

Aprendizagem Baseada em Casos Investigativos e a Formação de Professores: O Potencial de Uma Aula Prática de Volumetria para Promover o Ensino Interdisciplinar

Max F. Pierini, Natasha C. Rocha, Moacelio V. Silva Filho, Helena C. Castro e Renato M. Lopes

O Ministério da Educação vem empregando esforços para reestruturar os currículos do ensino médio no Brasil, incluindo o Programa Ensino Médio Inovador, que busca implantar ações interdisciplinares nas escolas. Este trabalho apresenta as concepções de professores da área de ciências da natureza do estado do Rio de Janeiro sobre o potencial de uma prática de volumetria, empregada para determinar a acidez de refrigerantes e inserida na aplicação da aprendizagem baseada em problemas para promover o ensino interdisciplinar. Nossos resultados apontam que as atividades desenvolvidas são capazes de integrar conhecimentos de todas as disciplinas que compõem o currículo do ensino médio.

► aprendizagem baseada em casos investigativos, formação de professores, volumetria, interdisciplinaridade ◀

112

Recebido em 24/01/2014, aceito em 27/06/2014

No ano de 1916, o filósofo e educador norte-americano John Dewey (1979) já defendia o ensino interdisciplinar nas escolas. Para o autor, a interdisciplinaridade era um processo valioso na construção de uma relação eficiente entre a teoria e a prática e poderia garantir a aprendizagem dos estudantes a partir de críticas e investigações reflexivas sobre a realidade. No entanto, ressalta-se que o termo interdisciplinaridade é polissêmico e propostas de classificação já foram criadas para conceitos como disciplinaridade, multidisciplinaridade, interdisciplinaridade ou transdisciplinaridade (OECD, 1972; Klein, 1990; Nissani, 1997; Nikitina, 2006). Nesse complexo cenário de classificação existente, consideramos que uma atividade interdisciplinar ocorre quando ela incorpora os conhecimentos de várias especialidades, conseguindo empregar instrumentos e técnicas metodológicas das diferentes disciplinas, além de utilizar esquemas conceituais e análises dos diversos ramos do saber, a fim de fazê-los integrarem e convergirem (Japiassu, 1976).

Para o Ministério da Educação (MEC), a interdisciplinaridade ocorre a partir de um processo de troca e cooperação de docentes e alunos, na articulação e integração dos conhecimentos disciplinares, ao se abordar um determinado tópico, tema, objeto de estudo ou cenário de investigação (Brasil, 1998).

Para o Ministério da Educação (MEC), a interdisciplinaridade ocorre a partir de um processo de troca e cooperação de docentes e alunos, na articulação e integração dos conhecimentos disciplinares, ao se abordar um determinado tópico, tema, objeto de estudo ou cenário de investigação (Brasil, 1998). Segundo as novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Resolução CNE/CEB n. 2, de 30 de janeiro 2012), o currículo deve contemplar as quatro áreas do conhecimento (línguas, matemática, ciências da natureza e ciências humanas) com uma abordagem metodológica que evidencie a contextualização e a interdisciplinaridade entre esses diferentes campos do saber.

O MEC, no ano de 2009, lançou o programa Ensino Médio Inovador (ProEMI), com o objetivo de induzir a reestruturação dos currículos das escolas do ensino médio prioritariamente naquelas escolas que pertencem às redes estaduais. A nova estrutura curricular preconizada pelo ProEMI deve, dentre outros aspectos, privilegiar a interdisciplinaridade por meio da promoção de atividades de ensino e aprendizagem que integrem os eixos constituintes do ensino médio, ou seja, trabalho, ciência, tecnologia e cultura (Brasil, 2014). O ProEMI estabelece um

A seção "Espaço aberto" visa abordar questões sobre Educação, de um modo geral, que sejam de interesse dos professores de Química.

conjunto de condições básicas para esse redesenho curricular e, dentre elas, destaca-se o desenvolvimento de atividades teóricas e práticas nos laboratórios de ciências que possam potencializar aprendizagens nas diferentes áreas do conhecimento (Brasil, 2013).

Atualmente, mais de cinco mil escolas já adotaram o ProEMI em todo o Brasil e cerca de 50 já adotaram o programa no estado do Rio de Janeiro. Esses dados foram obtidos no PDE interativo do MEC (<http://pdeinterativo.mec.gov.br/>) e através de contatos via e-mail com a Coordenação Geral de Ensino Médio (COEM) do próprio MEC. Dentro desse cenário, a utilização de estratégias de ensino como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP ou PBL de *Problem-Based Learning*) e a Aprendizagem Baseada em Casos Investigativos (*Case Study* ou Estudo de Caso), em sinergia com o uso do laboratório de ensino de química ou ciências das escolas, possibilita um grande potencial de integração e articulação entre diferentes áreas do saber (Llorens-Molina, 2010; Lopes et al., 2011; Azer et al., 2013). Tanto a ABP quanto o Estudo de Caso, uma variação da primeira, são estratégias pedagógicas que enfatizam o aprendizado auto-dirigido, centrado no estudante (Sá; Queiroz, 2010), sendo este o principal responsável por seu aprendizado e tornando-se, nesse tipo de metodologia ativa de ensino, o foco do processo de aprendizagem.

Nessas metodologias de ensino, os estudantes aprendem por meio da resolução de cenários investigativos ou situações-problema, atuando em grupos colaborativos e com a ação do professor como um orientador do processo de aprendizagem. Os estudantes se defrontam com uma situação-problema e o processo de aprendizagem tem o seu início a partir de três questões primordiais: O que nós já sabemos sobre o problema apresentado? O que nós precisamos saber? De que forma podemos encontrar as informações necessárias? Nesse contexto, ocorrem ciclos envolvendo atividades entre alunos e professores (Torp; Sage, 2002; Kain, 2003; Hmelo-Silver, 2004).

