

Refrigerante e Bala de Menta: Explorando Possibilidades

Diego Arantes Teixeira Pires e Patrícia Fernandes Lootens Machado

A exploração pela mídia do fenômeno que ocorre quando se adiciona balas porosas a refrigerantes desperta a curiosidade e o interesse de várias pessoas em função do forte apelo visual. Observa-se que a divulgação ocorre vinculada apenas aos aspectos macroscópicos sem a inserção de conhecimentos científicos. Na busca por tornar esse fenômeno um recurso didático-pedagógico, este artigo apresenta explicações microscópicas sobre ele e descreve uma atividade experimental demonstrativo-investigativa realizada com alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola no Distrito Federal.

► experimentação, transformações físicas e químicas, solubilidade de gases em líquido ◀

166

Recebido em 27/02/2012, aceito em 06/11/2012

A pesar de a experimentação no ensino de química ser uma das temáticas mais discutidas por pesquisadores da área de ensino, continuamos a encontrar com facilidade, hoje também na internet, um número crescente de propostas de experimentos desvinculadas de uma abordagem teoricamente orientada e que, por essa razão, nada ou pouco acrescentam ao processo ensino-aprendizagem.

Na internet, os experimentos são apresentados em vídeo e, na maioria das vezes, o áudio e/ou o forte apelo visual priorizam a explicação dos procedimentos sem discutir os aspectos atômico-moleculares, o que possibilitaria prever como as substâncias envolvidas em um processo reacional interagem. Apesar disso, entendemos como Marcelino Júnior et al. (2004) e Arroio e Giordan (2006) que os recursos audiovisuais, especialmente os vídeos, têm espaço na sala de aula e podem exercer função investigativa expressiva, além de possibilitar o desenvolvimento de uma leitura crítica do mundo pelos alunos. Para isso, é necessário que se planeje criteriosamente o uso desses recursos, para que não acabem reforçando metodologias tradicionalmente utilizadas.

Para Bachelard (1996), o experimento com forte apelo

visual ou, como ele denomina, “empirismo colorido” pode ser considerado um obstáculo à cultura científica por proporcionar uma satisfação imediata à curiosidade ou mesmo multiplicar as ocasiões de curiosidade, sem explorar as explicações aceitas cientificamente. Segundo esse filósofo, com experimentos pitorescos, “substitui-se o conhecimento

pela admiração, as ideias pelas imagens” (p. 36). Pode-se inferir que as imagens as quais ele se refere são aquelas realizadas a partir das impressões sensíveis da visão do espectador, em que prevalece o ver, sem a necessidade de compreender.

A opção por conduzir uma atividade experimental de forma espetacular pode apontar para uma falta de clareza do professor sobre o papel da experimentação no en-

sino de ciências. Para Silva et al. (2010), “a experimentação no ensino pode ser entendida como uma atividade que permite a articulação entre fenômenos e teorias”. Com isso, os autores reforçam que “o aprender Ciências deve ser sempre uma relação constante entre o fazer e o pensar” (p. 235).

Entendemos que o ensino de química precisa ser desenvolvido na perspectiva de ampliar o conhecimento dos alunos sobre o mundo, contribuindo para uma maior compreensão

Entendemos que o ensino de química precisa ser desenvolvido na perspectiva de ampliar o conhecimento dos alunos sobre o mundo, contribuindo para uma maior compreensão das relações sociais, ambientais, políticas, econômicas etc. Para isso, é necessário que as atividades propostas façam sentido para os alunos, impelindo-os a buscarem o conhecimento.

das relações sociais, ambientais, políticas, econômicas etc. Para isso, é necessário que as atividades propostas façam sentido para os alunos, impelindo-os a buscarem o conhecimento. Nesse caminho de busca, o educador desempenha papel fundamental. Para Vygotsky (2001), o professor deve intencionalmente identificar os objetos intelectuais da cultura e criar situações adequadas que assegurem a assimilação e o desenvolvimento de habilidades historicamente acumuladas. Portanto, o educador deve conhecer e ter domínio sobre como usar culturalmente tais objetos. Não pode simplesmente apresentá-los, esperando que uma simples exposição seja suficiente para o aprendizado.

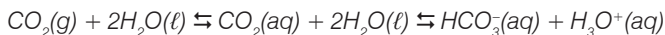
Nesse sentido, a motivação para realizar este trabalho nasceu da percepção da carência de espírito crítico de nossos alunos frente aos programas televisivos dominicais em que são apresentados experimentos na forma de *show* de ciência. Consideramos que faz parte da função de professor discutir questões como essas em sala de aula, aproveitando para abordar a importância do conhecimento científico, debater a natureza da ciência, bem como desenvolver nos alunos uma postura mais crítica para avaliar informações ou atividades alienantes, como as experiências violentas e cheias de imagens marcantes.

Assim, preparamos uma atividade experimental, em que o fenômeno explorado foi semelhante ao assistido por alguns de nossos alunos em um programa televisivo e, por outros, em vídeos disponíveis na internet, ao se adicionar balas porosas a uma garrafa de refrigerante gaseificado. No entanto, optamos propositalmente por organizá-la de modo a evitar o forte apelo visual, forma criticada por centrar-se apenas nos aspectos macroscópicos espetaculares sem a inserção de conhecimentos científicos.

Vale ressaltar que, para desenvolver esse trabalho com os alunos, foi realizada uma pesquisa na literatura, visto que muitos pontos do experimento precisavam ser mais bem compreendidos. Somente após essa investigação, foi possível compreender o fenômeno e partir para a elaboração da proposta. Por isso, achamos importante descrever alguns aspectos teóricos antes de apresentarmos a atividade vivenciada na escola.

