

## SOS Mogi-Guaçu: Contribuições de um Estudo de Caso para a Educação Química no Nível Médio

**Osmair Benedito da Silva, Jane Raquel Silva de Oliveira e Saete Linhares Queiroz**

Este artigo descreve a aplicação do estudo de caso intitulado SOS Mogi-Guaçu em uma turma de química do ensino médio. As atividades didáticas favoreceram a busca e a análise de informações relacionadas à poluição de ambientes aquáticos, à reflexão sobre as prováveis causas de problemas reais, à tomada de decisão e à sugestão de possíveis soluções para o caso por parte dos alunos. Na percepção destes, a proposta também desenvolveu a capacidade de investigar e solucionar problemas, de realizar trabalhos em grupo e de comunicação oral. Portanto, tais atividades, pautadas na metodologia de estudo de casos, mostraram-se potencialmente capazes de atender às novas demandas formativas para a educação básica.

► método estudo de casos, educação química, abordagem sociocientífica ◀

Recebido em 28/10/2010, aceito em 09/08/2011.

185

**V**ivemos numa situação de autêntica emergência planetária, marcada por toda uma série de graves problemas estreitamente relacionados: contaminação e degradação dos ecossistemas, esgotamento de recursos, crescimento incontrolado da população mundial, desequilíbrios insustentáveis, conflitos destrutivos, perda de diversidade biológica e cultural [...]. Necessitamos, pois, de assumir um compromisso para que toda a educação, tanto formal (desde a escola primária até a universidade) como informal (museus, mídia), preste sistematicamente atenção à situação do mundo, com a finalidade de proporcionar uma percepção correta dos problemas e de fomentar atitudes e comportamentos favoráveis para construir um desenvolvimento sustentável. (Educadores pela Sustentabilidade, 2004, p. II)

O trecho acima, extraído do manifesto *Compromisso por uma educação para a sustentabilidade* – produzido como apoio às iniciativas da

*Década da educação para o desenvolvimento sustentável* promovidas pelas Nações Unidas no período de 2005 a 2014 –, evidencia uma preocupação global entre educadores e instituições: a importância de viabilizar, no âmbito da educação, a formação de valores e atitudes que possibilitem aos indivíduos refletir e tomar decisões diante das implicações sociais e ambientais decorrentes do desenvolvimento científico e tecnológico (Cachapuz et al., 2005).

Coerente com essa perspectiva, Mendes e Santos (2010) ressaltam que a abordagem de questões sociocientíficas pode favorecer: a relação das experiências escolares em ciências com problemas reais; um maior interesse dos alunos pelo estudo de ciências; o desenvol-

vimento de responsabilidade social; o desenvolvimento da capacidade de verbalização e argumentação; o auxílio à aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relativos à natureza da ciência; a formação para a cidadania, propiciando o desenvolvimento de atitudes e valores relacionados a questões ambientais, econômicas, éticas e sociais.

A abordagem de aspectos sociocientíficos, no contexto da educação para a cidadania, pode ser realizada por meio de estratégias de ensino que desenvolvam a participação ou a capacidade de tomada de decisão, tais como: discussão estruturada, fóruns e debates, projetos, pesquisa de campo, ações comunitárias, estudo de casos, dentre outras.

**A abordagem de aspectos sociocientíficos, no contexto da educação para a cidadania, pode ser realizada por meio de estratégias de ensino que desenvolvam a participação ou a capacidade de tomada de decisão, tais como: discussão estruturada, fóruns e debates, projetos, pesquisa de campo, ações comunitárias, estudo de casos, dentre outras.**

problemas locais, levando em conta vários fatores envolvidos (econômicos, ambientais, sociais, políticos etc.), para se tomar alguma decisão” (Santos e Schnetzler, 2003, p. 112).

Nesse contexto, objetivamos neste trabalho relatar a aplicação do método de estudo de casos em uma turma de química do ensino médio de uma escola pública paulista, discutir algumas das possíveis contribuições da estratégia para o melhor entendimento e tomada de consciência em relação aos problemas de natureza socio-científica, assim como discutir as impressões dos estudantes em relação a esta.

As características do método de estudo de casos e suas aplicações no ensino de química são sucintamente apresentadas a seguir. Além disso, tendo em vista a importância da temática sociocientífica abordada no caso proposto aos estudantes (a contaminação de águas), apresentamos também algumas considerações sobre a sua inserção no contexto da educação química.

### O método de estudo de casos na educação química

#### *O método de estudo de casos*

O método de estudo de casos é uma das variantes do método de Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem Based Learning*, PBL), o qual foi originalmente desenvolvido na Escola de Medicina da Universidade de McMaster (Canadá) no final dos anos 1960. Na maioria das variantes do PBL, os estudantes devem cumprir algumas etapas básicas, que são: identificação e definição do problema; acesso, avaliação e uso de informações necessárias à resolução do problema; e apresentação da solução do problema. O professor, por sua vez, tem o papel de ajudar o estudante a analisar o problema, buscar informações sobre o assunto, considerar suas possíveis soluções e,

sobretudo, incentivar a reflexão sobre as consequências das decisões tomadas (Sá e Queiroz, 2009).