A ABP e os casos investigativos apresentam potencial para fomentar uma abordagem interdisciplinar para alunos do ensino médio (Torp; Sage, 2002; Lambros, 2004). Importante ressaltar que essas metodologias podem ser empregadas em momentos pontuais e estratégicos ao longo do ano letivo ou podem ser empregadas para estruturar completamente um currículo (Neville; Norman, 2007; Lopes et al., 2011; Azer et al., 2013). Nesse sentido, indo ao encontro do que é preconizado pelo ProEMI, há a possibilidade de implantação de currículos híbridos que, além de permitir processos de ensino e aprendizagem interdisciplinares, também permite

que o currículo passe por uma mudança gradual e eficiente de um modelo centrado no ensino tradicional para um modelo centrado na ABP (Moesby, 2009; Carrio et al., 2011; Lian; He, 2013). No entanto, é fundamental a capacitação dos professores da educação básica para o emprego eficiente dessa metodologia de ensino nas escolas brasileiras (Silva-Filho et al., 2010).

A melhoria da formação inicial e continuada de professores também se aplica no cenário de reestruturação de currículos para o ensino médio, uma vez que discussões acerca da baixa qualidade da formação de docentes vêm ganhando espaço nos últimos anos no Brasil (Massena; Monteiro, 2011) e em países da Europa e nos Estados Unidos (Garm; Karlsen, 2004; Kothagen et al., 2006; Futrell, 2010). No Brasil, por exemplo, o estudo lançado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), intitulado de *Professores no Brasil: impasses e desafios* (Gatti; Barreto, 2009),

mostra que a maioria dos mais de 2,1 milhões de professores da educação básica no Brasil enfrenta dois problemas cruciais: baixos salários e formação deficiente. Assim, além do desenvolvimento de uma política de aumento salarial e valorização do magistério, faz-se necessário repensar e intervir na formação inicial e continuada dos docentes, visto que esses processos não apresentam uma qualidade satisfatória, possuindo currículos que estão distantes das questões relacionadas com a prática profissional, dos

seus fundamentos metodológicos e das formas de trabalho em sala de aula (Gatti; Barreto, 2009).

Considerando o cenário exposto, o presente artigo apresenta resultados obtidos de um projeto de implantação da ABP em um Centro Integrado de Educação Pública (CIEP), uma escola localizada no bairro de Santa Cruz no município do Rio de Janeiro. Apresentamos o levantamento realizado por professores da rede pública do estado do Rio de Janeiro do potencial de uma prática de volumetria, desenvolvida no contexto de aplicação da ABP para fomentar o ensino interdisciplinar na área de química, verificando-se o potencial dessa estratégia para abrangência em outras áreas do ensino.

Procedimentos metodológicos

O trabalho foi desenvolvido por meio de um processo colaborativo e solidário com 14 professores que atuam no ensino de ciências em turmas do ensino médio da rede pública do estado do Rio de Janeiro e que, portanto, já devem abordar os temas relacionados à química, biologia e física, dentro de um contexto interdisciplinar. Os docentes participavam como alunos de um curso de atualização intitulado

Nessas metodologias de ensino, os estudantes aprendem por meio da resolução de cenários investigativos ou situações-problema, atuando em grupos colaborativos de aprendizagem e com a ação do professor como um orientador do processo de aprendizagem. Os estudantes se defrontam com uma situação-problema e o processo de aprendizagem tem o seu início a partir de três questões primordiais: O que nós já sabemos sobre o problema apresentado? O que nós precisamos saber? De que forma podemos encontrar as informações necessárias?

de *Metodologias Ativas de Ensino e Interdisciplinaridade*.

O curso foi composto por uma parte presencial, que aconteceu aos sábados entre os meses de maio e julho de 2012, e uma parte *online*, desenvolvida na plataforma Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*). O curso abordou os seguintes tópicos: a) fundamentos das metodologias ativas de ensino; b) elaboração de problemas ou casos investigativos; c) função/papel dos professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem; d) utilização das tecnologias da informação e comunicação no contexto das metodologias ativas de ensino; e e) interdisciplinaridade e integração curricular promovida por essas metodologias.

Todos os participantes foram voluntários e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participar da pesquisa, que foi aprovada em uma Comissão de Ética e Pesquisa com Seres Humanos (CEP).

O caso investigativo

No segundo capítulo do livro *Estudos de casos no ensino de química* (Sá; Queiroz, 2010), são apresentados aspectos importantes para a elaboração de um caso investigativo tais como: a utilidade pedagógica para os estudantes e para o curso no qual ele será aplicado; um caso deve tratar de questões atuais e despertar o interesse dos alunos; os casos não devem possuir enunciados muito longos para evitar uma análise tediosa do problema apresentado; e os casos devem ser fundamentados em questões controversas e forçar a tomada de decisões.

Aos docentes matriculados no curso de atualização, foi apresentada uma proposta de caso investigativo intitulado de *Determinação da Acidez de Refrigerantes - Para quê?*, que segue abaixo.