Explicando o que acontece entre refrigerantes e balas...

A maioria dos refrigerantes disponíveis no mercado tem em sua composição o gás carbônico em uma quantidade muito acima de seu limite de solubilidade, isso significa uma supersaturação de CO_2 . A elevada solubilidade desse gás deve-se ao fato de ele reagir com a água, como se pode observar na representação a seguir.



Quando uma garrafa ou uma lata de refrigerante se encontra fechada, o gás está em equilíbrio com o líquido sob uma pressão maior do que a atmosférica. Ao se abrir o recipiente do refrigerante, ocorre uma depressurização causada pela saída do excesso de dióxido de carbono (CO_2), perceptível pelo aparecimento de bolhas no seio do líquido. A saída desse gás acontece lentamente por horas, mas pode ser acelerada por agitação ou adicionando-se, por exemplo, um sólido com superfície porosa como açúcar cristal, sal grosso, areia ou mesmo uma bala.

Por isso, ao se adicionar uma bala porosa de menta a um refrigerante gaseificado, pode-se observar a formação de um *spray* de CO_2 e líquido (refrigerante). Dependendo da quantidade utilizada dos referidos materiais e da forma como eles são misturados, o *spray* pode atingir alturas surpreendentes. Essa altura também está relacionada com o tamanho do orifício por onde escapará o CO_2 . Quanto menor for o espaço da passagem do gás do interior da garrafa, maior a pressão com que ele sairá e mais alta será a coluna do *spray* formada.

Sobre a bala de menta comumente usada nos experimentos com refrigerante divulgados em vídeos, analisando sua superfície a olho nu, pode-se dizer que esta é

aparentemente lisa. No entanto, em uma análise com microscópio eletrônico de varredura, Coffey (2008) pôde constatar que se trata de uma superfície rugosa e bem irregular. Essa irregularidade propicia a formação de sítios de nucleação de bolhas do gás carbônico solubilizado no refrigerante, provocando a liberação de um *spray* de CO_2 . Tal efeito também pode ser observado quando uma pequena quantidade de areia ou sal grosso é adicionada ao refrigerante, em função da irregularidade da superfície desses materiais. O aumento da evolução gasosa, após a adição de areia, de sal ou de uma bala porosa ao refrigerante, deve-se à ocorrência de uma perturbação no equilíbrio químico existente entre o líquido e o gás carbônico, representado na equação acima.

Com a liberação do CO_2 , pode-se inferir, com base no Princípio de Le Chatelier, que o sistema sairá do equilíbrio representado, formando mais reagentes para suprir o gás carbônico (deslocando o sistema para o lado esquerdo). Consequentemente, haverá consumo do íon hidrônio (H_3O^+), o que implicaria em uma elevação no valor do pH do líquido.

No entanto, em uma análise dos rótulos de refrigerantes (Figuras 1 e 2), pode-se perceber a presença de acidulantes, utilizados para realçar o sabor e para inibir o desenvolvimento de microrganismos. Os acidulantes, comumente usados pela indústria alimentícia – ácidos cítrico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$),

[...] ao se adicionar uma bala porosa de menta a um refrigerante gaseificado, pode-se observar a formação de um *spray* de CO_2 e líquido (refrigerante). Dependendo da quantidade utilizada dos referidos materiais e da forma como eles são misturados, o *spray* pode atingir alturas surpreendentes. Essa altura também está relacionada com o tamanho do orifício por onde escapará o CO_2 . Quanto menor for o espaço da passagem do gás do interior para o exterior da garrafa, maior a pressão com que ele sairá e mais alta será a coluna do *spray* formada.

fosfórico (H_3PO_4) e tartárico ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$) e seus sais (como, por exemplo: citrato de sódio, $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7\text{Na}$) – são utilizados como reguladores de acidez do meio.

INGR.: ÁGUA GASEIFICADA, AÇÚCAR, EXTRATO DE NOZ DE COLA, CAFÉINA, CORANTE CARAMELO IV, ACIDULANTE INS 338 E AROMA NATURAL. PRAZO DE VALIDADE/LOTE: VIDE MARCAÇÃO. AUT. CCIL/RJ - IND. BRASILEIRA.

Figura 1: Ingredientes do refrigerante normal informados no rótulo da própria bebida.

INGR.: ÁGUA GASEIFICADA, EXTRATO DE NOZ DE COLA, CAFÉINA, AROMA NATURAL, CORANTE CARAMELO IV, ACIDULANTE ÁCIDO FOSFÓRICO, EDULCORANTES ARTIFICIAIS: CICLAMATO DE SÓDIO (24mg), ACESSULFAME DE POTÁSSIO (15mg) E ASPARTAME (12mg) POR 100ml, CONSERVADOR BENZOATO DE SÓDIO, REGULADOR DE ACIDEZ CITRATO DE SÓDIO. PRAZO DE VALIDADE/LOTE: VIDE MARCAÇÃO. AUT. CCIL/RJ - IND. BRASILEIRA.

Figura 2: Ingredientes do refrigerante zero açúcar informados no rótulo da própria bebida.