Contemplando tais aspectos, o método de estudo de casos consiste na utilização de narrativas – os casos propriamente ditos – sobre dilemas vivenciados por indivíduos que necessitam tomar decisões ou buscar soluções para os problemas enfrentados. Conforme Sá e cols. (2007), nesse “método o aluno é incentivado a se familiarizar com personagens e circunstâncias mencionados em um caso, de modo a compreender os fatos, valores e contextos nele presentes com o intuito de solucioná-lo” (p. 731).

A produção de tais narrativas é, portanto, um elemento essencial no funcionamento do método. Nesse sentido, Herreid (1998) destaca que um bom caso deve abarcar as seguintes características: narra uma história; inclui diálogos; é curto; é atual; desperta o interesse pela questão; produz empatia com os personagens centrais; é relevante ao leitor; provoca um conflito; força uma decisão; tem utilidade pedagógica; e possibilita generalizações.

Os casos podem ser ainda caracterizados quanto à identificação dos problemas: se estão presentes, ou não, de forma explícita na narrativa; se são únicos ou passíveis de desencadear outros. Esses aspectos foram analisados por Sá (2010), que classificou os casos em três tipos principais: casos estruturados, mal-estruturados e de múltiplos problemas. Os *casos estruturados* caracterizam-se por indicar de forma

bem definida no contexto da narrativa o problema a ser resolvido; podem apresentar múltiplas alternativas de solução, cabendo ao estudante a tarefa de analisá-las e optar pela mais viável. Os *casos mal-estruturados*, por sua vez, não definem de forma objetiva o problema principal, ficando a cargo dos estudantes a tarefa de identificá-lo para, só então, analisar as possíveis alternativas de solução e decidir pela que julgar mais adequada. Os *casos de múltiplos-problemas* se diferenciam dos demais pelo fato de não apresentarem um único e bem definido problema a ser solucionado. Na análise de casos dessa natureza, o estudante percebe a necessidade de solucionar outros problemas inerentes ao problema principal apresentado no contexto do caso.

#### *Estudo de casos no ensino de química*

No contexto do ensino de química, Sá e Queiroz (2009) identificaram diversas iniciativas sobre a utilização do método de estudo de casos no ensino superior em revistas como o *Journal of Chemical Education*, *The Chemical Educator*, *Chemistry Education Research and Practice*. Os principais objetivos educacionais almejados

com a aplicação de tais propostas foram: introduzir conteúdos específicos; estimular a capacidade de tomada de decisão; demonstrar a aplicação de conceitos químicos na prática; desenvolver a habilidade em resolver problemas; desenvolver a habilidade de comunicação oral e escrita; desenvolver a habilidade de trabalho em grupo; desenvolver o pensamento crítico.

No cenário nacional, o método de estudo de casos foi introduzido no ensino de química a partir dos trabalhos de pesquisas que vêm sendo desenvolvidos no Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química de São Car-

[...] um bom caso deve abarcar as seguintes características: narra uma história; inclui diálogos; é curto; é atual; desperta o interesse pela questão; produz empatia com os personagens centrais; é relevante ao leitor; provoca um conflito; força uma decisão; tem utilidade pedagógica; e possibilita generalizações.

As questões relacionadas à água, sua importância e manutenção de sua qualidade são destacadas na Proposta Curricular do Estado de São Paulo para a área de química dentro do tema Água e seu consumo pela sociedade, proposto para a 2ª ano do ensino médio e cujos conteúdos específicos abarcam, dentre outros, o uso e a preservação de água no mundo e as fontes causadoras de poluição da água (São Paulo, 2008).

los (GPEQSC). Membros do referido grupo elaboraram casos abordando questões de natureza sociocientífica e científica. Os casos de natureza sociocientífica focalizaram assuntos como impactos ambientais na agricultura e nos sistemas aquáticos, aplicações tecnológicas na saúde humana e animal, reciclagem de materiais etc. (Sá e Queiroz, 2009). Nos casos de natureza científica, foram abordados aspectos relacionados a processos corrosivos em aviões, em pontes e em materiais empregados no meio bucal (Velloso et al., 2009). Ambos os tipos foram aplicados em cursos de bacharelado em química como forma de viabilizar o desenvolvimento de habilidades como a argumentação, a comunicação oral, a capacidade de busca de informações, o trabalho em grupo, a reflexão crítica sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade e a capacidade de tomada de decisões.

No contexto nacional, localizamos um único relato de aplicação do método no ensino básico. Nesse trabalho, os estudantes foram incentivados a solucionar o caso intitulado *A fábrica de biodiesel*, posicionando-se a favor ou contra a instalação de uma fábrica de biodiesel em uma região do sul da Bahia (Brito e Sá, 2010). Mais recentemente, o método foi também empregado na formação de professores de química com a finalidade de fomentar uma reflexão por parte dos licenciandos sobre a relação entre os aspectos científicos e tecnológicos da química e o ensino realizado em sala de aula. Para resolver o caso intitulado *O biodiesel*, os licenciandos foram estimulados a apresentar uma proposta didática que abordasse de forma interdisciplinar conceitos de físico-química (Pinheiro et al., 2010).

