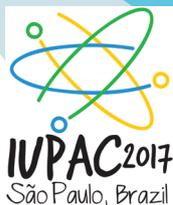


# química nova

# NA ESCOLA



IUPAC2017  
São Paulo, Brazil

# VOLUME 38

## Nº 2, MAIO 2016

- 104 Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química  
A. S. Machado
- 112 Abordagem da Química no Novo ENEM: Uma Análise Acerca da Interdisciplinaridade  
E. S. C. Costa, M. L. dos Santos e E. L. da Silva
- 121 Anotações a *Experimentação e Literatura: Contribuições para a Formação de Professores de Química*  
W. M. Wallau e F. A. Sangiogo
- 127 Do Rigor Cartesiano Disciplinar à Indisciplinaridade Feyerabendiana  
A. Chassot
- 133 Desenhando Isômeros Ópticos  
G. A. A. Rezende, N. Q. Amauro e G. Rodrigues Filho
- 141 Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa  
N. S. Silva, A. C. Ferreira e K. P. Silveira
- 149 Análise de Alimentos: Contextualização e Interdisciplinaridade em Cursos de Formação Continuada  
P. M. L. dos Santos, J. F. M. da Silva, C. C. Turci, A. C. O. Guerra, E. N. Diniz Júnior, G. C. de Souza, T. V. Francisco, F. R. de Souza, F. L. dos Santos, U. S. A. Rodrigues, M. T. Lima, F. C. da Silva e M. A. A. S. Santos
- 157 A Influência do PIBID/Química da UFRGS sobre o Desempenho Escolar de Alunos de Ensino Médio  
J. Demari e T. D. M. Salgado
- 167 A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica  
A. A. C. Cruz, V. G. P. Ribeiro, E. Longhinotti e S. E. Mazzetto
- 173 Análise de Uma Estratégia de Estudo de Caso Vivenciada por Licenciandos de Química  
A. A. M. Sampaio, D. L. Bernardo e E. M. R. Amaral
- 181 Espectrofotometria no Ensino Médio: Construção de Um Fotômetro de Baixo Custo e Fácil Aquisição  
P. C. C. Oliveira e M. A. P. Leite
- 185 Revisão no Campo: O Processo de Ensino-Aprendizagem dos Conceitos Ácido e Base entre 1980 e 2014  
A. O. Nunes, J. M. Dantas, O. A. de Oliveira e F. R. G. S. Hussein

## Química e Sociedade / Chemistry and Society

- 104 **Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química**  
*Use of software education (SE), learning objects (OA) and simulation in chemistry teaching*  
A. S. Machado

## Espaço Aberto / Issues/Trends

- 112 **Abordagem da Química no Novo ENEM: Uma Análise Acerca da Interdisciplinaridade**  
*Approach to Chemistry in the New ENEM: an analysis about Interdisciplinarity*  
E. S. C. Costa, M. L. dos Santos e E. L. da Silva
- 121 **Anotações a Experimentação e Literatura: Contribuições para a Formação de Professores de Química**  
*Remarks to "Experimentation and Literature: Contributions to the formation of Chemistry Teachers"*  
W. M. Wallau e F. A. Sangiogo
- 127 **Do Rigor Cartesiano Disciplinar à Indisciplinaridade Feyerabendiana**  
*From Cartesian disciplinary rigor to Feyerabendian indisciplinary*  
A. Chassot

## Conceitos Científicos em Destaque / Scientific Concepts Highlighted

- 133 **Desenhando Isômeros Ópticos**  
*Drawing optical isomers*  
G. A. A. Rezende, N. Q. Amauro e G. Rodrigues Filho

## Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

- 141 **Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa**  
*Teaching atomic models by means of multimedia resources in an investigative approach*  
N. S. Silva, A. C. Ferreira e K. P. Silveira
- 149 **Análise de Alimentos: Contextualização e Interdisciplinaridade em Cursos de Formação Continuada**  
*Food analysis: contextualization and interdisciplinarity in continuing training courses*  
P. M. L. dos Santos, J. F. M. da Silva, C. C. Turci, A. C. O. Guerra, E. N. Diniz Júnior, G. C. de Souza, T. V. Francisco, F. R. de Souza, F. L. dos Santos, U. S. A. Rodrigues, M. T. Lima, F. C. da Silva e M. A. A. S. Santos
- 157 **A Influência do PIBID/Química da UFRGS sobre o Desempenho Escolar de Alunos de Ensino Médio**  
*Influence of the PIBID/Chemistry Program of the Federal University of Rio Grande do Sul on the school performance of high school students*  
J. Demari e T. D. M. Salgado

- 167 **A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica**  
*Forensic science in the teaching of chemistry by means of investigative experimentation*  
A. A. C. Cruz, V. G. P. Ribeiro, E. Longhinotti e S. E. Mazzetto

- 173 **Análise de Uma Estratégia de Estudo de Caso Vivenciada por Licenciandos de Química**  
*Analysis of a case study approach performed with chemistry teachers in initial training*  
A. A. M. Sampaio, D. L. Bernardo e E. M. R. Amaral

## Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

- 181 **Espectrofotometria no Ensino Médio: Construção de Um Fotômetro de Baixo Custo e Fácil Aquisição**  
*Spectrophotometry in high school: construction of a low cost, easy assembling photometer*  
P. C. C. Oliveira e M. A. P. Leite

## Cadernos de Pesquisa/Research Letters

- 185 **Revisão no Campo: O Processo de Ensino-Aprendizagem dos Conceitos Ácido e Base entre 1980 e 2014**  
*A review of the teaching and learning approach to acid and base concepts between 1980 and 2014*  
A. O. Nunes, J. M. Dantas, O. A. de Oliveira e F. R. G. S. Hussein

### EDITORES

Paulo Alves Porto (IQ-USP)  
Salette Linhares Queiroz (IQSC-USP)

### CONSELHO EDITORIAL

Alice Ribeiro Casimiro Lopes (FE-UERJ - Rio de Janeiro, RJ - Brasil)  
Antônio Francisco Carrelhas Cachapuz (UA - Aveiro, Portugal)  
Attico Inacio Chassot (IPA - Porto Alegre, RS - Brasil)  
Aureli Caamaño (UB - Barcelona, Espanha)  
Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE - Recife, PE - Brasil)  
Eduardo Fleury Mortimer (UFMG - Belo Horizonte, MG - Brasil)  
Eduardo Motta Alves Peixoto (IQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)  
Gisela Hernández (UNAM - Cidade do México, México)  
Julio Cezar Foschini Lisbôa (GEPEQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)  
Lenir Basso Zanon (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)  
Luiz Henrique Ferreira (UFSCar - São Carlos, SP - Brasil)  
Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)  
Otávio Aloisio Maldaner (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)  
Peter Fensham (QUT - Vitória, Austrália)  
Roberto Ribeiro da Silva (UnB - Brasília, DF - Brasil)  
Roseli Pacheco Schnetzler (UNIMEP - Piracicaba, SP - Brasil)

### ASSISTENTE EDITORIAL

Giseli de Oliveira Cardoso

*Química Nova na Escola* é uma publicação trimestral da Sociedade Brasileira de Química que tem como local de publicação a sede da sociedade localizada no Instituto de Química da USP - Bloco 3 Superior, São Paulo - SP, Fone (11) 3032-2299, Endereço-e: [sbqsp@iq.usp.br](mailto:sbqsp@iq.usp.br)

Indexada no *Chemical Abstracts*, *DOAJ*, *Latindex* e *EDUBASE*

Correspondência deve ser enviada para:

*Química Nova na Escola*  
Caixa Postal 26037  
05513-970 São Paulo - SP  
Fax (11) 3814-3602  
Endereço-e: [qnesc@sbq.org.br](mailto:qnesc@sbq.org.br)

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 748  
05508-900, São Paulo - SP, Brasil  
Fone: (11) 3032-2299

*Química Nova na Escola* na internet:  
<http://qnesc.sbq.org.br>

### Copyright © 2016 Sociedade Brasileira de Química

Para publicação, requer-se que os manuscritos submetidos a esta revista não tenham sido publicados anteriormente e não sejam submetidos ou publicados simultaneamente em outro periódico. Ao submeter o manuscrito, os autores concordam que o *copyright* de seu artigo seja transferido à Sociedade Brasileira de Química (SBQ), se e quando o artigo for aceito para publicação.

O *copyright* abrange direitos exclusivos de reprodução e distribuição dos artigos, inclusive separatas, reproduções fotográficas, microfílmicas ou quaisquer outras reproduções de natureza similar, inclusive traduções. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em bancos de dados ou transmitida sob qualquer forma ou meio, seja eletrônico, eletrostático, mecânico, por fotocópia, gravação, mídia magnética ou algum outro modo com fins comerciais, sem permissão por escrito da detentora do *copyright*.

Embora todo esforço seja feito pela SBQ, Editores e Conselho Editorial para garantir que nenhum dado, opinião ou afirmativa errada ou enganosa apareçam nesta revista, deixa-se claro que o conteúdo dos artigos e propagandas aqui publicados são de responsabilidade, única e exclusivamente, dos respectivos autores e anunciantes envolvidos. Consequentemente, a SBQ, o Conselho Editorial, os Editores e respectivos funcionários, diretores e agentes isentam-se, totalmente, de qualquer responsabilidade pelas consequências de quaisquer tais dados, opiniões ou afirmativas erradas ou enganosas.

## “Pátria Educadora” dá lugar a “Ordem e Progresso”

A campanha que prometia acabar com a corrupção no Brasil já gerou um resultado concreto: o afastamento da presidente eleita pelo voto direto. Aguardemos a restauração da moralidade no trato da coisa pública que – a acreditar nos manifestantes que tomaram para si as cores verde e amarela – sempre existiu no Brasil e somente foi interrompida nos últimos anos. Neste momento, temos um governo que supostamente seria provisório, até o julgamento final pelo Senado. Seu comportamento, no entanto, com o desmonte de toda a estrutura do governo afastado, revela que a sentença já é conhecida e que o julgamento em curso no Senado só pode ter um resultado. A salvação nacional aparentemente passa pela redução do déficit público, e o governo provisório tratou de extinguir ministérios, ainda que a economia disso para as contas públicas seja apenas simbólica. Maior simbologia, entretanto, reside nas pastas escolhidas para o corte: foram extintos, entre outros, o Ministério das Mulheres; da Igualdade Racial e dos Direitos Humanos; e da Ciência, Tecnologia e Inovação (agora unificado ao Ministério das Comunicações); e o da Cultura – este foi recriado poucos dias depois, após intensa campanha promovida por representantes e entidades dos meios artístico e cultural repercutida pela mídia. O meio científico também se manifestou contra a incorporação da C&T ao Ministério das Comunicações, mas nesse caso, pouca repercussão houve na mídia. A Previdência Social passa a ser subordinada ao Ministério da Fazenda, não mais ao do Trabalho. O governo provisório também já deixou claro que pretende economizar nas áreas de Saúde e Educação. O próprio ministro provisório da Saúde declarou que o Brasil não tem como garantir os direitos previstos na Constituição Federal como o acesso universal ao sistema público de saúde. O ministro provisório da educação montou sua equipe com nomes ligados à educação privada e defensores do Estado mínimo. Resta-nos esperar que a prometida eficiência nos gastos públicos não seja, de fato, apenas um discurso destinado a ocultar cortes de verbas para áreas prioritárias como a Educação.

Em meio à turbulência política, os educadores seguem sua jornada. Neste número de *Química Nova na Escola*, tendências atuais do ensino de ciências são objeto de discussões, aprofundamentos e análises sob vieses variados. A interdisciplinaridade é abordada em quatro artigos, abrangendo aspectos bastante distintos: sua presença nas questões do ENEM (*Abordagem da química no Novo ENEM: uma análise acerca da interdisciplinaridade*); possibilidades de diálogo entre literatura e química (*Anotações a Experimentação e literatura: contribuições para a formação de professores de química*);

possibilidades para a formação de professores (*Análise de alimentos: contextualização e interdisciplinaridade em cursos de formação continuada*); além de um artigo especial do Prof. Attico Chassot, que discute concepções acerca da transgressão das fronteiras disciplinares (*Do rigor cartesiano disciplinar à indisciplina feyerabendiana*). As potencialidades e os usos dos recursos multimídia são abordados em dois artigos, um dos quais faz uma revisão acerca das novas tecnologias no ensino de química (*Uso de softwares educacionais, objetos de aprendizagem e simulações no ensino de química*), enquanto o outro propõe o uso desses recursos em um contexto investigativo (*Ensino de modelos para o átomo por meio de recursos multimídia em uma abordagem investigativa*). A abordagem investigativa também se faz presente em outro artigo, no qual são propostas atividades experimentais para a solução de um problema simulado em sala de aula (*A ciência forense no ensino de química através da experimentação investigativa e lúdica*). Outra estratégia que tem sido objeto de discussões teóricas e propostas de ação em tempos recentes em nossa área é a que envolve estudos de caso. Nesta edição de QNEsc, uma proposta de utilização dessa estratégia para a formação docente é focalizada no artigo *Análise de uma estratégia de estudo de caso vivenciada por licenciandos de química*. Também inovador é o enfoque do artigo que trata de um dos mais bem-sucedidos programas de formação de professores desenvolvidos no país nos últimos anos, o PIBID: os autores buscaram investigar seu impacto do ponto de vista de alunos do ensino médio que participaram de aulas e atividades desenvolvidas no âmbito desse programa (*A influência do PIBID/Química da UFRGS sobre o desempenho escolar de alunos de ensino médio*). Como é característico de nossa revista, marcam presença também artigos que trazem reflexões e sugestões para o ensino, tanto sob perspectivas teóricas quanto experimentais, de conteúdos químicos específicos – tais como a isomeria óptica (*Desenhando isômeros ópticos*) e a espectrofotometria (*Espectrofotometria no ensino médio: construção de um fotômetro de baixo custo e fácil aquisição*). Destaca-se, ainda nesse contexto, o artigo da seção *Cadernos de Pesquisa*, que apresenta uma revisão sobre o ensino de ácidos e bases (*Revisão no campo: o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos ácido e base entre 1980 e 2014*).

Desejamos a todo o nosso público uma agradável e proveitosa leitura.

Paulo Alves Porto  
Salette Linhares Queiroz

## Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química

**Adriano Silveira Machado**

O uso do computador tem sido empregado na química como alternativa viável para facilitar a apreensão de conteúdos com consequente mudança conceitual e, assim, a efetivação da aprendizagem. A premissa da revisão dos artigos em questão ocorreu devido ao uso que essas tecnomídias têm exercido no desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem como instrumentos que, aplicados a uma metodologia e uma didática adequadas, promovem mudanças conceituais. Os resultados denotam um aumento da capacidade de representação simbólica dos fenômenos e variáveis envolvidos nas reações estabelecidas nos sistemas químicos na educação básica brasileira

► softwares em química, ensino e aprendizagem, experimentação e simulação em química ◀

104

Recebido em 01/09/2014, aceito em 10/01/2015

O emprego de tecnomídias na educação permite a simulação e demonstração de variáveis envolvidas nos fenômenos em que a matéria é transformada. Por meio de seu emprego adequada e pedagogicamente envolvido numa abordagem significativa dos conteúdos, constata-se a existência de ações educativas com uso de ferramentas tecnológicas. Estas permitem que sejam estudados os arranjos geométricos, as ligações químicas, a atomística, os processos físico-químicos e ainda os compostos orgânicos.

Assim, a química, entre outras ciências investigativas, também conclama para si uso e aplicação de tecnomídias específicas para promover a efetivação da aprendizagem científica. Tais ferramentas denotam sua potencialidade, reforçando a ação docente em sala de aula de modo a favorecer colaborativa e substancialmente a aprendizagem significativa dos conteúdos escolares.