De acordo com Coffey (2008), quando se adiciona bala de menta ao refrigerante, não ocorre variação no valor de pH do líquido, permanecendo este em torno de 3,0. A não variação do pH da solução se explica pela formação de um tampão entre os ácidos orgânicos fracos (*acidulantes*) e seus sais (*reguladores de acidez*) como, por exemplo, ácido cítrico e citrato de sódio. As soluções tampões, em função de sua composição (nos refrigerantes, ácido fraco/base conjugada), têm a propriedade de resistir a mudanças de pH quando pequenas quantidades de ácidos ou bases lhes são adicionados ou mesmo quando são diluídas (Russel, 1994; Chang, 2005).

Outro aspecto levantado por Coffey (2008) é a ocorrência de uma liberação mais intensa do dióxido de carbono ao se adicionar bala de menta a refrigerantes zero açúcar. Essa maior liberação pode ser explicada pelo fato de os edulcorantes reduzirem o trabalho necessário para a formação de bolhas, possibilitando o CO_2 escapar mais facilmente. Ao analisar os ingredientes dos refrigerantes normais (Figura 1) e zero açúcar (Figura 2), informados nos rótulos dessas bebidas, é possível perceber que a principal diferença é a presença de edulcorantes artificiais (acesulfame de potássio e aspartame) no zero açúcar.

De acordo com essa autora, a goma arábica (um dos constituintes da bala de menta) também pode influenciar uma maior liberação de gás carbônico do refrigerante, visto que esta reduz a tensão superficial do líquido. A goma arábica é um composto natural, constituído basicamente de polisacarídeos e glicoproteínas e que, portanto, apresenta propriedades hidrofílicas e lipofílicas ao longo de sua estrutura.

A tensão superficial (TS) é uma propriedade dos líquidos que pode ser compreendida analisando as forças de interação entre moléculas vizinhas. A atração entre as moléculas da água as mantém unidas pelas fortes ligações de hidrogênio. Tomando o modelo apresentado na Figura 3 e analisando os vetores, pode-se assumir que as moléculas de água no meio são atraídas umas pelas outras de forma aproximadamente

igual em todas as direções. Por simetria, a resultante das forças que atuam sobre cada molécula do líquido é praticamente nula. No entanto, as moléculas localizadas na superfície (ar-água) estão sujeitas a uma distribuição de forças diferente daquela entre as moléculas do meio, sendo atraídas somente pelas moléculas localizadas ao lado e abaixo. Consequentemente, infere-se que a força que atua sobre as moléculas de água da superfície tem uma resultante apontando para o interior do líquido. As componentes tangenciais a essa força fazem com que a superfície da água comporte-se como uma membrana elástica que tende a se contrair, ocupando a menor área possível (Russel, 1994; Chang, 2005).

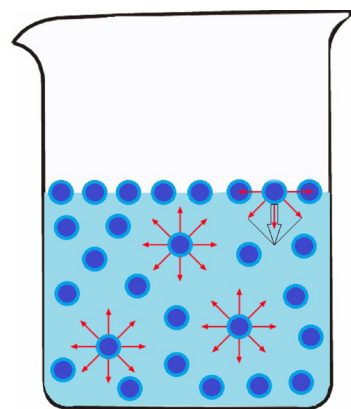


Figura 3: Representação da distribuição vetorial de forças em moléculas de água.

Outro fator que pode influenciar a dimensão do *spray* de CO_2 formado é a temperatura em que o refrigerante se encontra. Quando a bebida se apresenta com uma temperatura mais elevada, as moléculas de CO_2 ficam mais agitadas, rompendo com mais facilidade as forças que as mantêm, interagindo com as moléculas do líquido. Por essa razão, durante a fabricação de refrigerantes, a dissolução de gás carbônico deve ser feita sob alta pressão e baixa temperatura (de 3 a 12 °C), assegurando a permanência de uma elevada quantidade de CO_2 no produto final.

Isso está relacionado à influência da temperatura sobre a solubilidade dos gases em um líquido. Em temperaturas mais elevadas, há uma diminuição da solubilidade do gás carbônico no refrigerante, provocando maior liberação do CO_2 dissolvido no líquido. Portanto, realizar a experiência com um refrigerante a temperatura ambiente ou com ele levemente aquecido proporcionará uma maior quantidade de *spray* do que quando a atividade é realizada com um refrigerante a baixa temperatura. Esse fato pode ser discutido observando os gráficos das Figuras 4a e 4b, que mostram a influência da pressão e da temperatura na solubilidade de CO_2 em água.

O processo de dissolução de um gás em um líquido é quase sempre exotérmico. Pode-se explicar o maior desprendimento de gás em soluções a temperaturas mais elevadas. Nesse caso, as partículas do soluto (nesse experimento,

