto mais fria a temperatura, menos as partículas se movem, e quanto mais quente, as partículas se movem mais.</p>
5	<p>Preveamos que o gelo derreteria mais rapidamente na panela por ser melhor condutor térmico. Logo após este, acreditamos que o gelo posto na madeira derreterá, logo após este o do granito e por fim o da bacia de plástico. Após observarmos o experimento concluimos que o alumínio é melhor condutor térmico, logo após o granito, a madeira e o plástico. Concluimos que nossas previsões não estavam totalmente corretas. Acreditamos que a transferência ocorre dessa forma (vide Figura 2):</p>

Aula 4 - Re-elaboração de conceitos

Os alunos foram estimulados a socializar para a turma as discussões em grupo da atividade anterior, apresentando os esquemas elaborados. Nesse momento foi discutida a questão da transitoriedade do conhecimento científico, enfatizando que em ciência não temos uma verdade absoluta, e sim ideias que procuram explicar os fenômenos que nos cercam.

As descrições dos experimentos de Thomson e Davy foram apresentadas de forma simplificada para justificar o modelo cinético-molecular sobre a temperatura, o calor e sua condução aceita atualmente, enfatizando as principais diferenças.

Solicitou-se, então, aos alunos que escolhessem qual dos modelos representados pelos grupos poderia mostrar melhor a condução de calor pelos corpos. Os alunos começaram a discutir entre si os diferentes modelos. Aproveitando as falas dos alunos, foram construídas, de forma mediada pelo professor, as características que o modelo deve possuir para explicar a condutibilidade térmica nos materiais. O modelo elaborado pelo grupo 5 foi escolhido como o modelo que melhor explica as diferenças de condutibilidade térmica.

Por fim, para avaliar a mobilização dos conceitos em novas situações, apresentou-se o trecho III, solicitando-se aos alunos que respondessem, individualmente e por escrito, à pergunta nele formulada. A seguir, o trecho IV foi oferecido para que os alunos pudessem comparar a resposta nele apresentada com suas próprias respostas e com o conceito moderno de calor – estendido aqui à condutibilidade térmica – discutindo novamente se a teoria anterior dava ou não conta de explicar o fenômeno e, se sim, por que foi alterada. Novamente, a atividade proposta ultrapassou o tempo disponível.

AValiação

A avaliação envolveu os conteúdos:

- procedimentais (montagem e condução dos experimentos pelos alunos, organização dos textos e esquemas produzidos, divisão de tarefas, forma de apresentação dos resultados);
- atitudinais (relação com os colegas de equipe, postura durante as discussões, empenho no registro e exposição das observações e resultados);
- conceituais (apropriação dos conceitos de calor e temperatura e mobilização desses conceitos em novas situações)

Os conteúdos procedimentais e atitudinais, em especial, foram avaliados durante toda a sequência didática, com base na observação dos alunos durante a condução das atividades propostas e nos documentos

produzidos. Esses documentos constituem um registro da evolução conceitual do aluno. Em alguns momentos, os próprios alunos manifestaram avaliações em relação aos demais grupos e ao seu próprio.

Os trechos III e IV apresentados na aula 4 serviram para avaliar a mobilização dos conceitos em novas situações. Nesse momento, os registros das ideias prévias dos alunos podem ser resgatados e discutidos. Esse formato permite tanto a auto-avaliação pelo aluno quanto fornece registro formal para que o professor proceda sua própria avaliação da situação do processo de ensino-aprendizagem.

RESULTADOS

Alguns dos resultados podem ser inferidos diretamente das tabelas mostradas anteriormente. De posse desses registros, os alunos, ao perceberem que os resultados obtidos na experimentação divergiam das previsões do grupo, mostraram certa inquietação, pois não sabiam como explicar todos os eventos observados. Em um primeiro momento, buscaram no professor as explicações para os acontecimentos. O uso dos trechos do texto de Jane Marcet mostrou-se, então, como uma ótima ferramenta para ajudar a compreender os fatos observados, dispensando a intervenção direta do professor.