Diversos sites com informações e vídeos podem ser encontrados na internet com o uso da Coca-Cola para desentupir pias e ralos, limpar pisos, como o mármore do banheiro, retirar a cola de multas de trânsito, dentre outras aplicações. Uma explicação adotada pelo senso comum, é que na 'química' deste refrigerante existe uma quantidade muito grande de ácido – que é uma substância geralmente relacionada com a 'dissolução e corrosão' de outras substâncias. Dona Dalva, moradora de um bairro da zona oeste do Rio de Janeiro, após ouvir os relatos das amigas sobre o efeito 'corrosivo' da Coca-Cola em uma conversa no fim da tarde, chega à casa muito preocupada e comenta com o sobrinho Diego, estudante do ensino médio.

Na manhã seguinte, Diego expõe a conversa com sua tia na aula de química. O professor, ao ver os estudantes interessados, propõe a resolução do problema para a turma e levanta as seguintes questões:

- 1) Como o Ministério da Saúde permite a comercialização desse refrigerante?*
- 2) Outros refrigerantes não apresentam ácidos em sua composição?*

3) Se existir ácido nos outros refrigerantes, será que a diferença de acidez entre os refrigerantes é muito grande?

Vocês são alunos da turma, colegas do Diego. O objetivo de vocês é resolver o problema para que Diego esclareça sua tia Dalva sobre o assunto.

Na resolução do caso investigativo, os alunos do curso foram divididos em pequenos grupos e as questões apontadas foram abordadas em ciclos de aprendizagem de acordo com a estrutura metodológica da ABP descrita na literatura (Lambros; Hmelo-Silver, 2004; Llorens-Molina, 2010; Lopes et al., 2011), na qual os aprendizes buscam métodos de obter as informações necessárias para a resolução do problema, alternando discussões em grupo e momentos individuais de pesquisa. Nesse contexto, os coordenadores do curso, assumindo o papel do professor orientador/colaborador – característico de metodologias como a ABP –, direcionaram as discussões para que fosse realizada uma prática de volumetria com o intuito de comparar a quantidade de ácido existente na Coca-Cola e a quantidade de ácido em outros refrigerantes. Os escolhidos foram o guaraná e a Fanta de sabor laranja.

Informações básicas sobre a técnica da volumetria

A técnica da volumetria consiste em utilizar uma reação de neutralização entre um ácido e uma base. Se conhecermos a quantidade de base utilizada para neutralizar o ácido, podemos determinar a quantidade de ácido neutralizada. Desse modo, uma solução reagente de uma base, cuja concentração é conhecida (solução padrão), é empregada para neutralizar o ácido presente em um determinado volume de refrigerante.

A volumetria é uma técnica que pode ser realizada com facilidade em um laboratório escolar de ciências. Ademais, refrigerantes são produtos muito versáteis, baratos e de baixo risco para a realização de aulas práticas e demonstrativas nas escolas, possibilitando a abordagem de diversos conceitos da química tais como a solubilidade dos gases em água, interações químicas e pH (Lima; Afonso, 2009). Assim, a prática para comparar a quantidade de ácido entre três refrigerantes foi executada com os 14 professores. O objetivo principal é disparar um processo no qual os professores possam explorar o potencial do caso apresentado e da prática executada na integração de conhecimentos das disciplinas que compõem o currículo do ensino médio.

Procedimentos para a determinação da acidez dos refrigerantes

Os reagentes necessários para essa prática são de fácil preparo em um laboratório escolar. Vale ressaltar que a intenção da prática realizada, assim como do presente artigo, é o de refletir com professores de diferentes disciplinas a forma como uma prática de laboratório, aplicada no contexto do uso da ABP, é capaz de promover o ensino interdisciplinar. Portanto, os detalhes técnicos da descrição do procedimento

da prática foram reduzidos para facilitar a compreensão da prática por professores de disciplinas mais distantes das ciências naturais.

- 1) Uma solução reagente de hidróxido de sódio (NaOH) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ foi preparada por um técnico de laboratório e colocada cuidadosamente numa bureta com o auxílio de um bquer. Foi ressaltado que o NaOH é o mesmo álcali da chamada soda cáustica, usada para o desentupimento de encanamentos. Contudo, faz-se a ressalva de que existe uma grande diferença entre um reagente analítico de alta pureza, como é o caso do reagente usado nessa prática, e os produtos comerciais de uso cotidiano. No entanto, pelo fato de ser a mesma substância, torna-se possível estabelecer uma relação entre produtos que se encontram em ambientes controlados dos laboratórios de ensino ou pesquisa e o cotidiano de alunos e professores que possivelmente já enfrentaram o desafio de desentupir um cano nas suas casas.
- 2) Amostras de 300 mg de biftalato de potássio ($\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$) foram pesadas e disponibilizadas aos docentes para evitar o uso de balança. Esse sal ácido é um sólido muito estável, não higroscópico, sendo usado na química analítica como padrão primário. Para que a solução de hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ fosse padronizada, uma amostra conhecida do biftalato foi dissolvida em cerca de 100 ml de água destilada e titulada da mesma forma que foram titulados os refrigerantes.
- 3) Empregamos a solução indicadora de fenolftaleína (5% em etanol), que é incolor em pH abaixo de 8 e corada em vermelho acima desse pH. Foi possível recordar a brincadeira do sangue do diabo com os docentes, muito comum em tempos idos e que usa a fenolftaleína como um dos seus reagentes.
- 4) Para a realização da prática, cerca de 200 mililitros de cada amostra de refrigerante foram levemente aquecidos no micro-ondas para acelerar a retirada do CO_2 . Posteriormente, o refrigerante ficou em descanso por 24 horas à temperatura ambiente em frascos abertos. A retirada do CO_2 se fez necessária para que fosse eliminada a interferência desse gás na medição do pH dos refrigerantes, sendo esses valores constituídos apenas pela presença dos acidulantes que compõem cada tipo de refrigerante empregado na prática.