*As tecnomídias são recursos tecnológicos também designados pelo termo recursos tecnomidiáticos, uma vez que comportam aspectos de comunicação e informação atrelados às tecnologias, apresentando uma aplicação nos processos formativos na educação contemporânea (Machado, 2012). Atuam como ferramentas de apoio ao desenvolvimento das atividades humanas, tendo ocorrido seu maior desenvolvimento e popularização nas duas últimas décadas.*

Para promover o entendimento sobre esses recursos, é necessário que sejam apresentadas algumas definições e entendimentos sobre essas tecnomídias, considerando sua adaptabilidade com o processo de ensino e aprendizagem nas ciências físicas e mais especificamente em química.

As tecnomídias são recursos tecnológicos também designados pelo termo recursos tecnomidiáticos, uma vez que comportam aspectos de comunicação e informação atrelados

às tecnologias, apresentando uma aplicação nos processos formativos na educação contemporânea (Machado, 2012). Atuam como ferramentas de apoio ao desenvolvimento das atividades humanas, tendo ocorrido seu maior desenvolvimento e popularização nas duas últimas décadas.

As tecnomídias investigadas nesta pesquisa são designadas como softwares educacionais (SE) e objetos de aprendizagem (OA) e estão associadas ao aprimoramento do processo de ensino

e de aprendizagem, visto que ampliam, em seus usuários, processos mentais superiores como percepção, atenção e memória, agregando vasto conjunto de informações sobre

A seção "Química e sociedade" apresenta artigos que focalizam diferentes inter-relações entre Ciência e sociedade, procurando analisar o potencial e as limitações da Ciência na tentativa de compreender e solucionar problemas sociais.

temas específicos a serem desenvolvidos e compartilhados também em sala de aula de modo presencial ou virtual.

Os OA, segundo a Rede Internacional Virtual de Educação (RIVED), acessível em <http://rived.proinfo.mec.gov.br/>, seriam quaisquer recursos capazes de favorecer o processo de aprendizagem, desde que permitam, por meio de seu uso, o advento de processos críticos-reflexivos e de raciocínio abstrato por parte do usuário que o manuseia. São capazes de agregar diferentes e inovadoras abordagens pedagógicas ao uso do computador como ferramenta de apoio à aprendizagem e seu ensino.

Segundo Yamazaki (2011), o Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) e o Learning Objects Metadata Workgroup (LOM), os OA seriam definidos ainda como entidades, digitais ou não, que podem ser empregadas, reutilizadas ou referenciadas durante o processo de aprendizagem com auxílio tecnológico. Para Machado (2005), um OA pode ser usado como recurso didático devido a sua peculiar capacidade de interatividade.

Já os SE seriam programas cujos fins de elaboração previam seu desenvolvimento específico para as atividades de ensino com o objetivo de favorecer a aprendizagem de determinado conteúdo (Costa; Oliveira, 2004). Freire e Prado (2011) consideram que essas ferramentas tenham um cunho educacional também por contemplar, além da finalidade educacional, o público-alvo, a estratégia de uso, o modo de apresentação, a ergonomia cognitiva e o estímulo à criação e ao trabalho colaborativo.

Para Vieira (2001), essas ferramentas apresentam objetivos pedagógicos específicos e, para tanto, são classificadas em seis grandes categorias: tutoriais, programação, aplicativos, exercícios e práticas, multimídia e internet, simulação e modelagem e jogos.

Cada categoria de SE apresenta uma contribuição educacional, seja pela simples memorização, seja pelo surgimento de situações-problemas e seus desafios e levantamento e refutação de hipóteses na resolução dessas situações apresentadas. Podem estimular a autonomia e proatividade, necessitando da ação dialógica do professor, de seu olhar crítico e experiente para promover uma mediação pedagógica salutar à aprendizagem discente. As tecnomídias mais amplamente empregadas no processo de ensino e aprendizagem fazem uso da internet como dispositivo que potencializa o processo de ensino e podem, portanto, influenciar de modo positivo na aprendizagem, aliando o ambiente virtual com o ambiente real no cotidiano dos alunos.

## Desenvolvimento

### *Recursos analisados*

Os recursos tecnológicos usados no ensino de química poderão fazer uso de simulações e de jogos educativos e

ferramentas de comunicação na internet como mapas conceituais, ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), SE, bate-papos etc. Esses materiais permitem que o professor reflita sobre sua prática, a maneira de abordar conteúdos, conceitos, adaptações que potencialmente conduzam a uma apropriação mais significativa dos conteúdos de sua disciplina de domínio específico.

Seu estudo é justificado pela necessidade de fazer uso de ferramentas tecnológicas para promover a pesquisa científica e favorecer o processo de ensino e aprendizagem químicos na educação básica. Acredita-se que a aplicação pedagogicamente adequada dessas ferramentas possa ampliar a prática docente, promovendo mudanças significativas na ação professoral em sala de aula. O objetivo primevo deste trabalho foca a investigação de alguns dos principais tipos de SE e OA usados para o ensino, relatando os aspectos mais relevantes das pesquisas, suas características e potencialidades de experimentação.

A metodologia escolhida baseou-se na revisão bibliográfica de artigos editados nas principais revistas associadas à educação, divulgação e ensino de química por meio de um levantamento de mais de 30 documentos (artigos, anais, conferências etc.) relacionados com o tema. Esperava-se compreender como o emprego desses recursos (softwares) potencializam a aprendizagem química, considerando o emprego do computador como ferramenta favorecedora de uma aprendizagem significativa dos conteúdos (Machado, 2012).

Fez-se a apreciação de um grupo de 20 artigos escolhidos a partir de eventos e publicações envolvendo a divulgação científica. Foram considerados os aspectos de qualidade na comunicação científica, relevância da pesquisa, objetivos, impressões e percepções inovadoras, características gerais e resultados obtidos com uso dos softwares. As pesquisas tiveram em comum o foco na mudança substancial na aprendizagem e simulação, envolvendo a aprendizagem auxiliada por computador.

Optou-se por investigar um agrupamento de artigos associados ao emprego de SE e OA, considerando algumas palavras-chave imbricadas com simulação; aprendizagem significativa; uso de tecnomídias em sala de aula; ensino e aprendizagem em química; e colaboração.

Para ampliar a pesquisa por materiais mais relevantes, realizou-se a pesquisa na base de dados do SciELO (2010) e Google Acadêmico (2010). Seu uso permitiu que fossem pesquisados materiais tanto divulgados em revistas científicas como em outros meios de comunicação. Aplicou-se o uso de filtros de pesquisa abrangendo os últimos dez anos (entre 2000 e 2010) e considerando o idioma português (brasileiro). O domínio de investigação centrou-se na área educação química, focando atenção em artigos, anais, conferências e encontros. O processo resultou no agrupamento de um considerável conjunto de artigos cujos temas associavam-se entre

Acredita-se que a aplicação pedagogicamente adequada dessas ferramentas possa ampliar a prática docente, promovendo mudanças significativas na ação professoral em sala de aula.

si. Tal busca ocorreu em virtude da necessidade de produção de um manual de apoio aos professores de química ao término do curso de mestrado no ano de 2012. A produção deste foi um dos pré-requisitos necessários à conclusão do curso (dissertação e produto acadêmico), sendo sua idealização e construção direcionadas aos processos de pesquisa, ensino e elaboração de materiais didáticos que tivessem um efetivo uso no cotidiano escolar docente. Durante a investigação, procurou-se agregar assuntos de espectro ligado ao ensino e à aprendizagem químicos. A técnica usada para a leitura dos materiais catalogados foi a do *skimming*, que objetiva identificar o máximo de informações no primeiro contato com um dado texto a fim de detectar sua temática central e ideias empregadas. A partir dessa técnica é que o pesquisador decide se o texto é adequado ou não às suas investigações, e se este deve ou não ser aprofundado com uma leitura mais condensada do material em análise (Höfling, 2012).

A estratégia simples consistiu em agrupar palavras e assuntos significativos no material lido. O estudo viabilizou o agrupamento e a formação de uma base de dados que, *a posteriori*, seria usada para constituir o material de apoio aos professores de química intitulado como: *Uso da internet como apoio pedagógico na disciplina de química: sugestões de pesquisas e atividades empregando as TDIC (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação)*, lançado no ano de 2012 ao término do mestrado em ensino de ciências e matemática promovido pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Em seguida, realizou-se uma leitura dos títulos e das palavras-chave nos materiais previamente escolhidos. Seguidamente optou-se pela leitura dos resumos e das metodologias empregadas para averiguar se os assuntos tratados eram pertinentes à elaboração do material de apoio supracitado. Essa investigação caracterizou-se como exploratória, abordando pesquisas de caráter qualitativo e quantitativo. A metodologia escolhida baseou-se na revisão de literatura de artigos em revistas, anais, conferências e encontros associados ao ensino e à pesquisa em educação química. A investigação exploratória realizada tinha características de pesquisa secundária (Marconi; Lakatos, 2000) e permitiu reflexões e novas compreensões dos assuntos catalogados para a construção de novas fontes de apoio e pesquisa aos professores que não dispunham de laboratórios de experimentação em seus ambientes de trabalho.

Seguidamente à coleta de informações, optou-se por uma *leitura flutuante* (Bardin, 2004; Laurence, 2008) dos artigos selecionados com o propósito de agrupar informações e coletar dados mais relevantes, esperando que estes fornecessem subsídios para constituir o manual de apoio ao professor, *a posteriori*. Para tanto, realizou-se uma pré-análise no conjunto de artigos e isso favoreceu a organização das informações neles contidas.

#### *Análise de relatos científicos com uso de softwares em química*

O emprego de SE permite a simulação, a demonstração e as variáveis envolvidas nos fenômenos em que a matéria é transformada, em que são constatadas situações envolvendo a análise de arranjos geométricos, ligações químicas, atomística, processos físico-químicos, química orgânica, entre outros assuntos abordados pela química como ciência investigativa.

Cita-se inicialmente o trabalho de Melo e Melo (2005), cuja proposta de investigação versava sobre a articulação de professores frente às mudanças contingenciais de formação e trabalho. Os autores perceberam uma melhoria no processo de ensino e aprendizagem por meio da mudança de seu papel social docente em sala de aula. Esse processo, segundo os pesquisadores, ocorre mediante e com os recursos tecnológicos, analisando as representações sociais adquiridas sobre esses instrumentos de auxílio docente.

Os resultados obtidos sugerem certa morosidade no processo de desenvolvimento computacional nos últimos anos na educação brasileira. Um aspecto relevante desse trabalho situa-se na existência de conteúdos limitados e assuntos pouco abordados no ensino de química. Tal fator impede a apreensão de conteúdos mais complexos bem como poderia dificultar a idealização e mentalização dos modelos em química. Os mencionados autores consideram que os SE de simulação são opções inovadoras para a representação de modelos dinâmicos, permitindo o desenvolvimento da compreensão conceitual dos estudos,

que vão além do uso mecanizado dos próprios conceitos.

O trabalho realizado por Souza e colaboradores (2005) resultou na publicação de trabalho de apreciação de simulações para o apoio de procedimentos de experiências com titulação ácido-base. Versaram também sobre sua utilização e avaliação

com professores e alunos de ensino médio seguindo critérios propostos por Gladcheff e colaboradores (2001). Os resultados demonstraram que 92% dos alunos avaliados percebem a clareza e objetividade da titulação virtual, e que 95% acreditam que a atividade computacional favorecerá a compreensão conceitual na química.

Raupp, Serrano e Martins (2008) acreditam que a facilidade para se trabalhar com os SE consiste na existência da capacidade de colaboração entre alunos, em diferentes níveis de desenvolvimento cognitivo, com seus tutores e o próprio computador, considerando esse último como instrumento favorecedor do desenvolvimento de habilidades representacionais.

A premissa de uso desses softwares para os autores tem seu aporte teórico no sociointeracionismo, percebendo a relação estabelecida entre os alunos, sujeitos intencionais, o computador, objeto intencionado e o surgimento de uma Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Isso permitiu a manipulação dos sistemas simbólicos, por meio de

**Essa investigação caracterizou-se como exploratória, abordando pesquisas de caráter qualitativo e quantitativo. A metodologia escolhida baseou-se na revisão de literatura de artigos em revistas, anais, conferências e encontros associados ao ensino e à pesquisa em educação química.**

representações dinâmicas criadas e a simulação de situações-problema no universo da pesquisa e do trabalho docente em química.

Outra pesquisa, realizada por Medeiros (2008), abordou o uso do SE *QuipTabela*, permitindo o desenvolvimento de atividades referentes ao estudo dos elementos na tabela periódica de modo significativo. O autor parte da ação e do uso da ferramenta computacional, de cunho construtivista, em que os professores, de posse das indagações e dos questionamentos, propõem problematizações e as apresentam aos alunos. Estes, após o tratamento de dados com uso do SE, reapresentam alguns resultados obtidos, fazendo uso de mecanismos de representação gráfica.

A investigação avaliou também que o uso dessa modalidade de software deve ser feito para desenvolver conteúdos mais abstratos e de aprendizagem mais exigente, a fim de promover significativamente uma estimulação da capacidade representacional do aprendente. Nota-se aqui que o fator adequação dos conteúdos ao uso do software específico foi cuidadoso, demonstrando que o planejamento fora imprescindível na ação docente com uso de tecnologias de comunicação e interação (especificamente os SE).

Silva, Amaral e Firme (2008), num estudo sobre o uso de sequências didáticas no ensino de química no ensino médio pelo professor, revelaram que o papel de elaborador e aplicador dessas ferramentas aliado à pesquisa e à prática docente na perspectiva da educação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) (Ricardo, 2007) seria capaz de ampliar a aprendizagem dos conteúdos científicos por parte dos alunos. O trabalho abrangeu uma gama de conteúdos físico-químicos como estudo de pilhas, oxidação e redução, numa dimensão pedagógica e epistemológica, procurando estreitar o conhecimento estudado pelo aluno à sua realidade sociocultural (Méheut, 2005), indicando a necessidade de diferenciação bem definida dos papéis dos agentes envolvidos nesse contexto de ensino e aprendizagem. A coleta dos dados nessa pesquisa fora realizada com uso do software *Videograph*® (Mortimer et al., 2006) para análise de dados (análise de discurso) em vídeos, o que permitiu a obtenção de um tratamento estatístico qualitativo nos relatos orais das impressões obtidas pelos alunos para identificar um conjunto de categorias mais presentes no discurso dos alunos investigados.

Já os estudos realizados por Ribeiro, Melo e Monteiro (2010), com alunos do 3º ano do ensino médio, apresentaram o uso do SE *Avogadro* para promover a melhoria na qualidade da aprendizagem em sala de aula, desenvolvendo atividades com a química orgânica por meio de simulações, manipulações e visualizações de fenômenos moleculares e de suas representações. Os resultados obtidos permitem refletir sobre a necessidade de uma mudança atitudinal no

direcionamento e na execução de atividades nos laboratórios de informática, direcionando ações e estratégias adequadas aos conteúdos estudados nas mais diferentes disciplinas de base comum no currículo da educação básica brasileira.

Eichler, Jungos e Del Pino (2006) foram mais adiante na investigação do uso de softwares propondo e criando um SE chamado *Cidade do átomo*, que proporciona o máximo de interatividade aos alunos. Os pesquisadores perceberam o computador como ferramenta instrucionista que favorece o controle do estudante sobre a aprendizagem por meio de problematizações. Partem do pressuposto que a simulação computacional é uma opção viável de acessibilidade aos conteúdos da disciplina de modo não formal (não expositivo), promovendo experimentações diretas e relacionáveis com a natureza de suas transformações, atuando de modo contextualizado, envolvendo a produção textual com o uso do jogo simbólico como estratégia de relação e resolução de problemas.