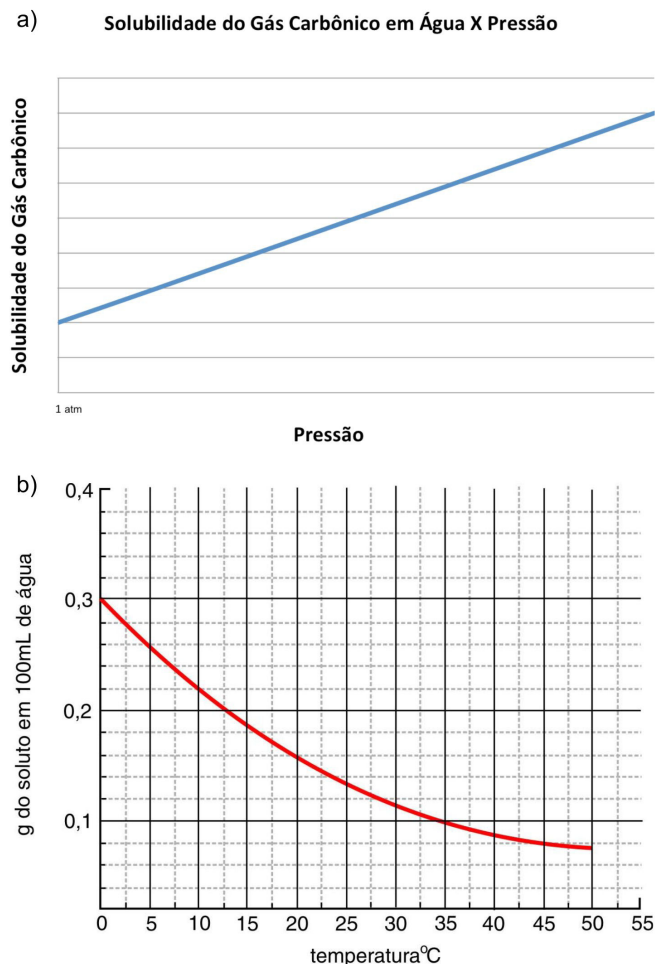


Figura 4: a) Variação da solubilidade do gás carbônico em água versus pressão; b) Variação da solubilidade do gás carbônico em água versus temperatura.

CO₂ gasoso) já se encontram separadas umas das outras e o efeito dominante vem da solvatação, que ocorre quando o gás se dissolve. Portanto, acompanhando a curva da Figura 4b, percebe-se que os gases se tornam menos solúveis à medida que a temperatura do líquido no qual está dissolvido fica mais alta (Brady e Humiston, 1996).

Somente após compreendermos plenamente o conhecimento envolvido na adição de balas porosas a refrigerantes gaseificados, foi possível elaborar uma atividade experimental e desenvolver em sala de aula, usando a metodologia demonstrativo-investigativa, na perspectiva de favorecer o ensinar e o aprender dos conceitos científicos em um ambiente escolar.

Explicitando o percurso metodológico vivenciado...

O trabalho ora apresentado é decorrência de um projeto desenvolvido com dez alunos de 3º ano de uma escola particular de ensino médio do Distrito Federal, onde o autor desse artigo atuava inicialmente como estagiário e, posteriormente, como professor. Informamos que o experimento foi testado, no Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química da

Universidade de Brasília (LPEQ-UnB), até encontrarmos a forma mais adequada para desenvolvê-lo numa perspectiva demonstrativo-investigativa.

A ideia da realização desse projeto surgiu durante uma aula regular de química, a partir de comentários dos alunos sobre experiências a que teriam assistido em um programa de televisão dominical. Os alunos comentavam eufóricos sobre os experimentos, mas quando questionados a respeito dos fenômenos, não sabiam explicá-los. Aproveitamos a motivação e propusemos uma oficina para realizar e discutir o experimento, adicionando-se bala de menta porosa a um refrigerante. Pelas normas da escola, a oficina só poderia ser realizada no turno contrário às aulas de química no laboratório.

A estratégia que adotamos na condução da atividade coaduna-se com o que Silva et al. (2010) denominam de experiência demonstrativo-investigativa, visto que nos permitiu confrontar diferentes formas de conhecimento (aqueles apresentados nos vídeos e na TV e as explicações cientificamente aceitas). A efetivação da proposta ocorreu inicialmente por meio da *colocação de uma questão provocativa* para dar início à interação dos alunos entre si e com o professor. A partir disso, pudemos *identificar e explorar as ideias dos estudantes*, instigando-os a *descrever os fenômenos visualizados* durante a realização das três etapas descritas a seguir. Dando continuidade à atividade, estimulamos os alunos a *elaborarem explicações para os fenômenos*, baseando-se em conceitos científicos que já conheciam, na tentativa de racionalizar, entender e prever o comportamento das substâncias e materiais envolvidos e de suas transformações. Foi solicitado aos estudantes que anotassem todas as etapas da atividade e também suas explicações para que o registro pudesse ser um caminho para entender como se desenvolveu o raciocínio de cada um deles. As anotações foram necessárias como um meio de sistematizar as ideias dos alunos e também pelo fato de não se ter propositalmente um roteiro formal. O objetivo era romper com os roteiros diretivos e orientadores das práticas laboratoriais. Por isso, optamos por explicitar algumas questões no quadro para orientar as anotações dos alunos.

Logo após os estudantes escreverem suas respostas, passávamos para a discussão das ideias de cada um deles. Nessa fase, coube-nos, como professores, orientar e conduzir as discussões, colocando questionamentos, assegurando a participação de todos e procurando manter certa tranquilidade no laboratório, visto que a agitação é inerente a aulas mais dialogadas. Finalmente, fechamos a atividade introduzindo, de forma mais organizada, a explicação cientificamente aceita para o fenômeno, confrontando algumas concepções apresentadas pelos alunos e mostrando semelhanças com outras ideias expostas. Retomamos a pergunta inicial e explicamos o porquê de a mistura do refrigerante com a bala não resultar em uma transformação química.

Chamamos de atividade experimental todo o processo, ou seja, a realização do experimento, as discussões e interações ocorridas entre alunos-alunos, alunos-professor

e a sistematização das ideias por meio das anotações. Ressaltamos que o experimento foi desenvolvido em três etapas, utilizando-se os seguintes materiais: três erlenmeyers (poderiam ser substituídos por copos); uma bandeja de alumínio (tipo assadeira de bolo); dois refrigerantes do tipo cola (sendo um normal e outro zero açúcar); e uma pastilha de antiácido efervescente e balas com superfícies porosas (encontradas no mercado e comumente usadas nas apresentações em vídeos desse experimento), materiais de fácil acesso e que podem ser utilizados mesmo em escolas que não possuam laboratório. Esses reagentes e os produtos gerados pelo experimento não ofereceram risco aos alunos, além de causarem impacto insignificante ao ambiente, podendo ser descartados após a aula na rede de esgoto e no lixo comum. Abaixo, encontram-se descritas as três etapas do experimento.