A determinação da acidez total do refrigerante foi feita da seguinte forma:

- (i) uma amostra de cada tipo de refrigerante foi transferida com uma pipeta volumétrica para um frasco de erlenmeyer e completou-se o volume de cada solução para 100 mL com água destilada;
- (ii) 3 gotas do indicador (fenolftaleína) foram adicionadas a cada solução contendo refrigerante (amostras);
- (iii) acrescentou-se a solução reagente de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ a cada amostra, gota a gota, com a bureta, até o início do aparecimento permanente da coloração rósea adquirida pela fenolftaleína em pH acima de 8,0, indicando que a quantidade de ácido foi totalmente neutralizada;

- (iv) o volume gasto da solução reagente foi anotado. Desse modo, de forma simplificada, o volume gasto da solução reagente de NaOH foi utilizado para determinar a quantidade de ácidos totais presentes em cada amostra de refrigerante verificada.

Os professores iniciaram o trabalho prático de modo individual com a solução de NaOH padronizada, o guaraná e a Fanta, de modo que a faixa ou zona de viragem fosse de fácil visualização por todos. Entretanto, nova questão foi levantada pelos docentes: “*Como faremos com a Coca-Cola? Não será fácil ver a viragem!*”. Assim, foi possível também introduzir a ideia de instrumentos de medida com o uso do potenciômetro para medir o pH, além de observar a viragem com o indicador (fenolftaleína). A adição da solução da base titulante NaOH para neutralizar os ácidos das amostras de refrigerante é acompanhada da mudança do pH da solução indicada no potenciômetro. Nesse momento, duas questões puderam ser discutidas com os docentes: 1) o uso da tecnologia na transposição de barreiras analíticas no laboratório; e 2) a necessidade de compreensão dos conceitos que comandam essas tecnologias e, por consequência, de todo o processo de ensino e aprendizagem que está sendo desenvolvido. Como mencionado, o indicador (fenolftaleína) muda de cor, reagindo quimicamente com as bases e ácidos. Contudo, como funciona o eletrodo do potenciômetro? Esse conceito demandará questões bem mais complexas de eletroquímica, que podem ser exploradas em outras aulas de química. Assim, evidencia-se que a integração dos conhecimentos não terminará, por exemplo, na apresentação de relatórios pelos alunos (ou, no caso, professores), podendo essa integração ser desenvolvida em outros momentos no decorrer do ano letivo.

Resultados e discussão

A leitura da composição dos refrigerantes mostrou que os produtores da Coca-Cola usam um tipo de acidulante registrado pelo código INS 338. No Sistema Internacional de Numeração de Aditivos Alimentares (ANVISA, 2013), observou-se que esse aditivo é o ácido fosfórico, representado pela fórmula química H_3PO_4 . No mesmo texto, verificamos que o acidulante dos outros dois refrigerantes possui o código INS 330, tratando-se do ácido cítrico, de fórmula química $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$.

Aos docentes e alunos do curso, apresentou-se como recurso auxiliar de aprendizagem um artigo do Boletim da Sociedade Portuguesa de Química que apresenta as curvas de titulação do ácido fosfórico e ácido cítrico com uma base forte como é o NaOH (Pereira, 2010). Os dois ácidos são tripróticos, ou seja, possuem 3 hidrogênios ionizáveis em água, porém as curvas e os valores dos pK_a mostram que entre os valores de 8 e 9 de pH, que estão na faixa da viragem da fenolftaleína, temos duas situações diferentes (Figura 1): o ácido fosfórico apresentaria dois hidrogênios ácidos neutralizados e o ácido cítrico teria três hidrogênios ácidos neutralizados.

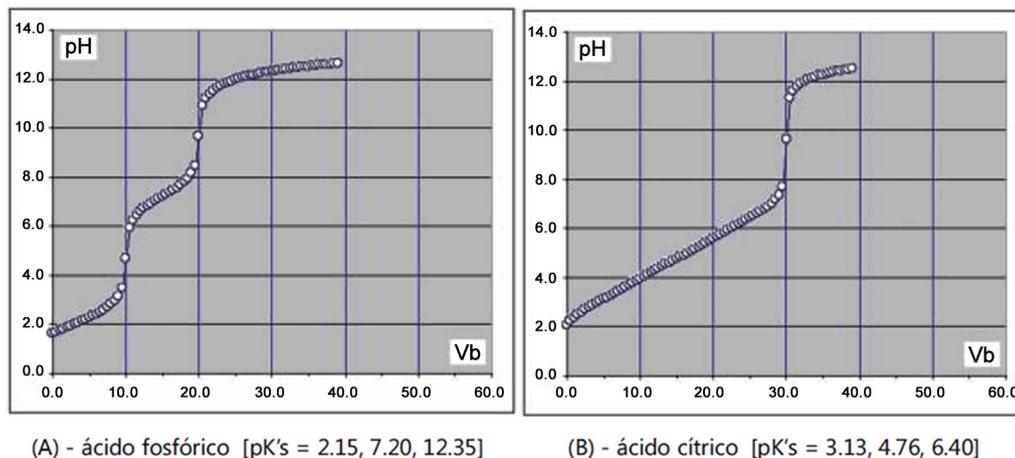
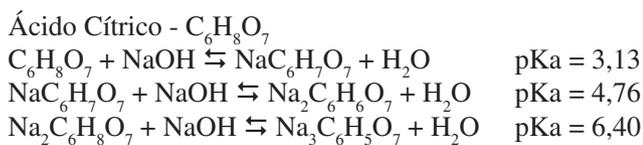
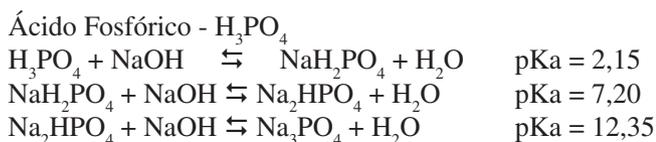
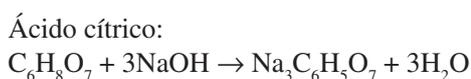
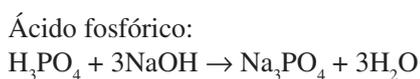