É interessante salientar, que ao realizar a experimentação e a leitura dos trechos selecionados da obra de Jane Marcet, os grupos sentiram a necessidade de modificar ou aprimorar suas hipóteses, o que mostrou uma evolução conceitual em direção à concepção atual de calor. A convergência dos resultados obtidos por cada grupo após a realização do experimento facilitou as discussões, pois os alunos demonstraram ter identificado claramente quais são os materiais que conduzem bem o calor e quais são os materiais que não o conduzem; classificando-os em bons condutores de calor (metal e granito) e maus condutores de calor (plástico e madeira).

A maior dificuldade ficou por conta da construção de um esquema que representasse o que ocorria no nível das partículas capaz de justificar

as diferenças observadas. Alguns grupos questionaram se um erro no esquema levaria a uma redução da nota, mostrando a dificuldade em perceber que, em se tratando de modelos explicativos, não há o certo e o errado. A figura 2 mostra o modelo elaborado pelo grupo 5, escolhido pelos alunos como sendo o que melhor explica as diferenças de condutibilidade térmica.

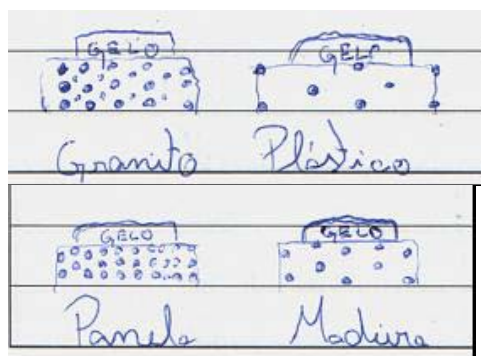


Figura 2 – Esquemas do nível microscópico desenhados por um dos grupos para as observações experimentais

A etapa de socialização foi de grande importância, pois além de trabalhar o respeito mútuo e a habilidade de argumentação, também possibilitou que os alunos discutissem os esquemas elaborados pelos grupos, procurando validar ou refutar a representação com base nos fatos observados. Nesse momento foi possível perceber, entre as diferentes vozes, falas que se aproximavam do conceito de calor aceito atualmente: “tem que ser um que mostre movimento das partículas”; “as partículas devem estar próximas”. Os alunos percebem que quanto maior a proximidade entre as partículas, mais fácil e rapidamente o calor poderá ser transmitido, caracterizando um bom condutor. O grau de liberdade também foi considerado na discussão e utilizado para explicar as diferenças de condutibilidade que podem existir entre condutores térmicos.

Na atividade proposta na aula 4, constatou-se que os alunos, de forma geral, responderam satisfatoriamente ao questionamento realizado, mobilizando o conceito de condução do calor em novas situações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levar para sala de aula aspectos da História da Ciência como uma atividade orientadora para o ensino revelou-se extremamente enriquecedor, não só como um meio de mostrar a transitoriedade do conhecimento científico, como também como uma forma de aprimorar a habilidade de leitura e interpretação de textos históricos, nos quais os conceitos e as concepções aparecem, em alguns casos, de forma distinta da atual. O caminhar do trabalho mostrou que a experimentação pode ser a protagonista do processo de ensino, pois desde o início da sequência didática, ao tatear os objetos na sala de aula, os alunos levantaram hipóteses e propuseram explicações para os fatos observados, ou seja, o conteúdo permeia toda a atividade. Por fim, esse tipo de atividade mostrou-se útil como um meio de levantar e colocar as concepções prévias dos alunos diante de situações de conflito cognitivo.

No entanto, as dificuldades no dimensionamento do tempo e no desenvolvimento das aulas de forma interdisciplinar apresentam-se como desafios a serem cuidadosamente considerados pelo professor. Esse tipo de atividade demanda um tempo maior de trabalho com um conceito, além de exigir um grau elevado de dedicação e uma postura mediadora do professor – a quem cabe o gerenciamento e a intervenção, quando há necessidade de fazê-lo. Esse investimento didático e profissional se compensa nas evoluções tão desejadas (e aqui verificadas, em maior ou menor grau) para os alunos: desenvolvimento da noção de que o conhecimento é algo transitório e mutável; construção de conceitos de forma mais duradoura, já que aliados a um contexto; desenvolvimento da habilidade de produção de textos científicos; compreensão da importância das dimensões histórica e experimental e da inter-relação ciência-tecnologia-sociedade, dentre outros.