1ª etapa

Nesta parte, adicionamos aproximadamente 100 mL de água a um erlenmeyer e, em seguida, acrescentamos uma pastilha de antiácido efervescente. Foi solicitado aos alunos que descrevessem o fenômeno e respondessem à seguinte questão: O fenômeno observado pode evidenciar uma reação química?

2ª etapa

Adicionamos o conteúdo de uma lata de refrigerante normal e de um refrigerante zero açúcar a dois diferentes erlenmeyers limpos e secos e, em seguida, a pergunta feita na primeira etapa foi repetida, ou seja, se a liberação do gás observada poderia igualmente evidenciar uma reação química. Também foi solicitado que os alunos explicitassem se havia alguma diferença perceptível quando se despejou os refrigerantes nos erlenmeyers.

3ª etapa

Na última etapa, repetiu-se o procedimento da 2ª etapa e, imediatamente após a adição dos refrigerantes aos erlenmeyers, foi acrescentada uma bala porosa em ambos os frascos. Essa etapa foi realizada com refrigerantes a temperatura ambiente. Novamente, refizemos a pergunta e solicitamos aos alunos que propusessem uma explicação para o fenômeno.

Tornamos a destacar que primeiramente os estudantes escreviam suas respostas e somente depois se iniciava uma discussão com o envolvimento de todos. Essa forma de conduzir o trabalho nos possibilitou instigar os alunos a explicarem a origem da evolução gasosa ou da formação do *spray* nas diferentes etapas da atividade. Consequentemente,

permitiu-nos explorar a compreensão deles sobre fenômenos físicos e químicos, chamando atenção para o fato de que a evolução gasosa nem sempre evidencia uma reação química.

Analizando as falas e as anotações dos alunos...

A análise apresentada baseou-se na memória das interações vivenciadas *com os e pelos* alunos nas impressões registradas em nosso caderno de campo (preenchido logo após a finalização da atividade) e na leitura das repostas dos estudantes aos questionamentos feitos verbalmente e por meio das perguntas escritas no quadro.

Apesar de os alunos já terem tido contato com o experimento em que se adicionam balas de menta a refrigerantes gaseificados, por meio de vídeo originado da internet ou em programas de televisão, nenhum deles tinha clareza sobre o fenômeno, mas lembravam com euforia do jato de gás/líquido expelido, contribuindo, com o que defendia Bachelard (1996), a respeito da prevalência das imagens sobre as ideias.

Foi possível observar que, para os alunos, de forma unânime, a efervescência do antiácido observada na 1ª etapa evidenciava uma reação química. Entretanto, nenhum deles associou o aparecimento de bolhas após os refrigerantes serem adicionados ao erlenmeyer (2ª etapa) a uma transformação química. Quando questionados qual seria a diferença, alguns estudantes justificaram não se tratar de uma reação pelo fato de nada ter sido acrescentado ao erlenmeyer além do refrigerante. Ou seja, para esses alunos, a ocorrência de uma transformação química está associada à mistura

Foi possível observar que, para os alunos, de forma unânime, a efervescência do antiácido observada na 1ª etapa evidenciava uma reação química. Entretanto, nenhum deles associou o aparecimento de bolhas após os refrigerantes serem adicionados ao erlenmeyer (2ª etapa) a uma transformação química. Quando questionados qual seria a diferença, alguns estudantes justificaram não se tratar de uma reação pelo fato de nada ter sido acrescentado ao erlenmeyer além do refrigerante. Ou seja, para esses alunos, a ocorrência de uma transformação química está associada à mistura de mais de uma substância.

de mais de uma substância. Isso nos remete ao trabalho de Rosa e Schnetzler (1998), em que as autoras apresentam diversas concepções alternativas sobre transformações químicas. Da mesma forma que no artigo citado, pôde-se observar que eles não conseguiam ultrapassar sozinhos a fronteira entre os níveis macro e micro, mesmo sendo alunos do 3º ano do ensino médio. Para fazer essa passagem entre os níveis, os estudantes precisaram de nossa interferência para problematizar e ajudá-los a desenvolver o pensamento analítico, teoricamente orientado. Nesse sentido, foi estabelecida entre alunos e professor

uma relação colaborativa, compartilhando os procedimentos didáticos, os objetivos das atividades e a divisão de tarefas, atitudes desejáveis no processo educativo, defendidas por Vygotsky (2001).