Figura 1: Curvas de titulação previstas para a reação de um ácido triprótico com base forte (MOH): casos do (A) ácido fosfórico e do (B) ácido cítrico (indicação do valor das constantes utilizadas em casa caso) (Pereira, 2010).

Dessa forma, em uma titulação desses ácidos com NaOH, tendo como indicador de viragem a fenolftaleína, o volume consumido de base representa 2/3 da titulação do ácido fosfórico e 3/3, ou 100%, da titulação do ácido cítrico. Portanto, os volumes encontrados para a titulação da Coca-Cola foram multiplicados por 3/2 para encontrar o volume final da titulação. Os volumes para a titulação do ácido cítrico não precisaram de correção. As equações químicas envolvidas são:



Para realizar os cálculos, considerou-se a concentração em quantidade de matéria da base NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, além da massa molar dos dois ácidos – cítrico = 192 g mol^{-1} e fosfórico = 98 g mol^{-1} , assim como as proporções estequiométricas das reações balanceadas, que se apresentam abaixo:



Portanto, ao atingir o ponto de equivalência ou ponto estequiométrico da reação, a quantidade de matéria da base titulante terá neutralizado toda quantidade de matéria do ácido titulado presente nas amostras. Se assumirmos que o ponto de viragem, dado pelo indicador fenolftaleína, equivale com precisão satisfatória ao momento no qual a reação atinge o ponto de equivalência, os cálculos podem ser conduzidos como se segue.

Como consideramos os volumes gastos de NaOH para uma titulação completa de cada amostra, foi possível calcular as concentrações de cada ácido em gramas por 100 mL de refrigerante. Para tanto, dada a proporção estequiométrica das reações de neutralização balanceadas, utilizamos a relação $n=cV$, no qual n representa a quantidade de matéria (expressa pela unidade mol); c , a concentração expressa como a razão entre a quantidade de matéria e o volume (na unidade mol L^{-1}); e V , o volume em litros (expresso em L). Evitamos o uso do termo molar ao nos referirmos à unidade mol L^{-1} , devendo este ficar restrito a situações em que se quer expressar uma grandeza por unidade de quantidade de matéria como, por exemplo, a massa molar de uma substância, que é expressa por meio da unidade g/mol (Silva; Rocha-Filho, 1995).

O volume gasto e a concentração da solução de NaOH foram aplicados na equação $n=cV$. Assim, foi possível determinar a quantidade de matéria contida no volume gasto de base para neutralização de cada amostra de refrigerante. Tais resultados, por intermédio das proporções estequiométricas e considerando a massa molar de cada ácido, possibilitaram a determinação da quantidade de matéria do ácido em cada uma das amostras analisadas. Os valores foram ajustados

Refrigerantes	Ácido	pH*	VB (mL)	VR (mL)	A (g/100 mL)
Coca-Cola	fosfórico	2,3	2,25	5	0,0735
guaraná	cítrico	2,9	3,0	5	0,137
Fanta	cítrico	3,5	3,0	5	0,137

VB - volume gasto de NaOH / VR- volume da amostra / A – quantidade total de ácido

*Os valores de pH foram obtidos com a utilização de potenciômetro.

para que as quantidades totais de ácido presente nas amostras fossem expressas em g/100 mL.

Os resultados obtidos são apresentados no quadro abaixo.

Os resultados da análise situam a Coca-Cola como o refrigerante que possui a menor concentração total de ácidos. Contudo, este foi o refrigerante com o pH mais baixo (2,3) na medição do potenciômetro, o que indica uma maior quantidade de íons H⁺, ou H₃O⁺, em solução. Tal diferença se deve à força do ácido utilizado como acidulante em cada amostra de refrigerante analisada. Como mostra a Figura 1, o pKa que indica o pH onde temos 50% de ionização, do primeiro hidrogênio ionizável de cada ácido, mostra que esse íon é mais ionizado no ácido fosfórico (pKa = 2,15) do que no ácido cítrico (pKa = 3,13), baixando mais o pH como foi observado em nossos resultados.

A diferença no tipo de ácido utilizado como acidulante na composição dos refrigerantes analisados também pode apontar um caminho na abordagem do caso investigativo proposto. Muitas manchas de sujeira se formam por se fixarem sob o efeito da chamada água dura. O fenômeno ocorre em termos de concentração de íons, quando a água tem alto teor de íons de minerais como cálcio e magnésio (Mól et al., 1995). A água dura, pela concentração elevada de íons, dificulta a ação de produtos de limpeza. Quando misturada ao sabão, forma precipitados insolúveis com os ânions carboxilatos daquele produto, produzindo uma espuma que adere a tecidos, pias e banheiras (Osorio; Oliveira, 2001). Desse modo, a retirada de sujeira pela Coca-Cola pode estar relacionada à reação do ácido fosfórico com os minerais presentes na sujeira formada com água dura, já que fosfatos inorgânicos facilitam a atuação do detergente em águas duras, pois atuam como agentes sequestrantes, formando complexos estáveis e solúveis com os cátions causadores de dureza da água (Osorio; Oliveira, 2001).