Raupp, Serrano e Moreira (2009) destacaram o desenvolvimento das habilidades visuais e espaciais a partir da experimentação com emprego de ferramentas de manipulação e construção de modelos moleculares, com uso de métodos didáticos, para ampliar o estado representacional macro e microscópico, assim como o simbólico nos sujeitos investigados. Fazendo uso da Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud (1998), relacionaram conceitos e suas

reproduções no estudo da estereoquímica com os estereoisômeros, utilizando o SE *Chemsketch*. Esse estudo denotou a importância de elementos relacionais, das sucessivas e necessárias inter-relações estabelecidas com os usuários e a situação de aprendizagem para a mudança conceitual no aluno.

Gambini e Diniz (2009), atuando na pesquisa com docentes, indicaram o uso de SE no processo de formação continuada de professores de química na modalidade EaD. Por meio de ambientes virtuais, averiguaram a utilização dessas ferramentas como estratégias de ação docente viável, demonstrando o nível e a forma de interação dos professores-alunos nesse processo. A pesquisa consistiu na análise de seis SE aplicáveis no estudo da química a partir da visão dos professores da disciplina sobre os pontos positivos e as limitações de uso. A escolha dos recursos ocorreu pela capacidade de integração ao trabalho cotidiano e as simulações propostas, apontando confrontação entre as novas práticas docentes em uso e a superação da ação monológica do discurso docente durante a abordagem dos conteúdos, indicando a postura ruptural da abordagem tradicional dos conteúdos e novas estratégias de ação didática em sala de aula.

Cita-se com grande relevância o trabalho realizado por Trindade e colaboradores (2009) que envolveu verificação e acompanhamento do processo de assimilação dos conteúdos de química com uso do *QuipTabela* e *ACD/Chemsketch* em

**A investigação avaliou também que o uso dessa modalidade de software deve ser feito para desenvolver conteúdos mais abstratos e de aprendizagem mais exigente, a fim de promover significativamente uma estimulação da capacidade representacional do aprendente.**

Tabela 1: SE e OA analisados e disponíveis na internet.

SE/OA	Site	Gratuidade	Acesso
<b>Titulando</b>	www.200.144.189.54/tudo/busca.php?key=titulando%202004:%20um%20software%20para%20o%20ensino%20de%20quimica&midias=pru	Sim	2005
QuipTabela	www.baixaki.com.br/download/quipTabela.htm	Sim	2005/2008/2010
Avogadro	www.baixaki.com.br/download/avogadro.htm	Sim	2009/2010
Cidade do Átomo	www.iq.ufrgs.br/aeq/cidatom.htm	Sim	2000
Chemsketch	www.acdlabs.com/download/chemsketch	Sim	2008/2009
ACD	www.acdlabs.com/	Sim	2008
MAPLE	www.maplesoft.com/products/maple/	Não	2007
Kalzium/Linux	community.linuxmint.com/software/view/kalzium	Sim	2010
Crocodile chemistry	crocodile-chemistry-605-pt.software.informer.com/	Sim	2009
Artoolkit	artoolkit.soft112.com/	Sim	2008
Conquest	www.ccdc.cam.ac.uk/support/documentation/csd/release/csds_release_portable-3-02.html	Não	2005
Mercury	www.ccdc.cam.ac.uk/support/documentation/csd/release/csds_release_portable-3-02.html	Não	2005
PhET	www.baixaki.com.br/download/phet.htm	Sim	2010
Titration	allchemy.iq.usp.br/tunelando/	Sim	2010
Jmol	www.baixaki.com.br/download/jmol.htm	Sim	2010
Kalypso 3.00	sites.google.com/site/Kalypsosimulation	Sim	2010
Khi 3 3.2.7	www.baixaki.com.br/download/khi-3.htm	Sim	2010
Carbópolis	www.iq.ufrgs.br/aeq/carbop.htm	Sim	2010
Char Noblock	www.superdownloads.com.br/jogos-online/charnoblock.-2.html	Sim	2010
Software Labvirt	www.labvirtq.fe.usp.br/indice.asp	Sim	2010
Efeito estufa	objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/4972/efeitoestufa.exe?sequence=1	Sim	2010
Virtual Chemistry Lab 2.0	www.tudodownloads.com.br/download/113/Virtual_Chemistry_Lab_2_0.html	Sim	2010
Banco de dados cristalográfico	www.ccdc.cam.ac.uk/support/documentation/csd/release/csds_release_portable-3-02.html	Não	2010

<http://rived.mec.gov.br/http://rived.mec.gov.br/>.

escolas públicas e privadas brasileiras com a percepção de que as tecnomídias são mediadoras da aprendizagem e de seus processos desenvolvimentais.

A pesquisa consistiu na criação de situações-problema de trabalho por parte do professor, capazes de estimular o aluno a superá-las com uso de simulação e representação, acreditando que o SE usado possibilitaria uma melhor compreensão conceitual, facilitando a aprendizagem e tornando o computador em uma poderosa ferramenta educacional. O artigo demonstra que, independentemente do público-alvo trabalhado durante o uso de instrumentos tecnológicos computacionais, o diferencial pedagógico é que seria decisivo na mediação entre antigos e novos saberes para apreender significativamente os conteúdos. Assim, foi necessário que houvesse envolvimento, planejamento e pesquisa na construção de novas propostas de trabalho por parte do professor.

Benedetti e colaboradores (2007), analisando o uso de

softwares de química no contexto escolar, partiram da necessidade de se promover o desenvolvimento de um olhar científico no aluno e, assim, sobre a investigação científica. Os autores perceberam que durante o uso da internet, o aluno passa a gerenciar e ser responsável por sua própria aprendizagem, estimulando sua autonomia nos estudos. Nesse estudo, o emprego do *QuipTabela* permitiu uma ação interativa satisfatória e conseqüentemente uma aprendizagem sem a teorização dos conteúdos por parte dos docentes, aliando a prática pedagógica e os saberes elencados nos livros didáticos. Acredita-se que uso de livros e o computador possa ampliar as possibilidades de interpretação e simulação, contribuindo para uma mudança consistente na abordagem química dos conteúdos didáticos.

Mendes, Magnano e Martins (2007) propuseram o desenvolvimento de atividades com uso do Maple, abordando conceitualização teórica e visualização gráfica com

fundamentação histórica sobre orbitais atômicos e moleculares. Para os pesquisadores, o uso do conteúdo abordado se concentrou na praticidade de situar os temas de difícil aprendizagem e sua limitação na representação macro e microscópica de aspectos da mecânica quântica por meio da exposição de quaisquer orbitais atômicos para os diferentes tipos de elementos químicos existentes. Esse critério de uso e avaliação dos recursos empregados apontou a necessidade de planejamento da ação docente, indicando que professores devem situar o aluno no ambiente de pesquisa e fazendo uso das mais diferentes estratégias de experimentação e de ensino.

Almeida e colaboradores (2009) analisaram o SE como ferramenta de auxílio para o aperfeiçoamento da capacidade cognitiva discente, fazendo emprego dos conteúdos químicos exigidos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). O software *Avogadro* possibilitou, segundo os autores, um despertar e interesse no estudo das funções orgânicas, facilitando a compreensão da matéria em sala de aula com alunos do 3º ano em escolas públicas. O estudo foi capaz de apontar caminhos seguros de pesquisa e ensino, direcionando conteúdos escolares e procurando aprimorar competências e habilidades para o estudo da química como ciência puramente investigativa.

Santos, Wartha e Silva (2010) avaliam os principais tipos de softwares empregados na química, caracterizando-os em 5 grandes grupos diferentemente da classificação realizada por Vieira (2001), que categorizou 12 grupos de SE. Os autores apontaram ainda que a maioria dos recursos tecnomidiáticos empregados (SE) e identificados no ano de 2010, num total de 52 unidades, abordam apenas três áreas de conteúdos: tabela periódica, construção de moléculas e jogos educativos, carecendo, portanto, da criação de novos componentes que possam abordar os mais diversos assuntos e suas especificidades, concluindo que estes se encontram subutilizados ou incapazes de serem executados nos espaços escolares ou ainda são completamente desconhecidos pelos professores.

Outra pesquisa que merece destaque foi a realizada por Ribeiro e colaboradores (2009) que visava investigar os SE mais usados nas escolas públicas da rede de ensino, indicando o tipo de atividade que a ferramenta utilizava, suas limitações de uso, a falta de capacitação docente e a escassez de professores nas escolas como obstáculos ao desenvolvimento de projetos computacionais na química. No estudo, foi proposto a identificação do aplicativo *Kalziium*, desenvolvido na plataforma Linux (KDE 3.1) que abrange o estudo da tabela periódica e dos compostos orgânicos, envolvendo dois instrumentos, o *Avogadro* 0.9.6 e o *QuipTabela* 4.01 como o mais empregado para o estudo da disciplina.

Para Santiago e colaboradores (2010), a atividade prática foi promotora de interação entre professor/aluno, permitindo maior assimilação dos conteúdos trabalhados e facilitando

assim a aprendizagem. O SE utilizado foi o *Crocodile*, que simula a interação atômica, identificando as substâncias por meio do método de teste de chamas, solubilidade das substâncias e processo de separação de misturas e destilação simples.

Noutro estudo, Silva e Rogado (2008) propuseram o uso da “realidade virtual como uma nova alternativa de uso do computador como ferramenta didática, com enfoque na simulação de modelos de partículas”, por meio da técnica de realidade aumentada, uso de *webcam* e biblioteca virtual *Artoolkit*, promovendo uma educação de forma integrada, direcionada às áreas em que os métodos tradicionais têm falhado. O estudo relatou que as experimentações nesses ambientes favorecem maior interação entre alunos e o conhecimento abstrato, assim como o melhor controle do usuário sobre os conteúdos a serem apreendidos de acordo com o ritmo pessoal de trabalho discente, favorecendo melhor entendimento sobre modelos representacionais da estrutura atômica dos elementos.

Por fim, apresenta-se a investigação de Nascimento e colaboradores (2005), que avaliaram os aspectos pedagógicos de dois SE, *Conquest* e *Mercury*, na compreensão de conceitos químicos e no desenvolvimento da visão espacial no campo de representa-

ção simbólica e microscópica com alunos calouros do curso de química na Universidade de São Paulo (USP). O estudo apontou alguns percursos metodológicos a serem seguidos e refletidos para se obter uma melhor aprendizagem e visualização de entidades químicas em nível macro e microscópico. A pesquisa permitiu ampliar a capacidade de pensamento por meio da mentalização e elaboração de conceitos.

## Conclusões

Constatou-se que as tecnomídias têm potencial aplicação nas atividades de ensino, favorecendo assim o processo de ensino e aprendizagem e promovendo ainda o desejo pela pesquisa e leitura de informações bibliográficas. Os autores Silva e Rogado (2008); Ribeiro e colaboradores (2009); Santos, Wartha e Silva (2010), da mesma maneira que outros professores-pesquisadores como Santiago e colaboradores (2010), cujo artigo fora comentado, têm uma nítida visão do papel incentivador e mediador da ferramenta computacional na aprendizagem e na possibilidade de representação dos conceitos e dos modelos na química.

O estudo permitiu delinear algumas limitações no que concerne à dificuldade de tradução do idioma português para o inglês, visto que, na grande maioria, os SE usados nas escolas públicas brasileiras vêm elaborados na língua inglesa, o que torna difícil seu uso para quem não tem um domínio básico da língua. Como pontos positivos, destacam-se o emprego de jogos educativos químicos como ferramenta de maior potencial didático para a aprendizagem em virtude da recursividade

Constatou-se que as tecnomídias têm potencial aplicação nas atividades de ensino, favorecendo assim o processo de ensino e aprendizagem e promovendo ainda o desejo pela pesquisa e leitura de informações bibliográficas.

lógica e racional envolvida em seu manuseio. Independente dos tipos de SE estudados – cuja grande maioria se baseou na classificação de Vieira (2001) em aquisição de dados, modelagem, produção gráfica, simulação e tutorial e a importância do planejamento e sua relação com a metodologia aplicada –, seu uso favorecerá de forma significativa tanto o interesse pela química computacional como um entendimento e uma compreensão mais apurada dos fenômenos interferentes nos processos de transformação da matéria, quanto nas entidades (elementos e moléculas) químicas.

Um fator limitante das análises realizadas considerou que apesar da existência de uma infundável gama de conhecimentos químicos, a maioria dos artigos discutidos versa sobre três assuntos específicos, destacando-se: atômica (envolvendo ligações químicas e química orgânica), tabela periódica e concentração de soluções (físico-química). Tal fator torna limitante o ensino dessa ciência por meio de simulações, posto que grandes áreas que dependem das simulações e dos experimentos não são contempladas nas simulações com uso de tecnomídias. Espera-se com esta revisão promover uma postura diferenciada na capacitação de professores de química, que instigue o emprego de recursos diferenciados como também o emprego de tecnomídias (SE e OA) para auxiliar a ressignificação de conteúdos essenciais para a construção dos saberes científicos na atual educação química realizada no país.

Apresenta-se, como fruto da investigação, uma tabela contendo as informações sobre os softwares analisados com algumas de suas particularidades. Tal tabela poderá favorecer tanto a procura como a adequada seleção desses recursos

para auxiliar o ensino de química, levando em consideração o tipo de código específico do SE/OA, a data das pesquisas realizadas, o sítio eletrônico de acesso e outras informações julgadas pertinentes para se fazer uma seleção pedagogicamente eficiente pelo professor.

Uma alternativa viável seria o acesso aos sítios eletrônicos especializados na divulgação e experimentação de SE e OA na educação científica como, por exemplo, <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>. Nele, o usuário poderá fazer uma seleção prévia dos recursos necessários e ainda analisá-los antes do uso, fazendo simulações dos inúmeros experimentos apresentados. O RIVED também apresenta um sítio eletrônico rico em OA que agrega tanto divulgação, download e produção de experimentos científicos, como informações sobre os conteúdos experienciados, caracterizando-se de forma pioneira na divulgação e no agrupamento de tecnomídias para o ensino e a educação científica nos últimos anos no Brasil.

---

**Adriano Silveira Machado** ([adrianomachado2007@gmail.com](mailto:adrianomachado2007@gmail.com)), licenciado em Pedagogia, especialista em Planejamento do Ensino e Avaliação da Aprendizagem (UFC), pós-graduado em Psicopedagogia Clínica e Institucional pela Universidade Estadual Vale do Acaraú (UEVA), habilitado em Biologia, Química e Ciências (UEVA), mestre em Ensino de Ciências e Matemática (UFC), professor pesquisador I, formador do curso de Especialização em Educação Profissional Científica e Tecnológica (EPCT), professor tutor de licenciatura em Matemática do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCe), professor efetivo de Ciências Naturais e suas Tecnologias e coordenador pedagógico na Secretaria Municipal de Educação (SME/PMF), é doutorando em Didática de Ciências e Tecnologias (DCT), com especialização em Didática de Ciências Físicas na Universidade de Trás os Montes e Auto Douro (UTAD). Vila Real – Portugal.

## Referências

ALMEIDA, M.N.P.; PINHEIRO, E.A.A.; FILHO, A.D.; MARINHO, A.M.R. Software educativo Avogadro 0.8.1 auxiliando ensino de Química em Escola de Belém-PA. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (SBQ), 32., 2009 *Anais...* Fortaleza, 2009.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004.

BENEDETTI, E.F.; OLIVEIRA, N.; MAGALHÃES K.F.; SANTOS, A.; OLIVEIRA, M.S.; CHIMENEZ, T.A. *O uso de um software de química no contexto escolar*. G. Ciências Humanas - 7. Educação - 11. Ensino-Aprendizagem. 2007.