### **A temática água no contexto da educação química**

A água, recurso fundamental para a existência da vida, é encontrada em diferentes compartimentos em nosso planeta: os oceanos que constituem o maior desses compartimentos (97,5%); as geleiras e as calotas polares (1,7%); as águas subterrâneas que se encontram abaixo da superfí-

cie em formações rochosas porosas denominadas aquíferos; e as águas superficiais que representam corpos de água doce em contato direto com a atmosfera, formando lagos, reservatórios, rios e riachos (0,8%). A qualidade e a disponibilidade desse recurso têm levantado preocupações e debates entre diversos setores da sociedade. A poluição das águas é decorrente principalmente de atividades humanas e de poluentes que alcançam águas superficiais e subterrâneas. Estes podem ser classificados em fontes pontuais – como as descargas de efluentes a partir de indústrias e estações de tratamento de esgoto – e fontes difusas – como o escoamento superficial urbano, escoamento superficial de áreas agrícolas e deposição atmosférica (Grassi, 2001). Os agentes poluidores mais comuns nas águas são: os compostos inorgânicos e minerais, com destaque para os metais pesados; o petróleo; os compostos orgânicos sintéticos; e os fertilizantes agrícolas. Esses últimos são arrastados pela irrigação e pelas chuvas para os lençóis subterrâneos, lagos e rios (Azevedo, 1999).

As questões relacionadas à água, sua importância e manutenção de sua qualidade são destacadas na Proposta Curricular do Estado de São Paulo para a área de química dentro do tema *Água e seu consumo pela sociedade*, proposto para o 2<sup>a</sup> ano do ensino médio e cujos conteúdos específicos abarcam, dentre outros, o uso e a preservação de água no mundo e as fontes causadoras de poluição da água (São Paulo, 2008). Tais aspectos também estão inseridos no tema *Química e hidrosfera*, um dos eixos de conhecimento proposto nas orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM+). O documento reforça ainda que o estudo da problemática da poluição das águas favorece o desenvolvimento de competências tais como: buscar informações sobre

as perturbações provocadas pelo homem na hidrosfera; compreender o papel dos agentes causadores de poluição; avaliar a dimensão de tais impactos; e propor ações preventivas ou corretivas, individual ou coletivamente (Brasil, 2002).

Segundo Quadros (2004), seja pelo fato de fazer parte das sugestões dos Parâmetros Curriculares Nacionais, por sua abundância e distribuição no planeta, pela proximidade à vida do aluno ou pelas problemáticas advindas de seu mau uso, a água tem recebido atenção especial em termos de propostas para o ensino de química. A autora ressalta ainda que, pelo fato de ser a agricultura a base econômica de muitos dos nossos pequenos municípios, é importante enfatizar

**A capacidade de buscar informações que estejam diretamente vinculadas aos problemas sociais que afetam direta ou indiretamente o indivíduo é uma competência essencial na formação do educando para o exercício da cidadania.**

a relação entre esta e a água, especialmente entre alunos que tenham alguma ligação com a agricultura.

Nessa perspectiva, algumas propostas envolvendo a abordagem da temática poluição das águas têm sido implementadas no ensino de química. No trabalho de Silva et al. (2008), pautado na pedagogia de projetos, esse tema foi utilizado como organizador dos conteúdos químicos, enfatizando os aspectos sociais, ambientais, econômicos, tecnológico e conceituais. Nesse estudo, alunos foram envolvidos em situações de ensino e aprendizagem que contemplaram discussões sobre bacias hidrográficas; escassez e poluição de fontes hídricas; sistemas de tratamento de água e dos esgotos; e a tecnologia atual para o reaproveitamento das águas residuárias. Na proposta de Belo e Paranhos (2011), a água também foi adotada como tema gerador, uma vez que, segundo os autores, é um assunto que proporciona ampla abordagem, seja porque está relacionado a questões ambientais e socioeconômicas ou porque abarca uma série de conceitos vinculados a outras disciplinas, propiciando a interdisciplinaridade.

A proposta didática implementada pelos autores com uma turma de ensino médio evidenciou que esta pôde desenvolver seu pensamento crítico e senso participativo, sobretudo no que se refere ao consumo e à preservação da água.

Tendo em vista o exposto, os assuntos colocados em foco a partir do estudo do caso – a poluição de rios, a contaminação por esgotos, o uso de agrotóxicos, o controle de pragas na agricultura, dentre outros –, além de atender às orientações presentes em documentos oficiais (Brasil, 2002; São Paulo, 2008), é bastante pertinente para o contexto nacional, uma vez que, segundo Santos e Mortimer (2002), esses assuntos estão inseridos no bojo de problemas que afetam o país e que, portanto, devem ser objeto de estudo na educação escolar.

### Preparação, aplicação e avaliação da estratégia

Na estratégia relatada neste manuscrito, aplicamos o método de estudo de casos em uma turma de 17 alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola pública estadual, da

cidade de São Carlos (SP), durante sete aulas semanais de química, de 100 minutos cada, ao longo de dois meses.

Na primeira aula, aplicamos um questionário a fim de realizarmos um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema poluição das águas. As questões propostas aos estudantes foram: 1) Quais os principais poluidores dos mananciais de águas? 2) Que efeitos os esgotos domésticos e industriais podem causar nos rios, lagos e estuários? 3) Que efeitos o fósforo presente nos detergentes em pó pode causar nas águas? 4) O que você sabe sobre pesticidas? Qual é a sua opinião sobre a utilização dessas substâncias na agricultura? 5) Você conhece algum método alternativo de controle de pragas, sem o uso de pesticidas?