Este artigo pretendeu ser um relato da possibilidade de desenvolvimento de uma sequência didática, fundamentada teoricamente e factível pelo professor, que pudesse tornar o processo de ensino-aprendizagem de um conteúdo mais significativo e efetivo, usando

elementos de História da Ciência aliada à experimentação. Acreditamos que muitas outras possibilidades surjam a partir daí.

ANEXO I

A seguir apresentamos os trechos utilizados na sequência didática. A tradução, embora livre, procurou manter-se o mais fiel possível ao original inglês²⁸. O momento em que cada trecho é utilizado e sua forma de aplicação são indicados na sequência didática descrita neste artigo.

CONVERSANDO SOBRE QUÍMICA - JANE MARCET

Diálogo III - Continuação do assunto (Luz e calor ou calórico)

Trecho I

Sra. B.

Em nossa última conversa, nós começamos a examinar a tendência do calórico em restaurar um equilíbrio de temperatura. Essa propriedade, uma vez bem compreendida, oferece explicação para uma grande variedade de fatos, que antes pareciam inexplicáveis. Vocês devem observar, em primeiro lugar, que o efeito dessa tendência é fazer com que todos os corpos em contato fiquem à mesma temperatura. Desse modo, o fogo que queima na lareira comunica seu calor de um objeto para outro, até que todas as partes da sala tenham calor na mesma proporção.

Emily

E ainda que este livro não esteja tão frio quanto a mesa em que repousa, apesar dos dois estarem à mesma distância do fogo, e de fato estarem em contato um com o outro, então eles, de acordo com sua teoria, devem estar exatamente à mesma temperatura.

²⁸ O título *Conversations on Chemistry* foi originalmente traduzido pelos autores deste artigo como Diálogos em Química. No entanto, optamos aqui pela forma *Conversando sobre Química*, como sugerido por Trindade, "História da Ciência".

Caroline

E a lareira, que está muito mais perto do fogo que o carpete, é certamente a mais fria dos dois.

Sra. B.

Se vocês averiguarem a temperatura desses vários corpos com um termômetro (o que é um teste muito mais preciso que suas sensações), vocês encontrarão que as temperaturas são exatamente as mesmas.

Caroline

Mas se eles estão à mesma temperatura, porque sentimos um mais frio do que o outro?

Sra. B.

A lareira e a mesa parecem mais frias que o carpete ou o livro porque os últimos não são tão bons “condutores de calor” quanto os primeiros. O calórico encontra passagem mais fácil através do mármore e da madeira do que do couro e da lã. Os dois primeiros vão, por isso, absorver calor mais rapidamente da sua mão, e conseqüentemente darão uma sensação de frio mais forte do que os dois últimos, apesar de eles estarem na realidade à mesma temperatura.

Caroline

Então, a sensação que eu percebo ao tocar um corpo frio é proporcional à rapidez com que as minhas mãos cedem calor para esse corpo?

Sra. B.

Exatamente, e se você colocar sua mão sucessivamente em cada objeto na sala, você descobrirá quais são bons e quais são maus condutores de calor, pelos diferentes graus de frio que você sente. Mas, para verificar esse ponto, é necessário que as diversas substâncias estejam à mesma temperatura, o que não é o caso para aquelas que estão muito próximas do fogo, ou aquelas que estão expostas a correntes de ar frio vindas da janela ou da porta.

Trecho II

Emily

Mas porque alguns corpos são melhores condutores de calor que outros?

Sra. B.

Esse é um ponto não muito bem esclarecido. Admite-se que certa união ou aderência ocorre entre o calórico e as partículas do corpo através do qual ele passa. Se essa aderência for grande, o corpo detém o calor, e ele passa vagarosamente e com dificuldade; se for pequena, o calor se propaga livre e rapidamente. O poder de condução de um corpo é, por causa disso, inversamente proporcional à sua tendência em se unir ao calórico.

Emily

Isso quer dizer que os melhores condutores são aqueles que têm a menor afinidade com o calórico.

Sra. B.