COSTA, J.W.D.; OLIVEIRA, M.A.M. (Orgs.). *Novas linguagens e novas tecnologias: educação e sociabilidade*. Petrópolis: Vozes, 2004.

EICHLER, M.; DEL PINO, J.C.; JUNGES, F. Cidade do átomo: debate escolar sobre energia nuclear. *Física na Escola*, v. 7, n. 1, 2006.

FREIRE, F.M.P.; PRADO, M.E.B.B. *Projeto pedagógico: pano de fundo para escolha de um software educacional*. Disponível em: <<http://rxmartins.pro.br/teceduc/computador-sociedade-conhecimento.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2011.

GABINI, W.S.; DINIZ, R.E.S. Os professores de química e o uso do computador em sala de aula: discussão de um processo de formação continuada. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 15, n.

2, p. 343-58, 2009.

GLADCHEFF, A.P.; SANCHES, R.; SILVA, D.M. Um instrumento de avaliação de qualidade de software educacional: como elaborá-lo. In: WORKSHOP DE QUALIDADE DE SOFTWARES – SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE. 8., 2001. *Anais...* Rio de Janeiro, 2001.

HÖFLING, C. *Estratégias de leitura: skimming e scanning*. Disponível em: <https://www.google.com.br/search?q=H%C3%96FLING%2C+C.+Estrat%C3%A9gias+de+leitura%3A+skimming+e+scanning&aq=H%C3%96FLING%2C+C.+Estrat%C3%A9gias+de+leitura%3A+skimming+e+scanning&aqs=chrome..69i57.145j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Acessado em: 12 ago. 2011.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. *Metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 2000.

MACHADO, A.S. *Explorando o uso do computador na formação de professores de ciências e matemática à luz da aprendizagem significativa e colaborativa*. 2012. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

MACHADO, L.L.; SILVA, J.T. *Objeto de aprendizagem digital para auxiliar o processo de ensino aprendizagem no ensino técnico em informática*. In: Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005, 16p.

MEDEIROS, M.A. A informática no ensino de química: análise de um software para o ensino de Tabela Periódica. In:

ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14. *Anais...* Curitiba: UFP, 2008.

MEHEUT, M. Teaching - learn sequences tools for learning and/or research. *Research and the Quality of Science Education*, 195-207, Springer, Netherlands, 2005.

MENDES, J.N.M.; MAGNAGO, K.; MARTINS, M. Modelo matemático de orbitais atômicos: o uso do Maple para obter resultados. In: CONFERENCIA NACIONAL SOBRE MODELAÇÃO MATEMÁTICA, 5, Ouro Preto, *Anais...* Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CDROM.

MELO, E.S.N.; MELO, J.R.F. Softwares de simulação no ensino de química: uma representação social na prática docente. *ETD – Educação Temática Digital*, Campinas, v.6, n.2, p.51-63, jun. 2005.

MORTIMER, E.F.; MASSICAME, T.; TIBERGHEN, A.; BUTY, C. *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil*. Bauru: Ed. UNESP, 2006.

NASCIMENTO, F.B.; RIBEIRO, A.C.C.; ELLENA, J.; QUEIROZ, S.L. Estudo das qualidades pedagógicas dos programas conquest e mercury visando benefícios para o ensino de química no nível superior. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005. *Atas...* Salvador: UVBA, 2005.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MARTINS, T.L.C. A evolução da química computacional e sua contribuição para a educação em química. *Revista Liberato*, Novo Hamburgo, v. 9, n. 12, p. 13-22, jul./dez. 2008.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MOREIRA, M.A. Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 4(1), p. 65-78, 2009.

RIBEIRO, W.H.F.; MELO, M.F.; MONTEIRO, S.H. Aplicação de um software educativo para o ensino de química orgânica no 3º ano de uma escola de ensino médio em Mucambo-CE. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15., 2010. *Anais...* Brasília, 2010.

RIBEIRO, C.K.G.; MAGALHÃES, C.V.C.; SANTOS, E.S.S.; OLIVEIRA, C.B. O uso de softwares educacionais como ferramenta de apoio ao ensino da química. In: JORNADA DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, 9. 2009. *Anais...* Recife: UFRPE, 2009.

RICARDO, E.C. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. *Revista Ciência & Ensino*, v. 1, especial, nov. 2007.

SANTOS, D.O.; WARTHA, E.J.; SILVA, J.C.F. Softwares educativos livres para o Ensino de Química: Análise e Categorização. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15., 2010. *Anais...* Brasília, 2010.

SANTIAGO, A.S.; SANTOS, G.L.L.; MELO, J.B.; COSTA, N.M.; SILVA, L.C. Utilização do software crocodile chemistry como ferramenta de ensino em aulas de química experimental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 8., 2010. *Anais...* Rio Grande do Norte, 2010. Disponível em: <http://www.abq.org.br/simpequi/2010/trabalhos/69-7322.htm>. Acessado 12 ago. 2010.

SILVA, J.R.R.T.; AMARAL, E.M.R.; FIRME, R. N. Análise de uma discussão de alunos em fórum numa sequência didática de química, com o uso do Videograph®. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008. *Anais...* Curitiba: UFPR, 2008.

SILVA, J.E.; ROGADO, J. Realidade virtual no ensino de química: o caso do modelo de partículas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008. *Anais...* Curitiba: UFPR, 2008.

SOUZA, M.P.; MERÇON, F.; SANTOS, N.; RAPELLO, C.N.; AYRES, A.C.S. Titulando 2004: um software para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 22, nov. 2005.

TRINDADE, A.M.G.; SANTOS, A.W.N.; ANJOS, V.H.A.; BRAZ, S.R.; MONTE, N.D.; VESCESLAU, J.G. O uso de softwares no ensino de química em escolas públicas e privadas de Petrolina/PE e Juazeiro/BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 7., 2009. *Anais...* Salvador, 2009. Disponível em: <http://www.abq.org.br/simpequi/2009/trabalhos/117-5550.htm>. Acessado em: 12 ago. 2010.

VERGNAUD G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, v. 17, n. 2, p. 167-181, 1998.

VIEIRA, S.L. Contribuições e limitações da informática para a educação química. *QMCWEB*, ano 2, n. 45, Florianópolis, 1997.

YAMAZAKI, S.C. LOM - IEEE Learning Objects Metadata Workgroup, 2011. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>. Acesso em: 09 mar. 2011.

**Abstract:** Use of software education (SE), learning objects (OA) and simulation in chemistry teaching. The use of computers has been used in chemistry as a viable alternative to facilitate the seizure of contents with consequent conceptual change, and thus the effectiveness of learning. The premise of the review of the articles in question was due to the use of these tecnomedias have played in the development of the teaching-learning process, as instruments, applied to a suitable methodology and didactics, promoting conceptual changes. The results show an increase of the capacity of symbolic representation of the phenomena and variables involved in the reactions in chemical systems established in the Brazilian Basic Education.

**Keywords:** Software in Chemistry; Teaching and Learning, Experimentation and simulation in Chemistry.

## Abordagem da Química no Novo ENEM: Uma Análise Acerca da Interdisciplinaridade

Élvia S. C. Costa, Marcelo L. dos Santos e Erivanildo L. da Silva

Neste trabalho, são apresentadas possíveis compreensões de interdisciplinaridade nas questões de química do Novo ENEM referentes aos anos de 2009 a 2013. Para tal, foi realizado um estudo nos documentos oficiais desse exame, além da análise das questões, que teve como base classificações definidas a partir de uma consistente pesquisa bibliográfica, cujas categorias contemplam diferentes ideias de interdisciplinaridade, discutidas por referenciais teóricos no âmbito da educação. Como resultado, verificamos que, no Novo ENEM, prevalecem as questões específicas de uma disciplina. No conjunto daquelas que possuem uma inter-relação, a maior parte são questões que apresentam interdisciplinaridade em uma perspectiva homogênea, o que corresponde a um grau mais elevado e efetivo de interdisciplinaridade, mas também é encontrado um número relevante de questões com uma perspectiva heterogênea, em que há apenas uma justaposição de disciplinas, possuindo um caráter mais pluridisciplinar.

► interdisciplinaridade, Novo ENEM, ensino de química ◀

Recebido em 14/05/2014, aceito em 18/01/2015

**E**m meio às reformas do ensino brasileiro durante a década de 1990, institui-se em 1998 o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), criado pelo Ministério da Educação (MEC), tendo como órgão responsável o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). O primeiro modelo do ENEM adotado entre 1998 e 2008, compreendia provas com 63 questões e não focava o ingresso em cursos superiores, apesar de ser usado como avaliação para bolsas do Programa Universidade para Todos (ProUni). Ainda durante esse período, o ENEM apresentou-se como uma forma de avaliação educacional realizada anualmente com alunos concluintes do ensino médio e os que já o concluíram, buscando avaliar as habilidades e competências dos estudantes das

redes de ensino pública e particular. Ao mesmo tempo, seus resultados eram utilizados pelo governo brasileiro como ferramenta de avaliação da qualidade geral do ensino médio no país, orientando as políticas educacionais do Brasil.

No ano de 2009, o MEC apresentou a proposta de unificar o vestibular das universidades federais, utilizando um novo modelo de prova para o ENEM. Com a reformulação, o exame passou a contar com 180 questões objetivas e uma de redação, sendo estas divididas em quatro áreas do conhecimento: linguagens, códigos e suas tecnologias, em que está incluída a redação; ciências humanas e suas tecnologias; ciências da natureza e suas tecnologias; e matemática e suas tecnologias.

Essa nova prova consiste em uma matriz de referência que contempla a identificação das competências e habilidades gerais dos alunos.

No que diz respeito à química, inserida na área de ciências da natureza e suas tecnologias, o documento básico do

*No que diz respeito à química, inserida na área de ciências da natureza e suas tecnologias, o documento básico do ENEM apresenta uma matriz de referência que valoriza a articulação entre os conhecimentos científicos da química e do contexto de vida com base numa abordagem de temas apoiada na interdisciplinaridade (ID) e na contextualização (INEP, 2012).*

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

ENEM apresenta uma matriz de referência que valoriza a articulação entre os conhecimentos científicos da química e do contexto de vida com base numa abordagem de temas apoiada na interdisciplinaridade (ID) e na contextualização (INEP, 2012). Esse discurso também é presente entre alguns pesquisadores no ensino de química e, de acordo com Maceno e colaboradores (2011), essa abordagem contextualizada e interdisciplinar valoriza os conhecimentos prévios dos alunos, contribuindo para uma aprendizagem significativa.

Como gradativamente o ENEM vem substituindo os vestibulares, isso provoca um movimento no currículo educacional. Dessa forma, é necessário compreender quais são as perspectivas de contextualização e interdisciplinaridade em que esse exame se fundamenta, além de verificar como o discurso das matrizes do ENEM se alinha aos pensamentos dos pesquisadores.

Considerando esse raciocínio, as questões do ENEM apresentam-se como um conjunto de perguntas relacionadas a um contexto real, que devem ser trabalhadas com base em conhecimentos científicos. Buscando contribuir para o debate no âmbito do ensino de química, neste trabalho, propomos a discutir como está sendo incorporada a interdisciplinaridade nas provas desse exame. Nesse sentido, procuraremos debater como os conteúdos relacionados com a química estão sendo abordados nas provas do Novo ENEM e qual a relação destes na abordagem dita interdisciplinar.

### Concepções de interdisciplinaridade

Os primeiros estudos sobre interdisciplinaridade surgiram na Europa em meados da década de 1960 e, no Brasil, no final dos anos 1970, sendo Hilton Japiassú o pioneiro pesquisador a escrever sobre esse tema. Japiassú (1976 *apud* Fazenda, 1996, p. 30) cita que “a interdisciplinaridade se caracteriza pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de interação real das disciplinas, no interior de um projeto específico de pesquisa”. Para ele, as disciplinas devem interagir entre si, buscando um enriquecimento mútuo de conhecimento.

Num momento histórico mais atual, Santos e colaboradores (2011) realizaram um estudo sobre as visões de interdisciplinaridade de artigos publicados entre 1995 e 2010 na revista *Química Nova na Escola*. Nesse trabalho, os autores concluem que a interdisciplinaridade aparece muitas vezes como uma adesão modista, não aprofundada, sem a devida análise crítica. Com base nesse levantamento, é possível inferir que boa parte do que é publicado no âmbito do ensino de química debate a interdisciplinaridade em uma visão trivial, que se configura em justaposição de disciplinas.

Essas interações entre as disciplinas podem ocorrer em níveis distintos, sendo assim, foram criados por Eric Jantsch e adaptados por Japiassú (1976) os termos multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, que se diferenciam pela complexidade dessas interações, possuindo os seguintes significados: disciplina: conjunto específico de conhecimentos com suas próprias características sobre o plano do ensino, da formação, dos mecanismos, dos métodos, das matérias; multidisciplinaridade: é o primeiro nível de integração, caracteriza-se pela justaposição de disciplinas diversas, sem haver cooperação entre elas; pluridisciplinaridade: há uma justaposição de disciplinas mais ou menos vizinhas nos domínios do conhecimento, formando-se áreas

de estudo com conteúdos afins ou coordenação de área com menor fragmentação; interdisciplinaridade: frisa a interdependência, a comunicação existente entre as disciplinas, buscando a integração mútua de conceitos, pressupondo uma articulação voluntária e coordenada das ações disciplinares orientadas por um interesse comum; transdisciplinaridade: coordenação de todas as disciplinas e interdisciplinas com uma finalidade comum.

Vários teóricos apresentam classificações para esses níveis distintos de abordagem interdisciplinar e retratam as principais formas em que ocorrem essas interações. Heinz Heckhausen (1972 *apud* Fazenda, 1996) categoriza a interdisciplinaridade a partir dos níveis de interação em que ocorrem: interdisciplinaridade heterogênea: esse tipo é dedicado à combinação de programas diferentemente dosados, nos quais é necessário adquirir-se uma visão geral, não aprofundada; pseudointerdisciplinaridade: para realizar a interdisciplinaridade, parte-se do princípio que uma interdisciplinaridade intrínseca poderia estabelecer-se entre as disciplinas que recorrem a mesmos instrumentos e análises; interdisciplinaridade auxiliar: ocorre pela utilização de métodos de outras disciplinas, admitindo-se um nível de integração ao menos teórico; interdisciplinaridade complementar: certas disciplinas aparecem sob os mesmos domínios materiais, juntam-se parcialmente, criando assim relações complementares entre seus respectivos domínios de estudo; interdisciplinaridade unificadora: esse tipo advém de uma coerência muito estreita dos domínios de estudo de duas disciplinas.

A fim de contribuir para o debate, Japiassú (1976) traz uma reestruturação das ideias de Heckhausen na qual se alinham as cinco formas de interdisciplinaridade em apenas duas, simplificando bastante a conformação de olhar para a temática, sem que ocorra prejuízo no escopo das propostas de Heckhausen. Japiassú propõe a interdisciplinaridade linear e a estrutural, sendo que a linear abarcaria as três primeiras formas, e a estrutural, as duas últimas.

A fim de contribuir para o debate, Japiassú (1976) traz uma reestruturação das ideias de Heckhausen na qual se alinham as cinco formas de interdisciplinaridade em apenas duas, simplificando bastante a conformação de olhar para a temática, sem que ocorra prejuízo no escopo das propostas de Heckhausen. Japiassú propõe a interdisciplinaridade linear e a estrutural, sendo que a linear abarcaria as três primeiras formas, e a estrutural, as duas últimas.

Fazenda (1994), em suas publicações voltadas para a organização dos currículos no campo educacional brasileiro, apoia-se nos trabalhos de Japiassú, com utilização das mesmas terminologias, divergindo no que diz respeito à atitude pessoal necessária para atingir a interdisciplinaridade. Essa autora assume a interdisciplinaridade como uma questão de atitude, que se constrói na prática, é uma forma de atingir um conhecimento integrado, superando um saber setorizado, mas ressalta que é necessário um treinamento adequado dos professores para o exercício de uma prática interdisciplinar.