Para a aplicação da estratégia, organizamos os alunos em três grupos, sendo dois grupos com seis membros e um com cinco membros. Na segunda aula, os grupos receberam o caso, elaborado pelo primeiro autor deste artigo, intitulado SOS

*Mogi-Guaçu: mortandade de peixes no pesqueiro Recanto do Sentado*. O caso está descrito na Figura 1, na qual destacamos algumas das características de um bom caso (Herreid, 1998) que foram contempladas na sua produção.

De acordo com a classificação dos casos quanto à identificação do problema (Sá, 2010), este é considerado mal-estruturado, uma vez que o problema principal a ser solucionado não está definido de maneira explícita no texto, sendo necessário que o aluno primeiramente o identifique para então buscar alternativas para resolvê-lo e decidir pela que considere mais adequada. Esse tipo de caso estimula a análise comparativa das possíveis causas do problema, requer a avaliação cuidadosa de afirmações e de evidências e exige do aluno a necessidade de considerar pontos de vista distintos.

Ainda na segunda aula, os alunos tomaram conhecimento de que seria necessária a produção de um relatório (individual), no qual deveriam descrever o processo de resolução do caso: desde a identificação do problema até as possíveis propostas para solucioná-lo. Além disso, no final da atividade, deveriam realizar uma apresentação oral (em grupo) sobre a proposição de solução do caso. O docente forneceu orientações sobre fontes de pesquisa, tais como: bases eletrônicas de dados, textos de divulgação científica, revistas científicas etc. Solicitou ainda que, nas próximas aulas, os estudantes trouxessem todo o material encontrado que fosse útil na discussão do caso e na busca conjunta da sua solução. Para favorecer o bom andamento das atividades e facilitar o processo de busca coletiva por possíveis alternativas de solução para o caso e de tomada de decisão sobre aquela que deveria ser adotada, foram também entregues aos estudantes algumas questões (Figura 2) pautadas no Modelo Normativo de Kortland (1996), o qual evidencia etapas capazes de facilitar a tomada de decisão pelos alunos com relação a um determinado assunto.

Na terceira aula, os estudantes

#### SOS Mogi-Guaçu: mortandade de peixes no pesqueiro Recanto do Sentado

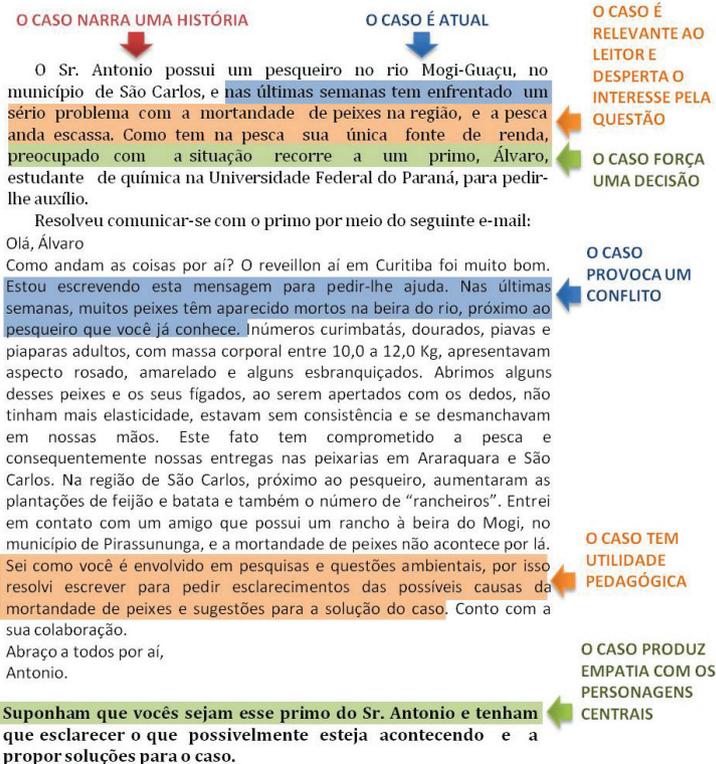


Figura 1: Caso SOS Mogi-Guaçu: mortandade de peixes no pesqueiro Recanto do Sentado.

<b>A - Assunto</b>
Explique, em linhas gerais, o principal assunto abordado no caso.
<b>B - Pesquisa das características do problema</b>
Como o problema apresentado no caso encontra-se vinculado a questões: ● sociais; ● econômicas; ● ambientais; e ● éticas? Justifique a sua resposta.
<b>C - Julgamento de valor: gravidade do problema</b>
Faça um julgamento da gravidade do problema descrito no caso. Justifique a resposta.
<b>D - Inventário das medidas</b>
Que diferentes tipos de medidas, normalmente, são tomadas diante da situação apresentada no caso?
<b>E - Pesquisas das características das medidas</b>
As medidas acima citadas são suficientes para resolver o problema? Explique.
Que outras medidas são importantes e que deveriam ser tomadas?
<b>F - Julgamento de valor da melhor solução</b>
Que medida foi indicada como a mais adequada para resolução do caso?
Por que esta foi a forma escolhida para resolução do caso? Explique detalhadamente.
Apresente as vantagens e desvantagens da opção escolhida para resolução do problema, em relação a outras possíveis soluções.
<b>G - Julgamento de valor da solução para os problemas ambientais, sociais ou econômicos.</b>
Como a aplicação da medida escolhida se reflete no dia-a-dia das pessoas envolvidas no caso (levando em consideração aspectos sociais, econômicos, ambientais e éticos)?
<b>H - Estabelecimento de um plano de ação</b>
Estabeleça um plano de ação. Ou seja, apresente um cenário utilizando os personagens do caso e as medidas julgadas adequadas para sua resolução.
<b>I - Execução da decisão</b>
Reúna todo o material que o grupo coletou sobre o caso, e inicie a estruturação da apresentação oral, que será realizada sobre a resolução do caso.