Passando para a 2ª etapa da atividade, observou-se que oito dos dez alunos apontaram que, ao se colocar o refrigerante comum e o zero açúcar em um erlenmeyer, o segundo *produziu* uma maior quantidade de gás. Inicialmente, a

suposição levantada foi a de que se tratava de refrigerantes saídos da fábrica com quantidades diferentes de CO_2 . Informamos que, de acordo com o Serviço de Atendimento ao Cliente¹ da empresa fabricante do refrigerante, que contatamos por telefone, em ambas as latas (comum e zero açúcar), a quantidade de dióxido de carbono é a mesma, isto é, 6 g.L^{-1} . Um dos estudantes, no entanto, disse que a grande quantidade de gás *produzido* pelo refrigerante zero açúcar podia ser justificada pela ausência do açúcar. Segundo ele, a sacarose do açúcar seria a substância “responsável pela formação das ligações de hidrogênio na bebida, o que facilitaria a liberação do gás”. A fala desse aluno mostra seu conhecimento sobre a molécula da sacarose e sobre as interações fortes, tipo ligações de hidrogênio, estabelecidas entre os grupos hidroxilas com as moléculas de água do refrigerante. Também se percebe na fala dele uma suposição sobre a molécula do gás, a de que ela estaria presa em uma interação e que, para o CO_2 evoluir, deveria ocorrer uma interação mais forte entre outras duas espécies. Entretanto, tivemos que mostrar a inconsistência de sua fala, visto que é no refrigerante zero açúcar que se observa uma maior evolução do gás carbônico e, nele, não há sacarose. Então, esse aluno propôs que a diferença na quantidade de gás *produzido* poderia estar relacionada à presença do edulcorante aspartame na bebida dietética, mas por não conhecer a estrutura e as propriedades do edulcorante, sua explicação não evoluiu. Apesar disso, foi nesse momento em que percebemos o quanto a dinâmica escolhida para a atividade experimental estava favorecendo o desenvolvimento do pensamento analítico pelos alunos.

Para orientá-los, introduzimos as explicações teóricas sobre TS descritas no artigo de Coffey (2008), não deixando de sondar o que eles já sabiam sobre isso. Para certificar-se de que os valores de TS informados por essa autora seriam semelhantes para os refrigerantes usados em nossa proposta, realizamos em um laboratório da UnB as medidas da TS (descrição no quadro a seguir). Foi utilizado o método da gota em um tensiômetro (CSC – Du Nouy Tensiometer), e mesmo diferindo daquele usado por Coffey, as médias dos valores da tensão superficial foram semelhantes às do artigo. A média das três medidas feitas para o refrigerante comum ficou em $69,37 \text{ N.m}^{-1}$ e, para o zero açúcar, foi de $66,18 \text{ N.m}^{-1}$, corroborando os valores publicados pelo artigo citado.

Durante as falas dos alunos, observamos que aparecia invariavelmente a palavra *produção* gasosa, mesmo quando eles afirmavam não haver reação química. Pode-se dizer que esse fato aponta tanto para falta de domínio da linguagem científica, como para dúvida de alguns estudantes sobre a ocorrência de reação quando foram adicionadas balas ao refrigerante. A resposta de seis alunos à 3ª etapa afirmava que a liberação do gás carbônico após a adição da bala ao refrigerante era resultado de uma reação química. Outros quatro alunos não souberam explicar o que de fato acontecia com a mistura descrita.

Medindo a tensão superficial...

Para medir a tensão superficial do refrigerante comum e do zero açúcar, primeiramente transferimos uma alíquota de 10 mL de cada tipo para um bquer levado ao ultrassom por cinco minutos para retirada de CO_2 . Em seguida, medimos a tensão mergulhando o anel metálico do tensiômetro de Du Nouy no interior do líquido (Figura 5).

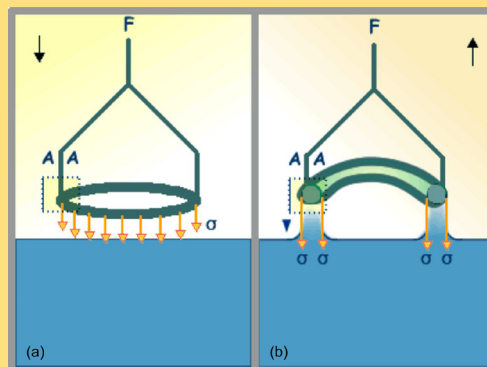


Figura 5: Representação simplificada do anel metálico de um tensiômetro Du Nouy. (Fonte: Bustos e Ranahan, 2004 - autorizado o uso da figura)

Para remover esse anel do refrigerante, aplicamos uma força. O valor lido corresponde à força do momento em que o anel se desprende da superfície do líquido. Considera-se que o anel será separado do líquido quando superar a tensão superficial do fluido. Portanto, o valor lido em uma escala do tensiômetro é a força exercida pela superfície do líquido sobre o anel, logo, a tensão superficial aparente (Moore, 1962).

Para entendermos as respostas desses seis alunos, consideramos dois aspectos. O primeiro está relacionado à forma como alguns materiais didáticos descrevem evidências da ocorrência de reações químicas, o que pode provocar confusão quanto ao entendimento sobre o que vem a ser uma transformação. Um exemplo disso pode ser encontrado em um livro didático de ensino médio no qual encontramos a frase: “A formação de uma nova substância está associada à liberação de um gás (efervescência)” (Usberco e Salvador, 2007). A falta de hábito de os estudantes questionarem os livros didáticos leva-os irrefletidamente a considerar qualquer mudança perceptível em um sistema como uma transformação química. Portanto, cabe ao professor fazer emergir concepções prévias dos estudantes e incentivá-los a reformulação das ideias que, muitas vezes, tornam-se obstáculos ao conhecimento (Vygotsky, 2001; Bachelard, 1996). Mortimer e Miranda (1995), investigando concepções de estudantes sobre reações químicas, relataram que, ao buscarem uma generalização para explicar certos fenômenos, os alunos podem acabar gerando concepções erradas. O segundo aspecto pode estar relacionado à existência de um entendimento de senso comum que a ciência Química está sempre relacionada a fenômenos exóticos de grandes

intensidades como explosão, implosão, mudança de cor abrupta, liberação violenta de gás, transmutação, mutação, exalação de odores fétidos etc.