Luck (2003), no que diz respeito à prática interdisciplinar, defende que a interdisciplinaridade é um processo que envolve a integração e o engajamento de educadores, num trabalho conjunto de interação das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade, de modo a superar a fragmentação do ensino. A autora afirma que a interdisciplinaridade é imprescindível para formação integral dos alunos, a fim de que possam exercer criticamente a cidadania, mediante uma visão global de mundo, e para que sejam capazes de enfrentar problemas complexos e amplos da realidade atual.

De acordo com Lopes (2005), a tentativa de um discurso interdisciplinar no ensino médio já é perceptível a partir do momento que os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (PCNEM) acenam com a criação das três áreas de conhecimento (linguagens, códigos e suas tecnologias; ciências da natureza, matemática e suas tecnologias; ciências humanas e suas tecnologias). As áreas foram organizadas por base de uma reunião de conhecimentos que compartilham objetos de estudos, os quais se comunicam facilmente, criando condições para que práticas escolares se desenvolvam numa perspectiva interdisciplinar (Brasil, 1999).

Berti (2007) traz uma investigação acerca dos conceitos de interdisciplinaridade em documentos oficiais da educação (LDB, PCNEM, PCN+, OCNEM) e os compara com as concepções de professores universitários, que trabalham na formação inicial e continuada de professores que atuam na pesquisa em ensino de ciências. Nesse estudo, Berti categorizou as concepções de interdisciplinaridade em: Interdisciplinaridade a partir Do Professor (IDP); e Interdisciplinaridade Entre Professores (IEP). Estas se diferem epistemológica e metodologicamente. A IDP é encontrada nas proposições de Piaget, Jantash, Bianchetti, Bertalanffy e nos documentos PCNEM e PCN+, sendo que, nessa abordagem metodológica, um único professor trabalha a prática interdisciplinar por meio de seu conhecimento de outras disciplinas. Já a IEP é defendida por Gusdorf, Japiassú, Santomé, Fazenda, Machado, Zabala e

nos documentos OCEM de 2004 e 2006, sendo que, nessa abordagem, faz-se necessário uma parceria entre professores de disciplinas diferentes, tornando a prática interdisciplinar mais eficaz.

Esse autor considera o termo interdisciplinaridade como sendo polissêmico, tendo em vista seus inúmeros significados defendidos por teóricos. Ao analisar os artigos que tratam do currículo no ensino fundamental e médio da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), o autor observou que esses trabalhos mencionam a obrigatoriedade do estudo da língua portuguesa, da matemática e do conhecimento do mundo físico, o que sinaliza para a criação das áreas de conhecimento, entendendo a necessidade de integração delas, mas não faz referência explícita à interdisciplinaridade.

Os PCNEM propõem que, na educação básica, o aluno seja capaz de construir um pensamento estruturado, fazendo necessária uma organização curricular numa abordagem contextualizada e interdisciplinar. Existe a orientação para que o aluno do ensino médio possa compreender as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma integrada,

**Os PCNEM propõem que, na educação básica, o aluno seja capaz de construir um pensamento estruturado, fazendo necessária uma organização curricular numa abordagem contextualizada e interdisciplinar. Existe a orientação para que o aluno do ensino médio possa compreender as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma integrada, já que o conhecimento químico isolado é importante, porém insuficiente para o entendimento desse mundo, como é o caso do estudo da hidrosfera, litosfera e biosfera, que dependem das interações entre conhecimentos químicos, físicos, biológicos e geológicos.**

já que o conhecimento químico isolado é importante, porém insuficiente para o entendimento desse mundo, como é o caso do estudo da hidrosfera, litosfera e biosfera, que dependem das interações entre conhecimentos químicos, físicos, biológicos e geológicos. Os PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares também apontam para a necessidade de articulação em função do desenvolvimento de competências. Os PCN+ assumem que as disciplinas devem ser mobilizadas com a intenção de produzir um ensino relacionado com a vivência do educando,

sugerindo uma articulação de saberes por meio de temas estruturadores (Berti, 2007).

Ao analisar como está sendo compreendida a interdisciplinaridade nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCNEM), Berti (2007) observou que esse documento sinaliza a necessidade de articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência. Mostra também a importância do diálogo dos professores com outras disciplinas, relacionando as nomenclaturas e os conceitos de que fazem uso e construindo assim uma cultura científica mais ampla.

Ao final, Berti (2007) destaca que a concepção de IEP foi o que prevaleceu entre a maioria dos professores entrevistados. Para o autor, a proposta interdisciplinar num grupo de professores revela mais do que uma concepção epistemológica, pois mostra uma necessidade de orientação sobre como concretizá-la na prática.

Em relação à interdisciplinaridade na educação, Pombo (2006) afirma que não existe receita de como fazer. A autora afirma que a ID nunca será realizada sem a intervenção dos professores, pois é necessário haver um entrelaçamento de saberes, o que traz ganhos para a escola por haver uma necessidade de transformação na sua estrutura: alteração de currículos, programas, trabalhos, assim como para os alunos, pois em vez de aprenderem um conjunto de matérias isoladas, cuja utilidade não é clara, começam a perceber as relações existentes entre estas.

Concordando com o pensamento de Fazenda (1994) e Pombo (2006), acreditamos que é de suma importância a adoção de práticas interdisciplinares, pois estas são imprescindíveis para formação dos alunos por possibilitar a compreensão global e não fragmentada do conhecimento científico, além de serem capazes de enfrentar problemas complexos da realidade atual. Além disso, esse exercício deve contribuir no repensar das políticas de formação de futuros professores, que devem ser capacitados para reconhecer e aplicar abordagens interdisciplinares.

## Metodologia

Para a realização desta pesquisa, o caminho metodológico foi baseado em três etapas. Na primeira, foi realizado um estudo nos documentos sobre o ENEM e seu processo de institucionalização. Para tal, foram estudados o Documento Básico, a Matriz de Referência e a proposta apresentada à Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (Andifes), todos estes foram encontrados no site do MEC. A segunda consistiu numa revisão na literatura sobre os referenciais teóricos de interdisciplinaridade, tendo como enfoque conhecer os significados atribuídos a esse conceito, consultando documentos e artigos que tratam do tema.

Por fim, foi realizada a seleção e análise das provas do Novo ENEM (2009-2013), utilizando como procedimento a análise textual discursiva com base em Moraes e Galiuzzi (2007). Esse tipo de análise encaminha-se para a organização de quatro etapas: unitarização: desmontagem do texto; categorização: estabelecimento de relações; metatexto: emergência de novas compreensões; auto-organização:

fragmentação do texto. É um método em que o pesquisador se torna o autor das interpretações que constrói dos textos que analisa, sendo, nessa pesquisa, as questões do Novo ENEM os textos analisados.

Devido à interdisciplinaridade ser um conceito polissêmico, como apontado por Berti (2007), possuindo vários entendimentos de acordo com seus níveis de interação entre as disciplinas e ser, na maioria das vezes, apresentado numa perspectiva epistemológica, neste trabalho, buscamos categorizá-la de acordo com o grau de interações entre as disciplinas de química, física e biologia. A partir de uma pré-análise das questões e baseando-se nos referenciais teóricos, foi possível estabelecer duas categorias gerais – as quais são denominadas por Moraes (2003) como sendo categorias A Priori –, que distinguem a presença ou ausência de abordagem interdisciplinar, e suas respectivas subcategorias – denominadas por Moraes (2003) como sendo categorias Emergentes –, que definem o grau das relações entre as disciplinas, como apresentado no Quadro 1.

A Figura 1 traz um esquema da demonstração das etapas metodológicas a partir do emprego da análise textual discursiva nas questões do Novo ENEM. A questão utilizada no esquema refere-se à 73 da prova do ENEM 2012.

## Resultados e análises

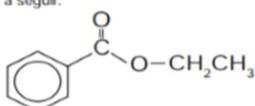
Cada prova do Novo ENEM possui ao todo 180 questões, distribuídas nas quatro áreas do conhecimento, estabelecidas na matriz de referência elaborada pelo INEP (2012) e definidas nesse exame como: linguagens, códigos e suas tecnologias; matemática e suas tecnologias; ciências da natureza e suas tecnologias; ciências humanas e suas tecnologias, correspondendo a 45 questões em cada uma. Os resultados que serão apresentados na sequência correspondem às análises das questões do Novo ENEM, relativos aos anos de 2009 a 2013, totalizando 225 questões pertencentes à área de ciências da natureza e suas tecnologias, das quais foram extraídas 114 questões vinculadas ao conhecimento químico que, de alguma forma, dialogam com as disciplinas de física e biologia. A Figura 2 é um exemplo de questão que não foi selecionada para análise, pois é específica de física.

Quadro 1: Descrição das categorias e subcategorias para análise das questões do Novo ENEM (2009-2013).

Categorias gerais	Subcategoria
<b>1. Questões que necessitam de duas ou mais disciplinas</b> São questões que apresentam de alguma forma uma abordagem interdisciplinar.	<b>1.1. Interdisciplinaridade homogênea (ID homogênea)</b> Foram enquadradas questões em que são utilizados os conhecimentos das diversas disciplinas para explicar um contexto.
	<b>1.2. Interdisciplinaridade heterogênea (ID heterogênea)</b> Nessa subcategoria, estão as questões em que o conhecimento de uma das disciplinas prevalece em relação às demais.
<b>2. Questões que necessitam de apenas uma disciplina</b> São questões que não apresentam uma abordagem interdisciplinar.	<b>2.1. Questão específica de química (QE química)</b>
	<b>2.2. Questão específica de química que traz citações de outras disciplinas (QE química + outras)</b>
	<b>2.3. Questão específica de outras disciplinas que traz citações de conceitos químicos (QE outras + química)</b>

**QUESTÃO 73**

A própolis é um produto natural conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes. Esse material contém mais de 200 compostos identificados até o momento. Dentre eles, alguns são de estrutura simples, como é o caso do  $C_9H_8O_2$ , cuja estrutura está mostrada a seguir.



O ácido carboxílico e o álcool capazes de produzir o éster em apreço por meio da reação de esterificação são, respectivamente,

- A) ácido benzoico e etanol.
- B) ácido propanoico e hexanol.
- C) ácido fenilacético e metanol.
- D) ácido propiônico e ciclohexanol.
- E) ácido acético e álcool benzílico.

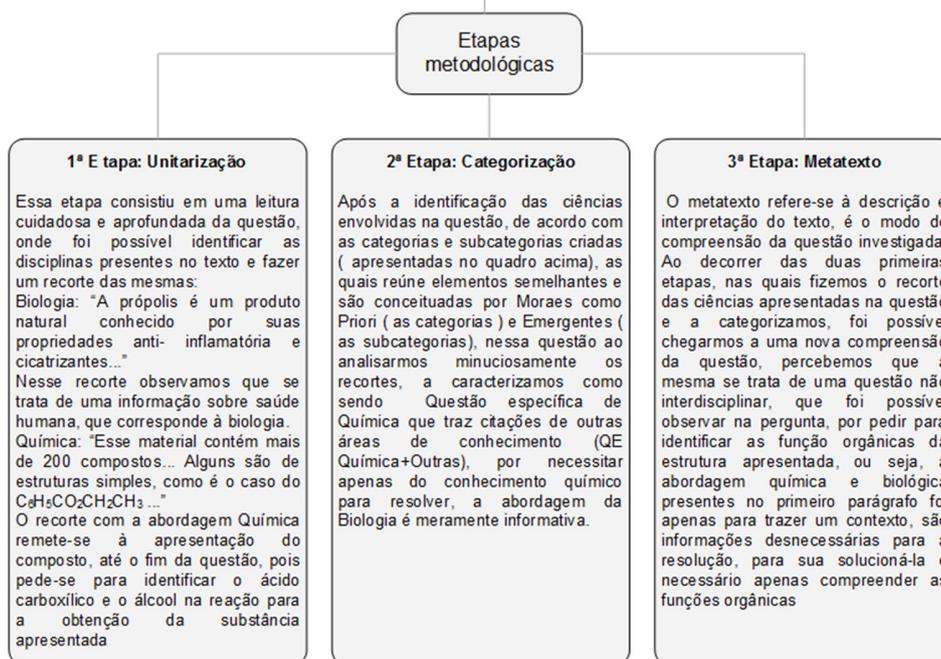


Figura 1: Esquema da demonstração das etapas metodológicas.

Na prova do ENEM correspondente a ciências da natureza e suas tecnologias do ano de 2009, foram selecionadas para análise 24 questões; na de 2010, 29 questões; em 2011, 20 questões; na de 2012, 24 questões; e por fim, 17 questões existentes na de 2013. Vale a pena ressaltar que somente as questões específicas de física e biologia é que foram descartadas da análise, já que nossa intenção é acompanhar as inter-relações destas com a química.

### Questões que necessitam de duas ou mais disciplinas

#### Interdisciplinaridade homogênea (ID homogênea)

Como o nome adotado para essa subcategoria já propõe, esta corresponde às questões que trazem um grau de conhecimento semelhante entre as disciplinas envolvidas na área de ciências da natureza e suas tecnologias, trazendo aspectos de química e biologia, física e química ou uma interligação dessas três disciplinas, sem exercer domínio de uma sobre a outra, em que é necessário um conhecimento recíproco dessas ciências para resolver as questões.

Dentre as questões que pertencem a essa subcategoria, destacamos a 21 da prova de 2009 (Figura 3).

A questão aborda uma aplicação médica, chamada iontoforese, em que, para o entendimento de como é feita a introdução dos fármacos (moléculas) no tecido humano, é indispensável um conhecimento biológico por conta da formação de poros na pele do paciente (destacado de azul); de química (destacado de amarelo), na compreensão da natureza das moléculas, incluindo suas polaridades; e de Física (destacado de rosa), por empregar o uso de correntes elétricas que transportarão o medicamento. É percebido um envolvimento de complementação dessas ciências para sua resolução, podendo assim ser classificada como apresentando ID homogênea.

Além dessa questão, outros bons exemplos de ID homogênea são as questões 59 do ENEM 2009 e 60 do ENEM 2011, ambas tratam de aspectos ambientais, havendo uma relação entre a química e a biologia tanto no enunciado quanto nas alternativas de resposta.

#### Interdisciplinaridade heterogênea (ID heterogênea)

Nessa classificação de interdisciplinaridade, apresentam-se as questões em que o conhecimento de uma das disciplinas prevalece em relação às demais. As questões que constituem essa subcategoria adotam, no enunciado,



### Questão 62

Um ambiente capaz de asfixiar todos os animais conhecidos do planeta foi colonizado por pelo menos três espécies diferentes de invertebrados marinhos. Descobertos a mais de 3 000 m de profundidade no Mediterrâneo, eles são os primeiros membros do reino animal a prosperar mesmo diante da ausência total de oxigênio. Até agora, achava-se que só bactérias pudessem ter esse estilo de vida. Não admira que os bichos pertençam a um grupo pouco conhecido, o dos loricíferos, que mal chegam a 1,0 mm. Apesar do tamanho, possuem cabeça, boca, sistema digestivo e uma carapaça. **A adaptação dos bichos à vida no**

**sufoco é tão profunda que suas células dispensaram as chamadas mitocôndrias.**

LOPES, R. J. Italianos descobrem animal que vive em água sem oxigênio. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br>. Acesso em: 10 abr. 2010 (adaptado).