Figura 2: Questionário pautado no Modelo Normativo de Tomada de Decisão (Kortland, 1996).

foram informados, por meio de uma aula expositiva, sobre as origens do método de estudo de casos e sobre possíveis maneiras de solucionar os casos (Sá e Queiroz, 2009). Nas duas aulas seguintes, os estudantes reuniram todo o material encontrado e discutiram o caso com os colegas, buscando uma solução pertinente. Na sexta aula, eles fizeram uma visita monitorada, de duração de quatro horas, na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Gregório, no município de São Carlos, e foram orientados sobre desequilíbrios ambientais causados pelos usos doméstico, industrial e agropecuário das águas (poluição por detergentes e pesticidas). Durante a visita, organizada pelo Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) da Universidade de São Paulo, foram feitas observações e coletas de amostras de água na nascente e ao longo do curso do córrego para análise da quantidade de oxigênio dissolvida na água em diferentes pontos, e os estudantes puderam esclarecer suas dúvidas com os especialistas do CDCC.

Na última aula, um dos alunos de cada grupo apresentou oralmente a proposição para a solução do caso. Como os três grupos buscaram solução para o mesmo caso, enquanto

um aluno do grupo apresentava a sua proposta, os alunos dos outros grupos foram instruídos a elaborar questões referentes à apresentação dos colegas. Também participaram dessa etapa o docente da disciplina e a coordenadora pedagógica da unidade escolar, os quais apresentaram questionamentos aos grupos sobre as soluções encontradas para o caso.

Concluída a atividade, os estudantes responderam individualmente a um questionário com nove afirmações referentes ao desenvolvimento de algumas habilidades. Este deveria ser respondido pelos estudantes em *Escala Likert* de cinco pontos, com alternativas: Concordo

[...] os estudantes reconheceram os principais causadores de perturbações nos ambientes aquáticos e compreenderam como estes desencadeiam os impactos ambientais.

Fortemente, Concordo, Indeciso, Discordo e Discordo Fortemente. A aplicação do questionário teve como principal objetivo obter parâmetros genéricos de análise e conhecer as impressões dos estudantes sobre a atividade.

Tomando como base os relatórios individuais produzidos pelos estudantes sobre a resolução do caso e as respostas que forneceram ao questionário de avaliação das atividades, discutimos neste trabalho algumas contribuições da metodologia aplicada para a educação química.

## Resultados e discussão

### Considerações sobre a proposta aplicada

Com base nos relatórios produzidos pelos alunos no final da atividade, verificamos que o trabalho com o caso os estimulou a pesquisar informações sobre tema poluição das águas e assuntos a ele correlacionados, conforme revela o seguinte trecho:

*“Para achar a solução [do caso] fizemos várias pesquisas, como a eutrofização, rio Mogi-Guaçu, bombeamento, poluição, a vida na água.”*

A capacidade de buscar informações que estejam diretamente vinculadas aos problemas sociais que afetam direta ou indiretamente o indivíduo é uma competência essencial na formação do educando para o exercício da cidadania. Conforme Santos e Schnetzler (2003), para que o indivíduo possa efetivar sua participação na sociedade e posicionar-se quanto ao encaminhamento das soluções para os problemas que a afetam, é necessário que disponha de alguns conhecimentos técnicos relacionados ao assunto em questão. Aprender a buscar tais conhecimentos é um importante aprendizado que foi favorecido com a aplicação do método de estudo de casos. A pesquisa bibliográfica é, de fato, uma das características centrais desse método, uma vez que requer que o próprio estudante acesse, avalie e use as informações para solucionar os problemas (Sá e Queiroz, 2009).

No que se refere à capacidade de compreender o papel dos agentes causadores de poluição na hidrosfera, observamos que os estudantes reconheceram os principais causadores de perturbações nos ambientes aquáticos e compreenderam como estes desencadeiam os impactos ambientais. Tais conteúdos foram sendo apropriados à medida que eles se engajavam no estudo do caso em foco e na busca de soluções para este. Esses aspectos podem ser percebidos nos trechos a seguir:

“Encontramos algumas informações importantes como que essas substâncias [agrotóxicos] podem afetar qualquer organismo vivo, dependendo de suas características químicas, da quantidade absorvida ou ingerida, do tempo de exposição [...]. E com isso anotamos dois dos mais perigosos desses agrotóxicos. São eles: Organoclorados e Paraquat.”

“O alto nível de esgoto no rio abaixa a capacidade de autodepuração e o oxigênio da água chega a níveis incompatíveis para a vida da fauna aquática.”