Também foi discutido com os estudantes a acidez do meio, analisando a variação no valor do pH na 3ª etapa, visto ser outra evidência indicativa de transformação química. Fizemos as medidas usando papel de pH e não houve variação perceptível na cor do papel antes e depois da dissolução da bala no refrigerante. Para complementar, argumentamos não se tratar de reação de neutralização, usando os valores de pH citados no artigo de Coffey (2008). Corroboramos os dados dessa autora por meio de medidas realizadas utilizando peagâmetro em um laboratório da UnB. Não houve variação do pH nem para o refrigerante comum, cujo valor ficou em 2,47, nem para o zero açúcar, que foi de 2,92.

Quanto à temperatura do sistema refrigerante/bala, não foi observada modificação no valor dessa variável antes e após a dissolução durante os testes que antecederam a atividade na escola. No entanto, pudemos observar que a evolução gasosa foi maior quando o refrigerante estava a temperatura ambiente. Apesar de não termos idealizado nenhuma etapa usando refrigerantes com baixa temperatura, discutimos com os alunos a influência da temperatura na solubilidade do gás carbônico em refrigerantes. Mesmo com a contribuição dos alunos, devido à vivência de suas observações quando manuseiam refrigerantes gelados e a temperatura ambiente, consideramos que esta deve ser uma etapa a se incluir numa proposta experimental, pois pode fortalecer a relação entre o fazer e o pensar, essenciais para o aprender ciências, segundo Silva et al. (2010).

Após debater com os alunos sobre cada uma das hipóteses por eles levantadas e considerando a evolução gasosa, a variação de pH e a temperatura do sistema, fizemos um paralelo entre o que os alunos chegaram sabendo e as considerações científicas que foram acrescidas para explicar o fenômeno. Ressaltamos sobremaneira a distinção entre fenômeno físico (ocorrido na 3ª etapa) e fenômeno químico (na 1ª etapa). Com isso, os estudantes puderam rever suas explicações e alguns ainda explicitaram mais dúvidas. Uma delas nos chamou atenção: os alunos queriam saber o que acontece se ingerissem bala de menta e refrigerante concomitante. Apesar de ter sido relatado que se tratava de uma dissolução e não havia a ocorrência de reação química entre o doce e o líquido, os alunos ainda não se sentiam seguros para responder a tal questionamento. Consideramos que essa pergunta se justifica, visto que a mídia chegou a atribuir a morte de um aluno de uma escola localizada na cidade de São Paulo no ano de 2006 à formação de uma substância

tóxica resultante da reação entre um tipo de refrigerante gaseificado e uma bala de menta. Mesmo que posteriormente essa informação tenha sido esclarecida pelos próprios meios que a divulgaram, pôde-se observar que permaneceu o medo, o mito de uma reação fatal, as lembranças exageradamente valorizadas, considerando sempre as imagens divulgadas quando se mistura refrigerante e bala de menta.

A forma como a atividade experimental foi conduzida permitiu que explorássemos a inter-relação fenomenológica e teórica durante o período estabelecido para a atividade. Poderíamos ter inserido mais etapas no experimento, mas optamos por dar voz aos alunos e discutir integralmente as três partes na escola, não deixando as explicações como tarefa de casa. Com isso, mantivemo-nos fiel à metodologia e evitamos os relatórios com respostas copiadas e coladas, cujo interesse está centrado na nota em detrimento ao desenvolvimento do conhecimento.

Observamos que as discussões ocorridas ao final de cada etapa foram o diferencial entre uma metodologia convencional adotada em nossas aulas e a demonstrativo-investigativa escolhida para desenvolver este trabalho. A percepção disso tornou-se mais acentuada quando comparamos os diálogos e as anotações dos alunos para discutir essa atividade. A escrita nos possibilitou ver até onde os alunos individualmente podiam ir, externando o que sabiam e percebiam durante a experimentação. Já nas falas, vivenciamos o exercício da razão por meio de provocações que surgiam tanto da parte do professor como dos alunos. O diálogo, que se estabeleceu na busca por compreender a experimentação, permitindo-nos aprofundar ideias, levantar hipóteses, elaborar ponderações e premissas, foi consequência de um desejo coletivo. Consideramos que o planejamento e a sistematização, cuidadosamente elaborados, foram importantes para a efetivação dessa proposta, mas somente a parceria e o compromisso, estabelecidos entre alunos e professor, deram-nos a certeza do êxito no processo ensino-aprendizagem. Pode-se dizer que a construção metodológica nos possibilitou alcançar o que Vygotsky (1991) denomina zona de desenvolvimento proximal.

Considerações finais

A correlação dos fatos cotidianos com as teorias científicas deve ser uma prática exercitada desde as séries iniciais, para que o aluno consiga fragmentar um fenômeno em partes, bem como reconhecê-las e recombina-las de um modo novo (Silva et al., 2010). Enquanto isso não estiver consolidado, corre-se o risco de os alunos não compreenderem as explicações científicas correspondentes aos fenômenos. Sendo

Quanto à temperatura do sistema refrigerante/bala, não foi observada modificação no valor dessa variável antes e após a dissolução durante os testes que antecederam a atividade na escola. No entanto, pudemos observar que a evolução gasosa foi maior quando o refrigerante estava a temperatura ambiente. Apesar de não termos idealizado nenhuma etapa usando refrigerantes com baixa temperatura, discutimos com os alunos a influência da temperatura na solubilidade do gás carbônico em refrigerantes.

assim, a atividade experimental não se firmará como uma possibilidade de se compreender o mundo sob o olhar da ciência. Pode-se até despertar os alunos para o desenvolvimento de criticidade na perspectiva de avaliar informações prestadas por diferentes mídias com relação a fenômenos e/ou produtos químicos, mas a não compreensão do valor técnico-científico do conhecimento corrobora com uma lógica perversa exercitada pelas práticas conteudistas, que mantêm os indivíduos reprodutores acríticos.