Levantamento do potencial interdisciplinar

Empregamos duas ferramentas de interatividade da plataforma Moodle, a sala de tutoria e o fórum de discussão, para ser realizado um levantamento do potencial do caso investigativo apresentado e da atividade prática para integrar conhecimentos de diferentes áreas. Adicionalmente, foi indicado aos professores que faziam o curso de atualização a leitura do currículo mínimo das 12 disciplinas que compõem o ensino médio (Rio de Janeiro, 2013).

Essa abordagem permitiu um trabalho cooperativo entre os participantes que, primeiramente, determinaram os conteúdos de cada disciplina que poderiam ser abordados a partir da prática de volumetria. Essa construção foi registrada na plataforma Moodle. Posteriormente, nos encontros presenciais, foi construída uma figura representativa dos conhecimentos das diferentes disciplinas que poderiam ser explorados a partir do caso investigativo apresentado e da atividade prática de volumetria realizada para a determinação da acidez dos três refrigerantes (Figura 2). A figura apresenta os conhecimentos que podem ser explorados segundo a percepção dos 14 professores que participaram do curso. Sobre ela, destacamos dois pontos: 1) a opção da construção da figura numa estrutura em forma de teia de aranha para indicar que não há uma hierarquia entre as disciplinas que compõem a organização curricular do ensino médio; e 2) a integração proposta na figura não restringe a articulação de outros conteúdos. Em química, por exemplo, conceitos importantes como mol, quantidade de matéria, estequiometria, força de ácidos e diluição podem ser explorados com o caso investigativo apresentado.

Conforme as orientações para o Projeto de Redesenho Curricular (PRC) do ProEMI (Brasil, 2013), poder-se-á estruturar o currículo em ações interdisciplinares de modo que

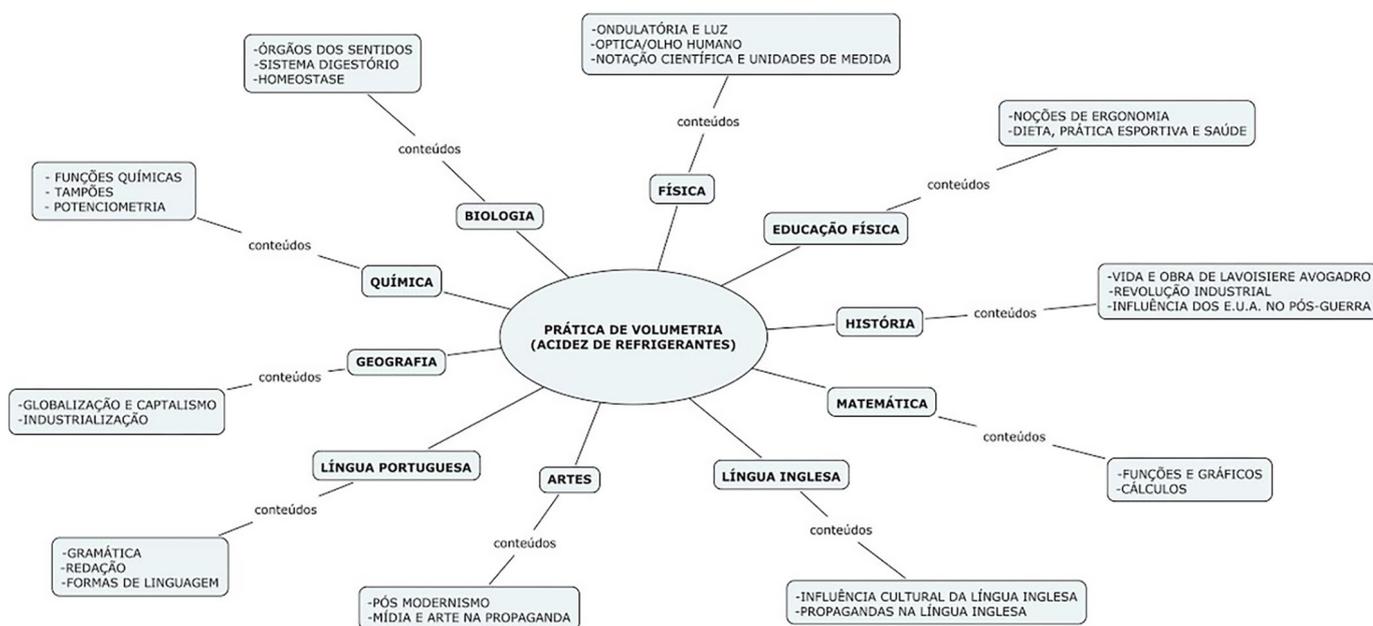


Figura 2: Estrutura em teia de aranha da relação entre a prática de volumetria e os conhecimentos das 12 disciplinas que compõem o currículo do ensino médio.

nos três primeiros anos a escola promoverá a discussão e a elaboração gradativa de um novo currículo e o 4º ano será destinado à sua consolidação. Portanto, voltando à menção da lógica de construção de uma estruturação curricular híbrida, pode-se ter uma organização que possibilite que cada bimestre do ano letivo seja aberto por um problema ou cenário investigativo, tal como o caso investigativo sobre a acidez de refrigerantes.

De acordo com a análise realizada em conjunto com os professores, esse cenário pode ser trabalhado durante uma ou duas semanas com a inclusão de aulas ou experimentos práticos no laboratório para gerar dados importantes a serem empregados na resolução do problema apresentado aos estudantes. Posteriormente, nas semanas subsequentes que compõem o bimestre, os professores de cada disciplina do currículo podem trabalhar seus conteúdos específicos, contextualizando-os em relação ao problema que foi apresentado e resolvido pelos estudantes.