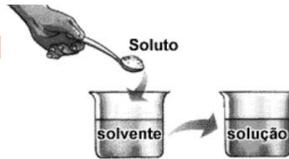
**Que substâncias poderiam ter a mesma função do O<sub>2</sub> na respiração celular realizada pelos loricíferos?**

- A S e CH<sub>4</sub>
- B S e NO<sub>3</sub>
- C H<sub>2</sub> e NO<sub>3</sub>
- D CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>
- E H<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>

Figura 4: Representação da questão 62 da prova do ENEM de 2010.

### Questão 81

Ao colocar um pouco de açúcar na água e mexer até a obtenção de uma só fase, prepara-se uma solução. O mesmo acontece ao se adicionar um pouquinho de sal à água e misturar bem. Uma substância capaz de dissolver o soluto é denominada solvente; por exemplo, a água é um solvente para o açúcar, para o sal e para várias outras substâncias. A figura a seguir ilustra essa citação.



Disponível em: [www.sobiologia.com.br](http://www.sobiologia.com.br). Acesso em: 27 abr. 2010.

Suponha que uma pessoa, para adoçar seu cafezinho, tenha utilizado 3,42 g de sacarose (massa molar igual a 342 g/mol) para uma xícara de 50 ml do líquido. Qual é a concentração final, em mol/l, de sacarose nesse cafezinho?

- A 0,02
- B 0,2
- C 2
- D 200
- E 2000

Figura 5: Representação da questão 81 da prova do ENEM de 2010.

mas seu enunciado discorre sobre importantes processos biológicos, usados apenas para trazer um contexto ao problema proposto. Por se fazer necessário um cálculo matemático, pode também ser considerada como pseudointerdisciplinaridade de Heckhausen.

118

Como observado nos destaques da questão 68 (Figura 6), toda a discussão sobre respiração e fotossíntese aparece apenas com a finalidade de apresentar a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), mas a resolução do cálculo proposto depende unicamente de uma definição química para DBO. Por essa razão, a questão foi classificada nessa subcategoria.

*Questão específica de outras disciplinas que traz citações de conceitos químicos (QE outras + química)*

Essa subcategoria tem como objetivo trazer as questões de outras disciplinas (biologia e física), que trazem no enunciado algum aspecto da química, sendo que são questões específicas e não se faz uso do conhecimento químico para solucioná-la. A questão 47 da prova de 2010 é um exemplo dessa subcategoria (Figura 7).

A questão 47 traz alguns aspectos químicos no enunciado como o emprego do estanho (elemento químico) na construção de fusíveis por apresentar baixo ponto de fusão, mas é específica de física, pois, para sua resolução, requer apenas um cálculo de potência elétrica e associação de dispositivos.

### Evolução da abordagem da interdisciplinaridade no Novo ENEM

Após uma cuidadosa análise das 114 questões selecionadas nas provas do Novo ENEM, que estão vinculadas ao conhecimento químico e sua classificação de acordo com as categorias e subcategorias estabelecidas nesse trabalho (Quadro 1), realizamos uma distribuição percentual desses dados e apresentamos um comparativo dos cinco anos de provas (Quadro 2).

Para melhor visualização desses resultados, colocamos os percentuais em gráficos. No Gráfico 1, temos o comparativo das categorias 1 e 2.

### Questão 68

Todos os organismos necessitam de água e grande parte deles vive em rios, lagos e oceanos. Os processos biológicos, como respiração e fotossíntese, exercem profunda influência na química das águas naturais em todo o planeta. O oxigênio é ator dominante na química e na bioquímica da hidrosfera. Devido a sua baixa solubilidade em água (9,0 mg/l a 20°C) a disponibilidade de oxigênio nos ecossistemas aquáticos estabelece o limite entre a vida aeróbica e anaeróbica. Nesse contexto, um parâmetro chamado Demanda Bioquímica

de Oxigênio (DBO) foi definido para medir a quantidade de matéria orgânica presente em um sistema hídrico. A DBO corresponde à massa de O<sub>2</sub> em miligramas necessária para realizar a oxidação total do carbono orgânico em um litro de água.

BAIRD, C. Química Ambiental. Ed. Bookmam, 2005 (adaptado).

Dados: Massas molares em g/mol: C = 12; H = 1; O = 16. Suponha que 10 mg de açúcar (fórmula mínima CH<sub>2</sub>O e massa molar igual a 30 g/mol) são dissolvidos em um

litro de água; em quanto a DBO será aumentada?

- A 0,4 mg de O<sub>2</sub>/litro
- B 1,7 mg de O<sub>2</sub>/litro
- C 2,7 mg de O<sub>2</sub>/litro
- D 9,4 mg de O<sub>2</sub>/litro
- E 10,7 mg de O<sub>2</sub>/litro

Figura 6: Representação da questão 68 da prova do ENEM de 2010.

### Questão 47

Todo carro possui uma caixa de fusíveis, que são utilizados para proteção dos circuitos elétricos. Os fusíveis são constituídos de um material de baixo ponto de fusão, como o estanho, por exemplo, e se fundem quando percorridos por uma corrente elétrica igual ou maior do que aquela que são capazes de suportar. O quadro a seguir mostra uma série de fusíveis e os valores de corrente por eles suportados.

Fusível	Corrente Elétrica (A)
Azul	1,5
Amarelo	2,5
Laranja	5,0
Preto	7,5
Vermelho	10,0

Um farol usa uma lâmpada de gás halogênio de 55 W de potência que opera com 36 V. Os dois faróis são ligados separadamente, com um fusível para cada um,

mas, após um mau funcionamento, o motorista passou a conectá-los em paralelo, usando apenas um fusível. Dessa forma, admitindo-se que a fiação suporte a carga dos dois faróis, o menor valor de fusível adequado para proteção desse novo circuito é o

- A azul.
- B preto.
- C laranja.
- D amarelo.
- E vermelho.

Figura 7: Representação da questão 47 da prova do ENEM de 2010.

Quadro 2: Distribuição percentual das categorias e suas respectivas subcategorias ano a ano. Legenda das subcategorias: 1.1. ID homogênea; 1.2. ID heterogênea; 2.1. Questão específica de química (QE química); 2.2. Questão específica de química que traz citações de outras disciplinas (QE química + outras); 2.3. Questão específica de outras disciplinas que traz citações de conceitos químicos (QE outras + química).

Ano do ENEM	Categoria 1: Questões que necessitam de duas ou mais disciplinas			Categoria 2: Questões que necessitam de apenas uma disciplina			
	Subcategorias		Totais da categoria 1	Subcategorias			Totais da categoria 2
	1.1	1.2		2.1	2.2	2.3	
2009	29,5 %	20,5 %	50,0 %	33,5%	0,0%	16,5%	50,0 %
2010	17,2 %	17,0 %	34,2 %	31,0 %	21,0 %	13,8%	65,8 %
2011	25,0 %	15,0 %	40,0 %	30,0 %	25,0 %	5,0 %	60,0 %
2012	21,0 %	12,0 %	33,0 %	46,0 %	21,0 %	0,0%	67,0 %
2013	6,0 %	6,0 %	12,0 %	76,0 %	12,0%	0,0 %	88,0%
Médias das 114 questões avaliadas	23,0 %	16,0 %	39,0 %	35,0 %	17,0 %	9,0 %	61,0 %

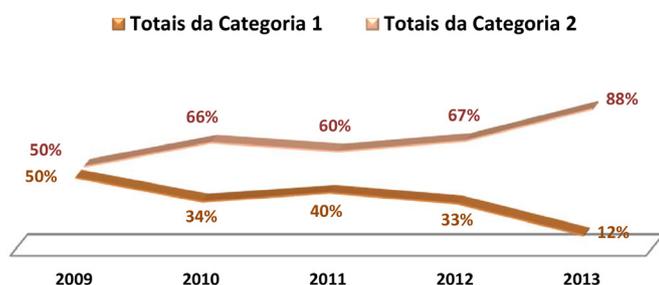


Gráfico 1: Comparativo percentual ano a ano das categorias: 1. Questões que necessitam de duas ou mais disciplinas; 2. Questões que necessitam de apenas uma disciplina.

Nesse primeiro gráfico, podemos observar que, na primeira prova da reformulação do ENEM, na de 2009, os elaboradores do exame fizeram uso de mais questões interdisciplinares se comparada aos anos seguintes. Mesmo assim, em nenhum dos anos do Novo ENEM, as questões que apresentam aspectos interdisciplinares prevaleceram como pode ser visto na comparação com o Total Categoria 2. Isso demonstra que, apesar dos objetivos do Novo ENEM e da orientação da matriz de referência, ainda é necessário uma maior atenção na formulação das provas no tocante ao emprego adequado da interdisciplinaridade. Principalmente porque, por meio da análise da evolução da interdisciplinaridade ano a ano, tem ocorrido um decréscimo considerável em seu emprego.

O Gráfico 2 traz um comparativo das questões interdisciplinares (ID homogênea e ID heterogênea) nos cinco anos de prova analisados.

Ao analisar o gráfico, podemos observar que as questões de ID homogênea prevaleceram sobre as de ID heterogênea, com exceção do ano de 2010 em que as duas subcategorias obtiveram percentuais muito próximos. Em relação à análise dessas questões, foi notório que, nos cinco anos de exame, quase todas as questões de caráter interdisciplinar remetem à interação entre química e biologia, principalmente no que se diz respeito ao meio ambiente e à bioquímica. No Gráfico 3,

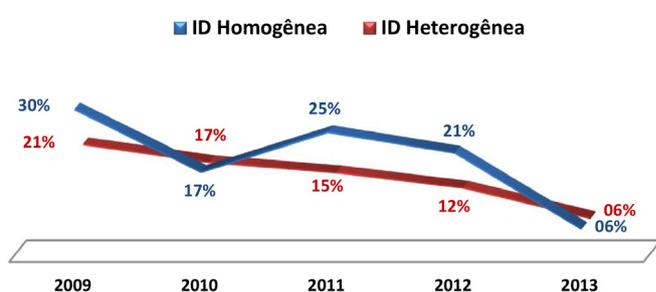


Gráfico 2: Comparativo percentual ano a ano das subcategorias: 1.1. ID homogênea; 1.2. ID heterogênea.

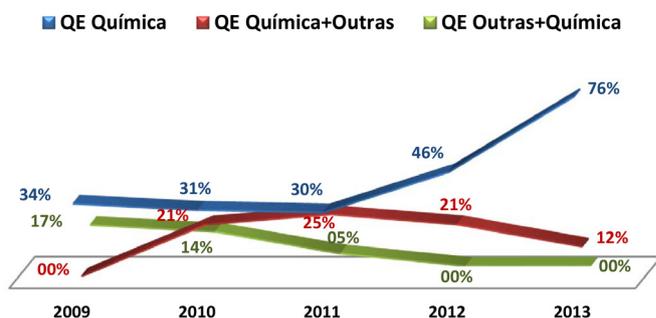


Gráfico 3: Comparativo percentual ano a ano das subcategorias 2.1. Questão específica de Química (QE Química); 2.2. Questão específica de química que traz citações de outras disciplinas (QE química + outras); 2.3. Questão específica de outras áreas de conhecimento que traz citações de conceitos químicos (QE outras + química).

encontra-se o comparativo das subcategorias de questões que necessitam de apenas uma disciplina.

Ao fazer uma análise dos dados do Gráfico 3, constatamos que, entre as subcategorias, as questões mais presentes são as QE Química. Notamos também que no decorrer dos anos, as questões específicas que não abordam nenhum tipo de ligação com outras disciplinas estão aumentando significativamente, fazendo com que haja menos questões com abordagem interdisciplinar.

## Conclusão e considerações finais

A partir da análise realizada, pode-se verificar que embora no ano de 2009 exista uma maior ocorrência de questões com alguma perspectiva interdisciplinar, homogênea ou heterogênea, em todas as edições analisadas, as questões específicas de química prevaleceram e, com o passar dos anos, o número de questões com abordagem interdisciplinar tem diminuído consideravelmente.

Ao analisar a interdisciplinaridade, a partir do nível de interações entre as disciplinas de química, física e biologia, de acordo com as classificações que foram criadas neste trabalho (ID homogênea e ID heterogênea), notamos que, no exame, as questões referentes a essa inter-relação entre as disciplinas, em sua maioria, traz a interdisciplinaridade em uma perspectiva homogênea (23% na média dos 5 anos estudados), o que denota uma interdisciplinaridade mais efetiva. Em contrapartida, observam-se questões com uma perspectiva interdisciplinar heterogênea (16% na média dos 5 anos estudados), podendo ser considerada ainda como pluridisciplinaridade.

Dessa forma, apesar de as questões específicas dominarem as provas do Novo ENEM (61% na média dos 5 anos estudados), as que podem ser classificadas como interdisciplinares (39% na média) apresentam uma prevalência da perspectiva homogênea, o que vai ao encontro do que os pesquisadores defendem.

No que concerne à estrutura e aos objetivos do ENEM, a proposta de trazer articulação das disciplinas por áreas do conhecimento é salutar, embora se tenha verificado em

nossos estudos que muitas questões trazem as disciplinas separadamente, sendo notável a grande quantidade de questões que sequer foram selecionadas (111 questões de um total de 225), o que nos indica que, embora exista a pretensão do ENEM em adotar uma abordagem interdisciplinar, essa perspectiva ainda carece de avanços.

Em relação às questões com características interdisciplinares, percebemos que elas trazem problemáticas com contextos do cotidiano, nos quais é necessário o entendimento de mais de uma disciplina para resolvê-las, sinalizando que são necessárias propostas de ensino que façam com que os alunos desenvolvam essas habilidades e competências. Para tal, é importante a compreensão dos professores de química, assim como de todas as áreas, sobre a realização de práticas de ensino interdisciplinares que carregam um grande potencial para o oferecimento de uma educação que possibilita a formação de indivíduos críticos e participativos na sociedade.

Por fim, acreditamos que o presente trabalho pode servir como subsídio para, além da reflexão sobre o papel e a realidade do ENEM, um melhor entendimento do conceito da interdisciplinaridade.

---

**Élvia Shaynan da Conceição Costa** (shaynan\_costa@hotmail.com) é licenciada em Química pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Diadema, SP – BR. **Marcelo Leite dos Santos** (mleitesantos@hotmail.com), licenciado e mestre em Química (UFS), é doutor em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas. Itabaiana, SE – BR. **Erivanildo Lopes da Silva** (erivanildolopes@gmail.com), licenciado em Química pela UNIFIEO, mestre em Ensino de Ciências modalidade Química pela USP, é doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela UFBA. Itabaiana, SE – BR.

120

## Referências

BERTI, B.P. *Interdisciplinaridade: um conceito polissêmico*. 2007. 235 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências)- Universidade de São Paulo, Instituto de Química, São Paulo, 2007.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.

FAZENDA, I.C.A. *Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia?* 4. ed. São Paulo: Loyola, 1996.

\_\_\_\_\_. *Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa*. São Paulo: Papiros, 1994.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Matriz de Referência ENEM*. Brasília, 2012. Disponível em: < [http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/downloads/2012/matriz\\_referencia\\_enem.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf)>. Acessado em: 20 set 2013.

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

LOPES, A.C. Discursos curriculares na disciplina escolar

química. *Ciências e Educação*, v. 11, n. 2, p. 263-278, 2005.

LUCK, H. *Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos*. 11. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2003.

MACENO, N.G.; PEREIRA, J.R.; MALDANER, O.A.; GUIMARÃES, O.M. A matriz de referência do ENEM 2009 e o desafio de recriar o currículo de química na educação básica. *Química Nova na Escola*. v. 33, n. 3, p. 153-159, 2011.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Revista Ciência e Educação*, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M.C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Unijuí, 2007.

POMBO, O. Práticas interdisciplinares. *Sociologias*, n. 15, p. 208-249, 2006.

SANTOS, J.A.; CORTES JR., L.P.; BEJARANO, N.R.R. A Interdisciplinaridade no Ensino de Química: uma análise dos artigos publicados na revista Química Nova na Escola entre 1995 e 2010. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8., 2011, Campinas. *Anais...* Campinas: ABRAPPEC, 2011.