A atividade proposta nos permitiu trabalhar, em sala de aula, conteúdos de solubilidade de gases em líquidos e fatores interferentes, transformações químicas e fenômenos físicos, interações intermoleculares e a energia dessas interações, assim como tensão superficial. Também possibilitou analisar a variação de pressão e temperatura como mostram os gráficos das Figuras 4a e 4b. Além disso, deu-nos a oportunidade de discutir valores socioambientais e técnico-científicos, o que pode contribuir para o desenvolvimento do senso crítico, possibilitando aos alunos autonomia para o questionamento e para a não aceitação de aulas-espetáculos esvaziadas de saber. No entanto, desfazer crenças mostrou-se uma tarefa difícil, apontando-nos que para isso é necessário “ir ao essencial” e romper com experimentos apresentados como “espetáculo de curiosidades” (Bachelard, 1996, p. 40 e 43).

Consideramos que essa atividade experimental também possibilita ao professor extrapolações para explorar questões ambientais, subsidiada pela compreensão sobre a solubilidade de gases em ambientes aquáticos. Isso permite falar sobre problemas de ordem antrópica quanto à disposição

inadequada de resíduos nesses ambientes, que podem comprometer a vida de seres vivos que usam o gás oxigênio para respirar.

Outro aspecto que pode ser repensado a partir dessa proposta de trabalho é sobre os modelos de relatórios, principalmente aqueles em que o professor delega ao estudante o dever de buscar possíveis explicações para os experimentos. O uso da metodologia demonstrativo-investigativa favorece a compreensão da teoria envolvida no experimento e, portanto, dá segurança ao aluno para elaborar suas explicações sem ter que copiar a obra de terceiros e colar em seu relatório sem citar a fonte. As formas de plágio e suas implicações ético-legais precisam ser explicitadas e debatidas nos processos educacionais, em todos os níveis de ensino, pois é um fenômeno que vem comprometendo, além da relação professor-aluno, o desenvolvimento do pensamento e da criticidade e a formação ética dos indivíduos.

NOTA

1. Contatamos o Serviço de atendimento ao Cliente - SAC por telefone no dia 29 set. 2009.

Diego Arantes Teixeira Pires (diego.pires.88@gmail.com), licenciado e bacharel em Química pela UnB, mestrando em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da UnB – Campus Darcy Ribeiro. Brasília, DF - BR. **Patrícia Fernandes Lootens Machado** (plootens@unb.br), bacharel em Química pela Universidade Federal do Ceará, mestre e doutora em Engenharia (Área Ciência dos Materiais) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, é docente da Divisão de Ensino de Química no Instituto de Química da UnB – Campus Darcy Ribeiro. Brasília, DF - BR.

Referências

ARROIO, A. e GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 8-11, 2006.

BRADY, J.E. e HUMISTON, G.E. *Química geral*. v. 1. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1986, p. 351-363.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Trad. E. S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BUSTOS, E.S.S. e RANAHAN, F.Z.T. *Tensión superficial*. Disponível em <http://www.citt.ufl.edu/team/sepulveda/html/diagramas.html>. Acesso em dez. 2011.

CHANG, R. *Chemistry*. 8. ed. New York: McGraw-Hill, 2005.

COFFEY, T.S. Diet Coke and Mentos: what is really behind this physical reaction? *American Journal of Physics*, v. 6, n. 76, p. 551-557, 2008.

MARCELINO JÚNIOR., C.; BARBOSA, R.; CAMPOS, A.; LEÃO, M.; CUNHA, H. e PAVÃO, A. Perfumes e essências: a utilização de um vídeo na abordagem das funções orgânicas. *Química Nova na Escola*, n. 19, p. 15-18, 2004.

MOORE, W.J. *Physical chemistry*. 3. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1962.

MORTIMER, E.F. e MIRANDA, L. C. Concepções de estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 23-26, 1995.

ROSA, M.I.F.P.S. e SCHNETZLER, R.P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 31-35, 1998.

RUSSELL, J.B. *Química geral*, v. 1. 2. ed. Trad. M. Guekezan et al. v. 1, São Paulo: Pearson Education, 1994, p. 511-525.

SILVA, R.R.; MACHADO, P.F.L. e TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W.L.P. e MALDANER, O.A. *Ensino de química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010, p. 231-258.

USBERCO, J. e SALVADOR, E. *Química geral*, v. 1. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2007, p. 84.

VYGOTSKY, L.S. *A construção do pensamento e da linguagem*. Trad. P. Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

_____. *A formação social da mente*. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

Abstract: Soda and mint candy: exploring possibilities. The exploitation by the media of the phenomenon that occurs between soda and porous candy arouses curiosity and interest of several people due to its strong visual appeal. It is observed that the disclosure is given only to the macroscopic bound without the inclusion of scientific knowledge. Trying to make this phenomenon a teaching resource, this paper presents microscopic explanations about it and describes an experimental activity demonstrative-investigative conducted with students from third level at high school in the Distrito Federal.

Keywords: Experimentation, physical and chemical transformations, gas solubility