É importante também ressaltar que métodos como o uso de casos investigativos e a ABP, integrando-os com o uso do laboratório escolar, podem ter um papel relevante nas escolas, constituindo o laboratório de aulas práticas um espaço de maior integração entre o ensino experimental e o ensino teórico, tornando a aprendizagem mais relevante, motivadora e acessível aos estudantes (Borges, 2002; Llorens-Molina, 2010; Lopes et al., 2011). Os nossos resultados, construídos com a participação ativa dos professores da rede pública do estado do Rio de Janeiro, também reforçam a ideia de que a resolução de problemas pode vir a ser uma estratégia eficiente para promover o ensino interdisciplinar, uma vez que a análise e a resolução de problemas da vida real, tais como a poluição das águas, de doenças como a AIDS na África ou a análise de alimentos (como neste artigo), envolvem o emprego de conhecimentos e formas de pensar de várias disciplinas (Nikitina, 2006; Kain, 2003).

Como considerações finais, o emprego de casos

investigativos e problemas como estratégia de integração curricular já é bastante difundido nos cursos de ensino superior como aqueles dos campos da saúde pública ou engenharia (Dahlgren; Dahlgren, 2002; Dochy et al., 2003; Polyzois et al., 2010) e também vem aumentando o número de publicações referentes ao uso da ABP na educação básica (Azer; Wong; Day, 2009; Yeung, 2010; Lopes et al., 2011; Tseng et al., 2012). Entretanto, ainda se faz necessário o desenvolvimento de novos projetos que envolvam a implantação dessas metodologias ativas em escolas públicas, a avaliação dos resultados obtidos e a capacitação de docentes para atuarem com essas estratégias de ensino e aprendizagem nas escolas brasileiras.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERJ e ao CNPq pelo suporte financeiro.

Max Fonseca Pierini (pierinimax@yahoo.com.br), licenciado em Biologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), é mestrando em Ensino de Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (IOC-Fiocruz) e atua no Laboratório de Comunicação Celular (IOC-Fiocruz). Rio de Janeiro, RJ – BR. **Natasha Cristina Rocha** (natasharocha_biomed@hotmail.com), biomédica pela Universidade Severino Sombra, especialista em Ensino de Biociências e Saúde pelo IOC-Fiocruz, é mestranda em Ciências e Biotecnologia pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e atua no Laboratório de Comunicação Celular (IOC-Fiocruz). Rio de Janeiro, RJ – BR. **Moacelio Veranio Silva Filho**† (In Memoriam), farmacêutico pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre em Microbiologia Industrial pela UFRJ e doutor em Biologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Helena Carla Castro** (hcastrorangel@yahoo.com.br), farmacêutica pela UFRJ, mestre em Química Biológica e doutora em Biologia e Modelagem Molecular pela UFRJ, é professora do Instituto de Biologia da UFF, Niterói, RJ – BR. **Renato Matos Lopes** (renatoml@fiocruz.br), licenciado em Biologia pela UERJ, mestre em Agroquímica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), doutor em Biologia pela UERJ, é pesquisador em Saúde Pública na área de Ensino de Biociências e Saúde pelo Laboratório de Comunicação Celular (IOC-Fiocruz). Rio de Janeiro, RJ – BR.

Referências

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Sistema internacional de numeração de aditivos alimentares*. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/aditivo.htm>. Acessado em: dez. 2013.

AZER, S.A. Problem-based learning in the fifth, sixth, and seventh grades: assessment of students' perceptions. *Teaching and Teacher Education*, n. 25, p. 1033-1042, 2009.

AZER, S.A.; HASANATO, R.; AL-NASSAR, S.; SOMILY, A.; ALSAADI, M.M. Introducing integrated laboratory classes in a PBL curriculum: impact on student's learning and satisfaction. *Bmc Medical Education*, n. 13, 2013.

BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, n. 19, p. 22, 2002.

BRASIL. *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. 1998. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/1998/pceb015_98.pdf. Acessado em: maio 2013.

_____. Ministério da Educação, 2014. *Programa Ensino*

Médio Inovador: documento orientador. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=15134&Itemid=1071. Acessado em: maio 2014.

CARRIO, M.; LARRAMONA, P.; BANOS, J.E.; PEREZ, J. The effectiveness of the hybrid problem-based learning approach in the teaching of biology: a comparison with lecture-based learning. *Journal of Biological Education*, n. 45, p. 229-235, 2011.

DAHLGREN, M.A.; DAHLGREN, L.O. Portraits of PBL: students' experiences of the characteristics of problem-based learning in physiotherapy, computer engineering and psychology. *Instructional Science*, n. 30, p. 111-127, 2002.

DEWEY, J. *Democracia e educação*: introdução à filosofia da educação. São Paulo: Nacional, 1979.

DOCHY, F.; SEGERS, M.; VAN DEN BOSSCHE, P.; GIJBELS, D. Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, n. 13, p. 533-568, 2003.

FUTRELL, M. H. Transforming teacher education to reform america's P-20 education system. *Journal of Teacher Education*, n. 61, p. 432-440, 2010.

GARM, N.; KARLSEN, G.E. Teacher education reform in Eu-

rope: the case of Norway: trends and tensions in a global perspective. *Teaching and Teacher Education*, n. 20, p. 731-744, 2004.

GATTI, B.A.; BARRETO, E.S. *Professores do Brasil: impasses e desafios*. Brasília: UNESCO, 2009.