Percebe-se que a proposta possibilitou discutir os conteúdos científicos a partir do estudo dos temas sociais. Cabe ainda destacar que, no contexto de uma educação voltada para cidadania, os conceitos científicos também são valorizados, uma vez que estes servem como informações mínimas para que os alunos direcionem suas ações na busca de soluções para os problemas (Santos e Schnetzler, 2003).

Os problemas, os dilemas, os casos a serem solucionados são, nessa metodologia, o elemento central do processo de aprendizagem. Conforme Santos (2007), para a contextualização pedagógica dos conteúdos científicos, deve-se partir de situações problemáticas reais e buscar o conhecimento para entendê-las e, então, solucioná-las. Essa contextualização tem um papel importante no sentido de fazer com que o aluno se sinta comprometido e envolvido com o processo educativo. Conforme demonstram os trechos a seguir, as situações problemáticas reais foram para os alunos um fator motivador que instigou sua curiosidade ou ainda um elemento desafiador:

“O professor nos desafiou neste semestre com o Caso do Mogi-Guaçu sobre a mortandade de peixes no Recanto do Sentado.”

“Ao falarmos de poluição dos rios, mortandades de peixes e desastres ambientais, começamos a imaginar: o que poderia estar causando isso?”

Outro aspecto ressaltado pelo PCNEM+ (Brasil, 2002), e contemplado na aplicação do caso, foi o desenvolvimento da capacidade de “avaliar a dimensão das perturbações na hidrosfera provocadas por ação humana para desenvolver ações preventivas ou corretivas” (p. 102). Analisar as situações problemáticas com base nas informações pesquisadas sobre o tema, levantar hipóteses, avaliar as possíveis causas do problema e tomar decisões diante de potenciais formas de solucioná-lo são habilidades requeridas e desenvolvidas durante o estudo com os casos. O trecho do relatório, a seguir, revela como esses processos foram vivenciados pelo aluno:

“Primeiro pesquisando em sites da internet, buscando fotos e casos parecidos, de início já chegamos à conclusão de que com a utilização de agrotóxicos, tão perto do rio, poderia estar havendo uma contaminação. [...] Mas não tínhamos certeza do uso propriamente dito. Então percebemos outra coisa impor-

tante que não havíamos notado antes, se ao redor do pesqueiro poderia estar ocorrendo uma contaminação por esgotos. [...] Mas como não havia nenhum registro comprovando o encontro de esgotos no rio, voltamos ao primeiro passo. [...] Chegamos a essa conclusão, foi o uso de agrotóxicos nas plantações que causou essa mortandade de peixes. [...] para que isso não ocorra novamente, o dono da plantação tem que tomar consciência de que existe do rio em relação à plantação, e o governo deveria fiscalizar os agrotóxicos usados desses casos”.

O caso proposto nessa atividade, na medida em que colocou em foco questões de natureza sociocientífica, propiciou a articulação entre os conteúdos científicos e seu contexto de estudo, fazendo com que os alunos pudessem melhor compreender o mundo social no qual estão inseridos e desenvolvessem sua capacidade de tomada de decisão com maior consciência e responsabilidade, comprometendo-se com a cidadania planetária (Santos, 2007).

Na resolução do caso, dois grupos apontaram como causa da mortandade de peixes a poluição das águas provocada pelos agrotóxicos;

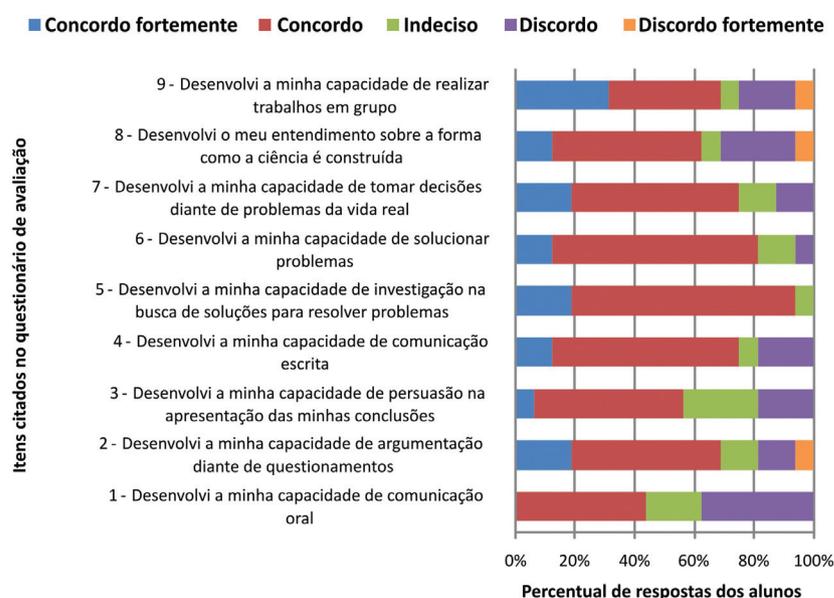


Figura 3: Porcentagem de respostas dos estudantes em relação às habilidades citadas no questionário de avaliação sobre a proposta aplicada.

o terceiro grupo considerou o problema da mortandade como decorrente do processo de eutrofização devido ao despejo de esgotos no rio. Para solucionar o problema, os estudantes pesquisaram, analisaram as implicações decorrentes de suas decisões e, então, indicaram algumas alternativas, tanto corretivas quanto preventivas como exemplificam os trechos a seguir:

*“Solução: assim como fez a prefeitura de Tambaú, seria necessário um bombeamento de água para que ela possa ter oxigênio.”*

*“Os esgotos devem ser canalizados, tratados para que no futuro não haja uma contaminação por esgotos.”*

*“Achamos uma plantação orgânica de batatas que defendia contra pragas com mistura de esterco, sem uso algum de agrotóxicos e concluímos que era a melhor alternativa, porque é bom para o rio e o agricultor ia continuar lucrando.”*

A divergência quanto à identificação e solução do caso foi colocada em foco durante o debate ocorrido no final da atividade, no qual os estudantes puderam desenvolver suas habilidades argumentativas, também relevantes para sua participação ativa como cidadãos.