Sim, mas o termo afinidade é questionável nesse caso porque, como é usado para expressar uma atração química (que pode ser destruída somente por decomposição da substância), não pode ser aplicado para a fraca e efêmera união que ocorre entre o calórico livre e os corpos através dos quais ele passa; uma união que é tão fraca que cede à tendência que o calórico tem ao equilíbrio. Agora vocês percebem claramente que a passagem do calórico, através dos corpos que são bons condutores, é muito mais rápida que através daqueles que são maus condutores, e os dois primeiros (a lareira e a mesa) cedem e recebem calor mais rapidamente e, por causa disso, em um dado tempo, mas abundantemente que os maus condutores. Isso faz com que eles sejam percebidos mais quentes ou mais frios, apesar de eles estarem, de fato, à mesma temperatura.

Caroline

Sim, eu entendi isso agora; a mesa e o livro sobre ela estão na realidade à mesma temperatura, e cada um receberia, no mesmo espaço de tempo, a mesma quantidade de calor da minha mão se seus poderes de condução fossem iguais, mas como a mesa é o melhor condutor dos dois, vai absorver o calor da minha mão mais rapidamente, e conseqüentemente produzir uma sensação de frio mais forte que o livro.

Sra. B.

Muito bom, minha querida! E observe, igualmente, que se você aquecesse a mesa e o livro igualmente certa temperatura acima da do seu corpo, a mesa, que antes parecia mais fria, agora vai parecer a mais quente dos dois, porque no primeiro caso ela toma o calor da sua mão mais rapidamente, então vai agora ceder calor mais rapidamente para ela. Por causa disso a mesa de pedra, que parece mais fria que a de madeira, se mostrará a mais quente das duas para o gelo, pois, se ela toma calor da sua mão mais rapidamente, que é mais quente, ela irá ceder calor mais rapidamente para o gelo, que é mais frio. Vocês entendem a razão desse efeito aparentemente oposto?

Emily

Perfeitamente. Um corpo que é bom condutor de calórico oferece passagem livre a ele, então ele penetra através daquele corpo mais rapidamente do que através de um mau condutor; conseqüentemente, se ele está mais frio que a sua mão, você perde mais calórico, e se ele está mais quente, você ganha mais calórico do que com um mau condutor à mesma temperatura.

Trecho III

Sra. B.

Mas vocês precisam observar que esse é o caso apenas quando os condutores são ambos mais quentes ou mais frios que sua mão, porque, se vocês aquecerem diferentes condutores à temperatura dos seus corpos, eles irão parecer igualmente aquecidos, já que a troca de calórico entre corpos de mesma temperatura é igual. Agora, vocês podem me explicar porque roupas de flanela, que é um mau condutor de calor, evitam que sintamos frio?

Trecho IV

Caroline

Elas evitam que o frio penetre...

Sra. B.

Mas você esqueceu que o frio é apenas uma qualidade negativa.

Caroline

Verdade, elas apenas evitam que o calor de nossos corpos escape tão rapidamente quanto aconteceria com outras roupas.

Sra. B.

Agora você explicou certo; a flanela mantém melhor o calor dentro do que o frio fora. Se a atmosfera estivesse a uma temperatura mais alta que nossos corpos, a flanela seria igualmente eficiente em manter nossa temperatura, já que evitaria o livre acesso do calor externo, pela dificuldade de condução que apresenta.

Emily

Isso, eu imagino, está bem claro. O calor, interno ou externo, não consegue penetrar facilmente pela flanela; por causa disso, em um tempo

frio ela nos mantém aquecidos, e se o tempo estiver mais quente que nossos corpos, ela nos manterá frios.

Glossário (retirado do Diálogo II - Luz e calor ou calórico)

Calor: sensação produzida pelo calórico sobre os seres vivos.

Calórico: o princípio fluido que produz o calor.

Frio: é considerado uma qualidade negativa, ou seja, é apenas a ausência de calórico, e não tem existência real.

SOBRE OS AUTORES:

Marcelo Dias Pulido

Editor de Ciências da Editora Ática, São Paulo. Licenciado em Química pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo Filiação institucional.
(e-mail: marcelo_pulido@yahoo.com.br)

Aroldo Nascimento Silva

Licenciado em Química e Mestrando em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (e-mail: aroldo_ns@yahoo.com.br)