**Abstract:** *Approach to Chemistry in the New ENEM: an analysis about Interdisciplinarity.* The aim of this work is to analyze possible comprehensions about interdisciplinarity found on Chemistry questions in the New ENEM (2009-2013). Official documents of ENEM were studied beyond questions of this exam. Several bibliographic references concerning interdisciplinarity were also employed in the present study, such setting-up allowed to classify the Chemistry questions. As result of the proposed analysis we have verified that specific questions are prevalent in the New ENEM. In the interdisciplinary context, the majority are questions which present a homogeneous perspective, corresponding to the highest degree of interaction, but are also found a relevant number of questions with a heterogeneous perspective, in which occurs just a juxtaposition of disciplines, better qualified as pluridisciplinarity.

**Keywords:** Interdisciplinary, New ENEM, Chemistry Teaching.



## Anotações a Experimentação e Literatura: Contribuições para a Formação de Professores de Química

Wilhelm Martin Wallau e Fabio A. Sangiogo

O artigo *Experimentação e literatura: contribuições para a formação de professores de química* de Gonçalves (2014), publicado recentemente nesta revista, utiliza a obra *A tabela periódica*, de Primo Levi, como exemplo de uso de obras literárias no ensino de química. Um dos pontos de sua análise é o trecho em que descreve um incêndio causado pelo tratamento inadequado de resíduos de potássio gerados em um experimento. A explicação dada para esses acontecimentos se fundamenta basicamente na analogia familiar de sódio e potássio. Com as anotações aqui apresentadas, tenta-se descrever as diferenças na química de sódio e potássio que também poderiam ser a causa do acidente relatado por Levi. Isso não indica apenas um exemplo para o estímulo produtivo acerca do que a literatura pode contribuir para o processo de aprendizagem e pesquisa na química, mas também um alerta para os perigos particulares no tratamento do potássio.

► literatura, ensino de química, química de metais alcalinos, segurança no laboratório ◀

Recebido em 13/06/2014, aceito em 26/01/2015

121

### O potássio em *A tabela periódica* de Primo Levi

Em recente artigo, Gonçalves (2014) discute o uso da literatura no ensino de química, utilizando como exemplo o livro *A tabela periódica*, de Primo Levi (2001). Um dos pontos da análise é um trecho do capítulo intitulado *Potássio*, em que descreve “a promoção de um experimento na graduação em química”, levando ao início de um incêndio, a fim de suscitar “reflexões sobre o papel do erro nas atividades experimentais para a aprendizagem discente” (Gonçalves, 2014, p. 95). Em sua conclusão, sugere que “o formador pode discutir conhecimentos químicos com os alunos como a afirmação de que é de conhecimento de todos que o potássio em contato com a água não só libera hidrogênio, mas também se inflama. Quem se inflama, de fato é o gás hidrogênio liberado na reação, assim como na reação análoga do sódio metálico com água” (p. 96). Com essa afirmação, baseada em uma (suposta) analogia entre sódio e potássio, o autor abarreira o acesso no nível filosófico-moral presente na obra de Levi (2001, p. 65), como é descrito, por exemplo, por Hoveyda (2004), e cai na armadilha já apontada por Levi que, do episódio narrado, concluiu: “*Eu pensava numa outra moral, mais terrena e concreta, e creio que todo químico militante poderá confirmá-la: que é preciso desconfiar do quase-igual (o sódio é quase igual ao potássio: mas com o sódio não*

*teria acontecido nada), do praticamente idêntico, do mais ou menos, do ‘ou seja’, de todos os sucedâneos e de todos os remendos. As diferenças podem ser pequenas e levar a consequências radicalmente divergentes, como as agulhas das linhas de ferro; em boa medida, o ofício do químico consiste em defender-se destas diferenças, conhecê-las de perto, prever-lhes os efeitos. Não só o ofício do químico”.*

Por outro lado, um dos autores dessas anotações também caiu, no primeiro momento, na armadilha de julgar o texto de Levi baseado na analogia familiar dos metais alcalinos ao acreditar que o acidente narrado era resultado da reação de potássio finamente dispersado no balão com água, seguido da ignição do gás hidrogênio formado, o qual inflamava o vapor de benzeno no balão. Uma vaga lembrança de sua época de estudante, mas que gerou dúvidas na afirmação de Levi (2001, p. 65) quando diz que “*com o sódio não teria acontecido nada*”. Quem já trabalhou com suspensões de sódio, por exemplo, na redução Bouveult-Blanc de ésteres ou nitrilas (Autorenkollektiv, 1976), sabe que, nesse caso, deve-se tomar cuidado dobrado, uma vez que tais suspensões se podem revelar como piróforo<sup>1</sup> (Urban, 1999). Levi (2001, p. 64) tinha tirado, aparentemente, todo o potássio metálico do balão, mas ele mesmo identificou como: “*O culpado [...] um minúsculo fragmento de potássio, o bastante para reagir com a água que eu havia jogado e incendiar os vapores de*

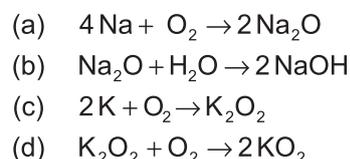
benzeno”. Então, surgiu a pergunta: Fragmentos de sódio finamente dispersado não podem causar um incidente semelhante? Disso, iniciou-se uma pesquisa bibliográfica sobre as propriedades químicas de sódio e potássio, cujo resultado é descrito abaixo.

Além disso e considerando o consenso de que a experimentação se constitui em um poderoso recurso didático para o ensino de ciências/química (Lobo, 2012), este trabalho busca valorizar o potencial da literatura para problematizações de atividades que envolvam o trabalho experimental, a exemplo de reflexões desenvolvidas em Gonçalves (2014) e Osório et al. (2007) sobre situações que podem emergir da leitura da obra do Primo Levi, como o caso do episódio que narra o incêndio realizado no laboratório quanto à manipulação do potássio. Para que esse potencial seja mais plenamente aproveitado pelos educadores, pretende-se também detalhar os fenômenos químicos que podem ter exercido um papel determinante no acidente relatado por Levi e alertar para os perigos particulares envolvendo o trabalho experimental com potássio.

### A química (perigosa) do potássio

Embora sete décadas após o incidente seja impossível reconstruir o decurso dos acontecimentos baseados somente no relato fragmentário de Levi (2001), outros fatores, além da inflamação do “gás hidrogênio liberado na reação, assim como na reação análoga do sódio metálico com água” (Gonçalves, 2014, p. 96), podem e devem ter contribuído para o incidente. É indiscutível que o potássio seja, sem exceção, mais perigoso que o sódio (Urban, 1999), mas essa periculosidade aumentada não se deve apenas à maior reatividade do potássio em relação ao sódio, mas também a suas propriedades físicas e químicas diferentes. Ambos os metais sofrem oxidação em ar úmido, sendo armazenados sob um líquido orgânico protetor como éter de petróleo (benzina) ou óleo de parafina. Essa medida não inibe completamente a difusão do gás oxigênio e de umidade pelo recipiente e o líquido protetor. Com isso, observa-se conseqüentemente a formação de uma crosta cinza-marrom na superfície de sódio (Natrium em Gestis-Stoffdatenbank) e cinza-branca, amarelada ou avermelhada na superfície de potássio (Brock et al., 1998). Seguindo agora o conceito “do quase-igual” (Levi, 2001, p. 65) ou a “análogo do sódio metálico” (Gonçalves 2014, p. 96), a única diferença esperada seria uma oxidação mais rápida do potássio. Na realidade, há uma diferença qualitativa e não somente quantitativa na oxidação do sódio e do potássio. Enquanto os principais produtos de oxidação do sódio são,

segundo Wiberg (2007), óxido ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) e hidróxido ( $\text{NaOH}$ ) de sódio (Esquema 1a e b), a oxidação de potássio leva à formação do respectivo peróxido (Esquema 1c), o qual reage com gás oxigênio, formando o respectivo superóxido (Esquema 1d) (Wiberg, 2007; Brock et al., 1998). No entanto, Wiberg (2007) sugere que se deveria usar o nome hiperóxido e não o termo obsoleto superóxido, embora nos utilizemos dessa denominação mais comum para evitar confundir o leitor. É óbvio que um hidrocarboneto facilmente oxidável, como aqueles utilizados como líquido protetor, reage sem problemas com os oxidantes fortes (per- e superóxido) presentes na crosta do potássio (Brock et al., 1998).



Esquema 1: Oxidação de sódio e potássio em ar úmido.

O estado do potássio utilizado por Levi (2001) nos anos 40, do século XX, durante seu trabalho na Universidade de Turim, pode ser facilmente imaginado ao lermos sua descrição de como ele chegou a usá-lo em substituição ao sódio prescrito: “*Revirei inutilmente os desvãos do Instituto: encontrei dúzias de ampolas etiquetadas, centenas de compostos abstrusos, outros vagos sedimentos anônimos aparentemente não tocados há gerações, mas sódio nada. Encontrei, porém um pequeno frasco de potássio: o potássio é irmão gêmeo do sódio, por isso me apropriei dele e voltei à minha ermida*” (p. 63). Considerando as condições obviamente precárias no Instituto, é provável que o potássio utilizado por Levi contivesse quantidades consideráveis de per- e superóxido de potássio, tornando-o extremamente perigoso, uma vez que tais produtos podem oxidar o metal

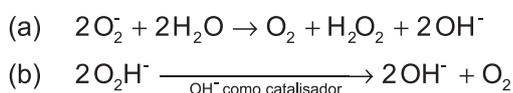
[...] considerando o consenso de que a experimentação se constitui em um poderoso recurso didático para o ensino de ciências/química (Lobo, 2012), este trabalho busca valorizar o potencial da literatura para problematizações de atividades que envolvam o trabalho experimental, a exemplo de reflexões desenvolvidas em Gonçalves (2014) e Osório et al. (2007) sobre situações que podem emergir da leitura da obra do Primo Levi, como o caso do episódio que narra o incêndio realizado no laboratório quanto à manipulação do potássio.

abaixo da crosta, formar peróxidos orgânicos com o hidrocarboneto ou adsorver água que subsequentemente reage com o metal (Brock et al., 1998). A presença dos per- e superóxidos na crosta do potássio remete ao perigo de que uma leve pressão mecânica inicie uma explosão ou incêndio. Brock et al. (1998) citam um caso documentado em 1926, quando um professor de química tentou retirar do recipiente um pequeno pedaço de potássio, submerso em éter de petróleo, enfiando uma faca no metal oxidado superficialmente. Esse procedimento resultou em uma explosão causando graves ferimentos pela benzina, queimando, lançando cacos de vidro e pedaços de metal, o que obrigou o professor a se afastar do trabalho por vários meses. A causa dessa explosão foi, provavelmente, a

interação de traços de compostos orgânicos com a crosta superficial de superóxido, sendo iniciada pela pressão da lâmina (Urban, 1999).

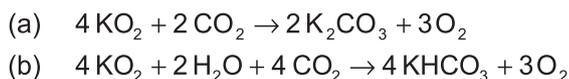
Por outro lado, o superóxido desproporciona em contato com a água, segundo Esquema 2a (Wiberg, 2007), formando gás oxigênio e peróxido de hidrogênio, o qual também libera gás oxigênio pelo desproporcionamento catalisado por superfícies ásperas, partículas de poeira ou ânions como OH<sup>-</sup> (Esquema 2b).

Assim, a reação violenta que Levi iniciou ao adicionar água ao balão aparentemente vazio não se deve, exclusivamente, à provável formação de gás hidrogênio e sua inflamação, mas também à formação de gás oxigênio pelo desproporcionamento (Esquema 2) de super- e peróxido de potássio introduzido ao experimento pela crosta do potássio utilizado. Esse gás oxigênio, por si mesmo, poderia incendiar o vapor de benzeno presente no balão ou facilitar a ignição do gás hidrogênio formado pela reação de possíveis traços de potássio metálico com a água adicionada.



Esquema 2: Formação de oxigênio pelo desproporcionamento de superóxido e peróxido.

Além disso, a decomposição iniciada por água (Esquema 2) do per- e superóxido de potássio na superfície do metal aumenta a velocidade da oxidação, de maneira que ela possa levar, em ar úmido, à fusão ou ignição do próprio metal (Urban, 1999) que, com o ar, diferentemente do sódio, forma uma mistura explosiva (Kalium em Gestis-Stoffdatenbank). Ou seja, pelo menos hipoteticamente, o incidente descrito por Levi poderia ter sua causa também na inflamação do próprio metal. O fato de o superóxido de potássio liberar na presença de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de água (H<sub>2</sub>O) o oxigênio molecular (Esquema 3) é amplamente utilizado para a regeneração do ar em dispositivos de respiração (Wiberg, 2007).



Esquema 3: Regeneração de ar pela reação de superóxido de potássio com CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O.

Provavelmente o químico Levi não era consciente de todas as diferenças aqui apontadas na química de sódio e potássio quando ele compôs sua conclusão (Levi, 2001, p. 65): “As diferenças podem ser pequenas e levar a conseqüências radicalmente divergentes [...]”. Mesmo assim, é admirável como o escritor usa o incidente para construir uma metáfora

Quando se usa um líquido protetor, o recipiente deve ser preenchido por completo com este ou, então, o volume de gás acima do líquido deve ser preenchido com argônio. Essas medidas evitam o contato direto do líquido com o gás oxigênio no ar, desacelerando sua difusão. O corte do metal para obter porções menores também deve ser realizado completamente abaixo de um líquido ou sob atmosfera protetora (Brock et al., 1998).

frente à precariedade da vida em um mundo de aproximações, apontando a importância fundamental das diferenças tênues como a conexão entre as artes e as ciências (Hoveyda, 2004), abrindo, assim, a possibilidade de interpretar tanto o texto literário como o fenômeno químico em diversos níveis. A presente análise do fenômeno químico indica que o potencial do uso da literatura no ensino de química não se limita à mera coleção de

anedotas, mas serve como estímulo para investigar (interpretar) profundamente as possibilidades que poderiam ter levado aos acontecimentos descritos, evitando conclusões precipitadas baseadas somente no “quase-igual [...] do praticamente idêntico, do mais ou menos, do ‘ou seja’ [...]” (Levi, 2001, p. 65).

### Trabalho seguro com potássio

Para retardar a oxidação do potássio, este deve ser guardado sempre sob um líquido protetor como, por exemplo, éter de petróleo, ou melhor, no vácuo ou sob uma atmosfera de argônio, uma vez que líquidos orgânicos podem reagir com os per- e superóxidos formados pela oxidação do metal (Brock et al., 1998). Quando se usa um líquido protetor, o recipiente deve ser preenchido por completo com este ou, então, o volume de gás acima do líquido deve ser preenchido com argônio. Essas medidas evitam o contato direto do líquido com o gás oxigênio no ar, desacelerando sua difusão. O corte do metal para obter porções menores também deve ser realizado completamente abaixo de um líquido ou sob atmosfera protetora (Brock et al., 1998).

Devido à possibilidade de ignição ou explosão pelo contato sob pressão de compostos orgânicos com a crosta de per- e superóxido de potássio, Brock et al. (1998) alertam insistentemente para não retirar pedaços de potássio do recipiente, caso demonstrem incrustações amareladas ou avermelhadas, os quais indicam a formação de per- e superóxidos. Não se deve tentar cortar também as crostas ou fundir o metal com o intuito de separá-lo dos produtos de oxidação (Brock et al., 1998). Segundo Wiberg (2007), a tendência para a formação de per- e superóxidos aumenta nos metais alcalinos com o peso atômico e, portanto, os perigos aqui apontados para o potássio são maiores para o rubídio e o célio, os quais, em contato com ar, apresentam autoignição e explosão, respectivamente (Rubidium e Cäsium em Gestis-Stoffdatenbank).