#### *Avaliação da estratégia pelos alunos*

Dos 17 estudantes que participaram das atividades, 16 responderam ao questionário de avaliação. Os resultados estão expressos na Figura 3, a qual demonstra o reconhecimento, por parte dos alunos, do aprimoramento de algumas habilidades no decorrer do processo de estudo do caso.

Os itens 1, 2 e 3 se relacionam ao aprimoramento das habilidades de comunicação oral. Apenas 43,8% dos estudantes registraram respostas favoráveis (consideradas o somatório de Concordo Fortemente e Concordo) ao item 1, o que pode ser justi-

ficado pelo fato de somente um dos integrantes do grupo ter apresentado oralmente a solução do caso. Ou seja, provavelmente alguns estudantes ficaram em dúvida quanto ao desenvolvimento da habilidade mencionada nesse item, haja vista que não tiveram oportunidade de expor oralmente a resolução do caso, resultado que vem ao encontro daquele indicado por Sá (2010) e Velloso (2009) em suas pesquisas com o uso do método de estudo de casos no ensino superior de química. Já para os itens 2 e 3, as respostas favoráveis foram de 68,7% e 56,3%, respectivamente. Tais resultados sugerem que as várias oportunidades de discussão oferecidas aos estudantes durante a aplicação da proposta contribuíram para o aperfeiçoamento das suas habilidades de argumentação e persuasão.

No item 4, que se relaciona ao aprimoramento da habilidade de comunicação escrita, verifica-se que 75% dos estudantes registraram respostas favoráveis. Apesar da ocorrência de 18,7% de estudantes que discordaram da afirmação contida nesse item, o resultado indica a efetividade da proposta no desenvolvimento dessa habilidade, apontada por especialistas da área de ensino de química como pouco estimulada na educação básica (Chartier, 2002).

Os itens 5, 6 e 7 estão vinculados ao desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão. Nos itens 5 e 6, que dizem respeito à capacidade de investigar e resolver problemas, verifica-se um alto índice de respostas favoráveis: 93,7% e 81,2%, respectivamente. Essa alta porcentagem reflete a ativa participação dos estudantes na busca de solução para o caso. O item 7, relacionado ao desenvolvimento da capacidade de tomar decisões diante de problemas da vida real, apresentou 12,5% de respostas de indecisos e o mesmo percentual

de respostas desfavoráveis. Esse fato sugere a percepção dos estudantes quanto à alta complexidade envolvida no processo de tomada de decisão, que não seria favorecido unicamente por meio da proposta de ensino.

No que se refere ao entendimento de como a ciência é construída (item 8), os estudantes manifestaram um expressivo número de respostas desfavoráveis (25,0%), o que sugere a necessidade de se abordar tal aspecto de forma mais central no contexto escolar. Em contraponto, a capacidade de realizar trabalhos em grupo (item 9) foi percebida de forma

bastante positiva pelos estudantes (67,8% de respostas favoráveis), indicando que a solução do caso foi buscada coletivamente. De fato, no processo de resolução do estudo de caso, os estudantes são estimulados a discutir com o grupo, dividir tarefas, respeitar a opinião do outro, argumentar e procurar justificativas para suas opiniões e negociar consenso.

#### **Considerações finais**

Neste trabalho, relatamos a aplicação do método de estudo de casos em uma turma de química do ensino médio, apontando algumas implicações da estratégia proposta na perspectiva de uma educação para a cidadania e para a sustentabilidade. A análise dos relatórios produzidos pelos estudantes no final da proposta indicou que, na busca de soluções para a situação problemática colocada em foco no caso *SOS Mogi-Guaçu: mortandade de peixes no pesqueiro Recanto do Sentado*, estes se engajaram na pesquisa de diversas informações sobre poluição aquática, principais tipos de agrotóxicos e suas implicações na saúde de seres vivos, despejo de esgotos em rios, processos de eutrofização, dentre outros. Analisaram dados e informações, refletiram sobre as prováveis causas do problema em

**Já para os itens 2 e 3, as respostas favoráveis foram de 68,7% e 56,3%, respectivamente. Tais resultados sugerem que as várias oportunidades de discussão oferecidas aos estudantes durante a aplicação da proposta contribuíram para o aperfeiçoamento das suas habilidades de argumentação e persuasão.**

questão, tomaram decisões em grupos e indicaram possíveis formas de intervenção preventivas e/ou corretivas. O estudo com o caso possibilitou, portanto, o desenvolvimento de uma série de habilidades e competências necessárias ao exercício da cidadania e à tomada de consciência e/ou de decisão frente a problemas reais.