HMELO-SILVER, C.E. Problem-based learning: what and how do students learn? *Educational Psychology Review*, n. 16, p. 235-266, 2004.

JAPIASSU, H. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

KAIN, D.L. *Problem-based learning for teachers, grades 6-12*. Boston: Pearson Education, 2003.

KLEIN, J.T. *Interdisciplinary: history, theory, and practice*. Detroit: Wayne State University, 1990.

KOTTHAGEN, F.; LOUGHRAN, J.; RUSSELL, T. Developing fundamental principles for teacher education programs and practices. *Teaching and Teacher Education*, n. 22, p. 1020-1041, 2006.

LAMBROS, A. *Problem based learning in middle and high school classrooms: a teacher's guide to implementation*. California: Corwin, 2004.

LIAN, J.Q.; HE, F.T. Improved performance of students instructed in a hybrid PBL format. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, n. 41, p. 5-10, 2013.

LIMA, A.C.D.S.; AFONSO, J.C. A química do refrigerante. *Química Nova na Escola*, n. 31, p. 5, 2009.

LLORENS-MOLINA, J.A. Problem based learning as strategy for methodological change in laboratory work. *Química Nova*, n. 33, p. 994-999, 2010.

LOPES, R.M.; SILVA-FILHO, M.V.; MARSDEN, M.; ALVES, N.G. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química. *Química Nova*, n. 34, p. 1275-1280, 2011.

MASSENA, E.P.; MONTEIRO, A. Conceptions of curriculum: what to think lectures from chemistry teaching course of the chemistry institute of the UFRJ. *Química Nova*, n. 34, p. 1476-1484, 2011.

MOESBY, E. Perspectiva geral da introdução e implementação de um novo modelo educacional focado na aprendizagem baseada em projetos e problemas. In: ARAÚJO, U.F.; SASTRE, G. (Orgs.). *Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior*. São Paulo: Summus, 2009. p. 43-78.

MÓL, G.S.; BARBOSA, A.B.; SILVA, R.R. Água dura em sabão mole. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 32-33, 1995.

NEVILLE, A.J.; NORMAN, G.R. PBL in the undergraduate MD program at McMaster University: three iterations in three

decades. *Academic Medicine*, n. 82, p. 370-374, 2007.

NIKITINA, S. Three strategies for interdisciplinary teaching: contextualizing, conceptualizing and problem-centring. *Journal of Curriculum Studies*, n. 38, p. 251-271, 2006.

NISSANI, M. Ten cheers for interdisciplinarity: the case for interdisciplinary knowledge and research. *The Social Science Journal*, n. 34, p. 201-216, 1997.

OECD. *Interdisciplinarity: problems of teaching and research in universities*. Washington D. C.: OECD, 1972.

OSORIO, V.K.L.; OLIVEIRA, W. Polifosfatos em detergentes em pó comerciais. *Química Nova*, n. 24, p. 700-708, 2001.

PEREIRA, J.L.G.F.S.C. Previsão de curvas de titulação (II): ácidos polipróticos. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, n. 17, p. 7, 2010.

POLYZOIS, I.; CLAFFEY, N.; MATTHEOS, N. Problem-based learning in academic health education. A systematic literature review. *European Journal of Dental Education*, n. 14, p. 55-64, 2010.

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Educação. *Currículo mínimo*. Disponível em: <http://www.rj.gov.br/web/seeduc/exibeconteudo?article-id=759820>. Acessado em: dez. 2013.

SÁ, L.P.; QUEIROZ, S.L. *Estudos de caso no ensino de química*. São Paulo: Átomo, 2010.

SILVA, R.R.; ROCHA-FILHO, R.C. Mol: uma nova terminologia. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 12-14, 1995.

SILVA-FILHO, M.V.; LOPES, R.M.; ALVES, N.G.; FIGUEIREDO, L.M.S. Como preparar os professores brasileiros da educação básica para a aprendizagem baseada em problemas? In: PBL Congresso Internacional, 2010, São Paulo. *Anais...* Disponível em: <http://each.uspnet.usp.br/pbl2010/trabs/trabalhos/TC0145-1.pdf>. Acessado em: maio 2014.

TORP, L.; SAGE, S. *Problems as possibilities: problem-based learning for K-16 education*. Alexandria: ACSD, 2002.

TSENG, K.H.; CHANG, C.C.; LOU, S.J. The process, dialogues, and attitudes of vocational engineering high school students in a web problem-based learning (WPBL) system. *Interactive Learning Environments*, n. 20, p. 547-562, 2012.

WONG, K.K.H.; DAY, J.R. A comparative study of problem-based and lecture-based learning in junior secondary school science. *Research in Science Education*, n. 39, p. 625-642, 2009.

YEUNG, S. Problem-based learning for promoting student learning in high school geography. *Journal of Geography*, n. 109, p. 190-200, 2010.

Abstract: *Investigative Case-Based Learning and Teacher Education: the Use of Volumetry to Promote Interdisciplinary Teaching.* The Ministry of Education is employing efforts to restructure the curricula of high school in Brazil, including the Innovative Education Program in High School, which seeks to implement interdisciplinary activities in schools. This paper presents the conceptions of teachers in the area of Natural Sciences of High School of the State of Rio de Janeiro on the potential of a practice of Volumetry, used to determine the acidity of soft drinks and inserted in the application of Problem-Based Learning, to promote interdisciplinary teaching. Our results indicate that the activities developed are able to integrate knowledge from all disciplines that make up the curriculum of high school.

Keywords: Investigative case-based learning; teaching education; volumetry; interdisciplinary.