Analisando as percepções dos estudantes a respeito do desenvolvimento de diversas habilidades durante a aplicação do caso, verificamos que a grande maioria respondeu favoravelmente à aplicação da atividade no que se refere, por

exemplo, ao desenvolvimento da comunicação escrita, da argumentação e persuasão, da capacidade de trabalhar em grupo e de investigar e solucionar problemas. Dessa forma, acreditamos na relevância da atividade proposta para os participantes. Encontrar caminhos metodológicos que ajudem os estudantes a realizar atividades que levam em consideração suas experiências, interesses e estimulem a tomada de consciência e participação nas decisões de caráter sociocientífico são de vital importância para um bom encaminhamento da educação básica no nosso país.

## Referências

- AZEVEDO, E.B. Poluição e tratamento de água: duas faces da mesma moeda. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 21-25, 1999.
- BELO, C.L.A. e PARANHOS, R. O uso da água como tema gerador de uma atividade pedagógica de conscientização ambiental. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 6, n. 1, p. 7-20, 2011.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.
- BRITO, J.Q.A. e SÁ, L.P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 3, p. 505-529, 2010.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A.M.P.; PRAIA, J. e VILCHES, A. *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.
- CHARTIER, R. *Os desafios da escrita*. São Paulo: Ed. Unesp, 2002.
- EDUCADORES PELA SUSTENTABILIDADE. Compromisso por uma educação para a sustentabilidade. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 1, n. 3, p. II, 2004.
- GRASSI, M.T. As águas do planeta Terra. *Química Nova na Escola*, Caderno Temático, 1, p. 31-40, 2001.
- HERRERID, C.F. What makes a good case? *Journal of College Science Teaching*, v. 27, n. 3, p. 163-169, 1998.
- KORTLAND, K. An STS case study about students' decision making on the waste issue. *Science Education*, v. 80, n. 6, p. 673-689, 1996.
- MENDES, M.R.M. e SANTOS, W.L.P. Discussões de temas sociocientíficos e interações discursivas em aulas de Química: o papel da verbalização e da articulação conceitual. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15, 2010. *Atas...* Brasília, 2010.
- PINHEIRO, A.N.; MEDEIROS, E.L. e OLIVEIRA, A.C. Estudo de casos na formação de professores. *Química Nova*, v. 33, n. 9, 1996-2002, 2010.
- QUADROS, A.L. A água como tema gerador do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, n. 20, p. 26-30, 2004.
- SÁ, L.P. *Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no ensino superior de química*. 2010. 278f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- SÁ, L.P.; FRANCISCO, C. A. e QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.
- SÁ, L.P. e QUEIROZ, S.L. *Estudo de caso no ensino de química*. Campinas: Átomo, 2009.
- SANTOS, W.L.P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, número especial, p. 1-12, 2007.
- SANTOS, W.L.P. e MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.
- SANTOS, W.L.P. e SCHNETZLER, R.P. *Educação em química: compromisso com a cidadania*. 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.
- SÃO PAULO. Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Química*. São Paulo: SEE, 2008.
- SILVA, P.B.; BEZERRA, V.S.; GREGO, A. e SOUZA, L.H.A. A pedagogia de projetos no ensino de química - o caminho das águas na região metropolitana do recife: dos mananciais ao reaproveitamento dos esgotos. *Química Nova na Escola*, n. 29, p. 14-19, 2008.
- VELLOSO, A.M.S. *Casos investigativos no ensino de corrosão: estratégia para o desenvolvimento de habilidades argumentativas de alunos de graduação em química*. 2009. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- VELLOSO, A.M.S.; SÁ, L.P.; MOTHEO, A.J. e QUEIROZ, S.L. Argumentos elaborados sobre o tema “corrosão” por estudantes de um curso superior de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 2, p. 593-616, 2009.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Escola Estadual Marivaldo Carlos Degan, São Carlos (SP), e aos alunos da turma do 2º ano A do ensino médio do ano de 2009.

**Osmair Benedito da Silva** (osmair@gpeqsc.com.br), licenciado em Ciências (Química) pela Universidade de São Paulo (USP), é doutorando em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). **Jane Raquel Silva de Oliveira** (jane@gpeqsc.com.br), bacharel em Farmácia pela Universidade Federal do Maranhão, é doutoranda em Química pela UFSCar. **Salete Linhares Queiroz** (salete@iqsc.usp.br), química industrial pela Universidade Federal do Ceará, doutora em Química pela Universidade Estadual Paulista, é docente do Instituto de Química de São Carlos, USP.

## Para saber mais

Conheça outros casos direcionados ao ensino de química no site do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos (GPE-QSC). Disponível em: <http://www.gpeqsc.com.br/>. acessada em jul. 2011.

**Abstract:** *Sos Mogi-Guaçu: contributions of a case study to chemistry education in high school.* This article describes the application of a case study, SOS Mogi-Guaçu, in chemistry education in high school. The didactic activities stimulated the search and analysis of information related to water pollution, considerations about the probable causes, decision making, and suggestions of solutions to the problem by the students. In their perception, the activities also developed oral skills and their capacity of investigating and solving problems, as well as their ability to work in groups. Therefore, based on case studies methodology, the activities proved adequate to meet basic education demands.

**Keywords:** case studies methodology, chemistry education, socio-scientific approach.