Além das diferenças químicas entre sódio e potássio apontadas, as diferentes propriedades físicas podem ter contribuído para o incêndio dos vapores de benzeno. Na preparação de suspensões de sódio, este é agitado em tolueno em ebulição ( $P_e = 110,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ) (Autorenkollektiv, 1976). Nessa condição, ocorre fusão do sódio ( $P_f = 97,82 \text{ }^\circ\text{C}$ ) (Wiberg,

2007), permitindo sua dispersão no líquido. Como o benzeno entra em ebulição já em 80,1 °C, o sódio não se funde durante a destilação e, assim, sua dispersão é altamente improvável. Por outro lado, o ponto de fusão de potássio é de somente 63,60 °C (Wiberg, 2007), ou seja, funde-se durante a destilação do benzeno, o que pode resultar em sua dispersão e, assim, na formação do “*culpado [...] um minúsculo fragmento de potássio [aderente ao vidro do balão]*” (Levi, 2001, p. 64). Que a fusão do metal, durante a destilação, poderia ter contribuído para o acidente, isso deve ser considerado quando se usa, em vez de benzeno, solvente tolueno, seguindo o conceito “*do quase-igual [...] do praticamente idêntico, do mais ou menos, do ‘ou seja’ [...]*” (Levi, 2001, p. 65), conforme se recomenda devido à mutagenicidade e carcinogenicidade do primeiro, mas que, por causa do seu ponto de ebulição estar acima do ponto de fusão do sódio, isso permite a dispersão do metal.

Nesse contexto, pode-se também investigar se o texto, muitas vezes irônico, de Levi é, como aponta Gonçalves (2014, p. 96), “*um contraexemplo a respeito de como se deve proceder em torno dos resíduos gerados em um experimento*”. É preciso levar em consideração aqui que, com um aumento da quantidade de produtos de oxidação no potássio, seu comportamento se torna cada vez mais errático (Brock et al., 1998), dificultando, assim, seu tratamento seguro. De acordo com as regras de trabalho seguro, o estudante Levi deveria ter tratado o balão primeiramente com um álcool de elevada massa molecular, de preferência *terc*-butanol, para destruir, de forma segura, eventuais traços do metal dispersados na superfície (Urben, 1999; Autorenkollektiv, 1976). No entanto, o potássio, uma vez contendo quantidades consideráveis de per- e superóxido, não pode ser destruído seguramente por esse procedimento (Brock, 1998). Portanto, não se pode saber com certeza se o incidente realmente poderia ter sido evitado se fosse usado o método geral recomendado (Autorenkollektiv, 1976) para o tratamento dos resíduos de potássio. Por isso, os experimentadores são geralmente alertados para prepararem-se adequadamente, por exemplo, tendo à mão uma chapa de um material não inflamável (e.g. amianto, ou melhor, um substituto de menor periculosidade) para tapar o recipiente, caso o álcool se inflame durante a destruição do potássio. Ao considerar o exposto, pode-se questionar o modo como Levi (2001, p. 63) tratou “*a ‘meia ervilha’ de potássio*” utilizado no experimento: “*como uma relíquia sagrada; [depositando]-a num pedaço enxuto de papel filtro, [fazendo] um pequeno embrulho, [descendo] para o pátio do Instituto, [escavando] uma minúscula sepultura e nela [enterrando] o pequeno cadáver endemoninhado*”. Embora esse destino do potássio parecesse, à primeira vista, mais que estranho, ele encontra sua correspondência em um método sugerido para a disposição de potássio em escala intermediária, no qual se

De acordo com as regras de trabalho seguro, o estudante Levi deveria ter tratado o balão primeiramente com um álcool de elevada massa molecular, de preferência *terc*-butanol, para destruir, de forma segura, eventuais traços do metal dispersados na superfície (Urben, 1999; Autorenkollektiv, 1976).

soltam blocos de 30 g em um buraco com uma área de 0,8 m<sup>2</sup> e uma profundidade de 2 m, possuindo no fundo água até uma altura de 0,5 m (Urben, 1999; Burfield, 1979). Depois da disposição do metal, o buraco é preenchido com terra e o efeito ambiental desse procedimento se restringe a um leve aumento do pH e do teor de potássio no solo (Burfield, 1979). Ou seja, em comparação a esse método de estado de arte, a cova de terra úmida parece ser um jazigo digno para “*o pequeno cadáver endemoninhado*” (Levi, 2001, p. 63).

Ao considerar o exposto, as discussões apresentadas neste texto complementam e reforçam as discussões sobre o potencial do estudo de narrativas do livro de Levi em cursos de graduação, assim como os trabalhos de Gonçalves (2014) e Osório et al. (2007), que também envolveram o caso do potássio. Gonçalves (2014) indica potenciais do livro para ensinar sobre a experimentação na formação inicial na área

de ensino de química como: o papel do erro nas atividades experimentais; a importância da reflexão sobre os próprios procedimentos experimentais e sobre o tratamento de resíduos; o papel do professor nas atividades experimentais; a importância de superar visões empírico-indutivistas associadas à ciência; a relevância do problema na ciência e no ensino de ciências;

as possibilidades do trabalho e de discussões de cunho interdisciplinar, ainda que o autor não tenha como foco a análise do conteúdo químico da obra ou do caso da explosão e dos cuidados no tratamento envolvendo o potássio. Osório et al. (2007) apontam que os graduandos em química foram desafiados a analisar o trecho sobre o incidente envolvendo o potássio, a explicitar seus conhecimentos iniciais em química e a ressignificar esses conhecimentos com base em novos questionamentos e discussões. Os autores afirmam que houve a motivação, com a participação ativa dos estudantes, na discussão de conceitos químicos fundamentais, propiciando maiores compreensões associadas ao potássio, a exemplo da compreensão sobre a origem do incidente, dos procedimentos envolvidos no experimento e sobre as semelhanças e diferenças entre os elementos químicos da tabela periódica (Osório et al., 2007).

### Observações finais

Com base nas discussões realizadas por Gonçalves (2014) e Osório et al. (2007), compreende-se que a vinculação entre experimentação e literatura tem potencial de abranger problematizações no contexto da formação de professores de química ao trabalhar com a leitura e a análise crítica de narrativas presentes no livro de Levi. Gonçalves e Marques (2006), ao discutir sobre a natureza pedagógica e epistemológica das atividades experimentais, desenvolvem discussões que também podem ser trabalhadas no contexto do episódio do incêndio do laboratório: a compreensão que supera a

vinculação da atividade experimental como mera motivação; a necessidade de refletir acerca da natureza epistemológica da experimentação no ensino; a importância de um contexto dialógico para a aprendizagem com questionamentos, elaboração e comunicação de argumentos; as reflexões sobre as condições materiais dos laboratórios no desenvolvimento de atividades experimentais e com diferentes contextos históricos e sociais (de estrutura, de conhecimentos); e as características dos conhecimentos (teóricos e práticos) que permeiam as práticas experimentais (Gonçalves; Marques, 2006). Compreende também que as reflexões que incluem a literatura como recurso de ensino possuem igualmente potencial no contexto do ensino médio ao incluir aspectos das novas diretrizes curriculares nacionais (Brasil, 2012) como: o desenvolvimento da problematização como instrumento de incentivo à pesquisa e à curiosidade pelo inusitado; a valorização da leitura em outros campos do saber; e a articulação entre teoria e prática, vinculando o trabalho científico às atividades experimentais.

Como dito acima, a descrição das propriedades de sódio e potássio neste artigo é resultado da pergunta: Fragmentos de sódio finamente dispersado não podem causar um incidente semelhante?, surgida durante a leitura do texto de Levi, sendo um exemplo vivo de como a literatura pode estimular o processo de aprendizagem e pesquisa.

Por outro lado, deve-se considerar que se trata de uma mera pesquisa bibliográfica e que a confiança cega nos conhecimentos dos livros didáticos, como a que Levi (2001, p. 63) descreve ao dizer que: “o potássio é irmão gêmeo do sódio, por isso me apropriei dele”, inclui o perigo de conclusões errôneas, resultando em acontecimentos desagradáveis como os descrito por ele. Assim, a confrontação do texto de Levi com a química aqui descrita pode ser ponto de partida para um *Gedankenexperiment*<sup>2</sup> que permitiria elucidar com precisão a causa do incidente. Nesse *Gedankenexperiment*, os alunos deveriam pensar sobre quais informações deveriam solicitar a Levi acerca da realização exata da destilação de benzeno. Por exemplo, em qual estado se encontrava o potássio utilizado (presença de uma crosta na superfície do metal e se esta foi removida antes de colocar o metal no balão de destilação; e procedimento na limpeza do balão para assegurar a ausência de

potássio antes da adição da água que causou o incêndio). Seria preciso também elaborar uma série de experimentos que poderiam testar as possíveis causas do incêndio como, por exemplo: a inflamação de hidrogênio incendiando, em seguida, o vapor de benzeno retido no balão ou a formação de oxigênio incendiando o vapor de benzeno. Naturalmente se deve restringir, nesse caso, em vista de sua periculosidade, a experimentação *Gedankenexperiment*, cujo propósito não seria primeiramente ensinar a química de potássio e sódio, pouco necessária para a maioria dos estudantes, mas simplesmente treinar o argumento, usando-se de conhecimentos teóricos e de observações que seriam consideradas como confirmação ou refutação das possíveis explicações para o incêndio.

As discussões também podem remeter para os cuidados com a segurança: “responsabilidades, organização, equipamentos de proteção coletiva e individual, armazenagem e manuseio de produtos químicos” (Machado; Mól, 2008, p. 57), incluindo a questão de como obter informações sobre a periculosidade de produtos químicos e medidas de prevenção, o que poderia cumular em uma introdução ao Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS) (Wallau; Santos Jr., 2013), cuja inclusão no currículo da educação básica já é discutida por vários autores (Su; Hsu, 2008; Rother, 2008).

## Notas

<sup>1</sup> Do grego πῦρ = fogo e φέρος = carregando, trazendo; substância que, à temperatura ambiente, inflama-se espontaneamente no ar.

<sup>2</sup> A palavra alemã *Gedankenexperiment*, significando um experimento realizado somente no pensamento, é também usado no vocabulário científico inglês.

---

**Wilhelm Martin Wallau** (martin\_wallau@ufpel.edu.br), bacharel e mestre em Química (Universidade de Mainz – Alemanha), doutor em Ciências Naturais (Universidade de Mainz), foi professor visitante em diversas universidades brasileiras (UNICAMP, UFRJ, UFSCar), é professor na Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS – BR. **Fabio A. Sangiogo** (fabiosangiogo@gmail.com), bacharel em Química, licenciado e mestre em Educação nas Ciências (UNIJUÍ), é doutorando em Educação Científica e Tecnológica pela UFSC. Florianópolis, SC - BR.

## Referências

AUTORENKOLLEKTIV. *Organikum – Organisch-Chemisches Grundpraktikum*, 15. Auflage. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1976.

BRASIL. *Resolução CNE/CEB nº 2*, de 30 de janeiro de 2012. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=9864&Itemid](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=9864&Itemid). Acessado em: maio 2014.

BROCK, T.H.; AHRENS-MORITZ, A.; REICHARD, D. Explosionsungücke durch Kalium. *Nachrichten aus Chemie Technik und Laboratorium*, v. 46, p. 16-17, 1998.

BURFIELD, D.R.; SMITHERS, R.H. Safe handling and disposal of potassium. *Chemistry & Industry*, p. 89, 1979.

CÄSIUM em *Gestis-Stoffdatenbank*, IFA – Institut für Arbeitsschutz. Disponível em <http://gestis.itrust.de>. Acessado em: maio 2014.

GONÇALVES, F.P. Experimentação e literatura: contribuições para a formação de professores de química. *Química Nova na Escola*, v. 36, p. 93-100, 2014.

GONÇALVES, F.P.; MARQUES, C.A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre, v. 11, p. 219-238, 2006.

HOVEYDA, A.H. Primo Levi's The periodic table. A search

for patterns in times past. *Angewandte Chemie International Edition*, v. 43, p. 6592-6594, 2004.

KALIUM em *Gestis-Stoffdatenbank*, IFA – Institut für Arbeitsschutz. Disponível em: <http://gestis.itrust.de>. Acessado em: maio 2014.

LEVI, P. *A tabela periódica*. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 2001.

LOBO, S.F. O trabalho experimental no ensino de química. *Química Nova*, v. 35, p. 430-434, 2012.

MACHADO, P.F.L.; MÓL, G.S. Experimentando química com segurança. *Química Nova na Escola*. v. 27, p. 57-60, 2008.

NATRIUM em *Gestis-Stoffdatenbank*, IFA – Institut für Arbeitsschutz. Disponível em: <http://gestis.itrust.de>. Acessado em maio 2014.

OSÓRIO, V.K.L.; TIEDEMANN, P.W.; PORTO, P. Primo Levi and The periodic table: teaching chemistry using a literary text. *Journal of Chemical Education*, v. 84, n. 5, p. 775-778, 2007.

ROTHER, H.-A. South African farmworkers' interpretation of

risk assessment data expressed as pictograms on pesticide labels. *Environmental Research*, v. 108, p. 419-427, 2008.

RUBIDIUM em *Gestis-Stoffdatenbank*, IFA – Institut für Arbeitsschutz. Disponível em: <http://gestis.itrust.de>. Acessado em: maio 2014.

SU, T.-S.; HSU, I.-Y. Perception towards chemical labelling for college students in Taiwan using globally harmonized system. *Safety Science*, v. 46, p. 1385-1392, 2008.

URBEN, P.G. (Ed.). *Bretherick's Handbook of reactive chemical hazards*. v. 1. 6. ed. Oxford: Butterworth Heinemann, 1999.

WALLAU, W.M.; SANTOS Jr., J.A. O Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS) – uma introdução para sua aplicação em laboratórios de ensino e pesquisa acadêmica. *Química Nova*, v. 36, p. 607-617, 2013.

WIBERG, N. *Holleman-Wiberg – Lehrbuch der Anorganischen Chemie*. Berlin: Walter de Gruyter, 2007.

**Abstract:** Remarks to “*Experimentation and Literature: Contributions to the formation of Chemistry Teachers*”. The paper “*Experimentation and literature: contributions to Chemistry teacher-training*” by Gonçalves, recently published in this journal looks at the novel “*The periodic table*” by Primo Levi as an example for the use of literary works in Chemistry Education. One of the central topics in his analysis is a paragraph which describes a fire caused by the inadequate treatment of residues of potassium generated during an experiment. The explication given for this accident is basically based on the family likeness between sodium and potassium. The remarks presented here, try to describe the chemical differences between sodium and potassium which may have caused also the described accident. This is not only an example of the productive stimulus which literature could have on the learning and research process in Chemistry, but also alerts to the particular dangers in the treatment of potassium.

**Keywords:** Literature, Chemistry education, Chemistry of alkali metals, Laboratory Safety



# Do Rigor Cartesiano Disciplinar à Indisciplinaridade Feyerabendiana

**Attico Chassot**

Neste texto, que também quer celebrar os 20 anos de *Química Nova na Escola*, é apresentada proposta em favor do abandono de posturas marcadas pela disciplinarização e de visões holísticas, procurando transgredir as fronteiras rígidas das disciplinas. De uma transdisciplinaridade, propõe-se um avanço para alcançar posturas indisciplinadas. Assim, a proposta defende uma transição do disciplinar (cartesiano) ao indisciplinar (feyerabendiano). A defesa se faz no considerar revoluções científicas (copernicana, lavoisierana, darwiniana e freudiana), que do século XVI ao século XX, ordenaram/ordenam o disciplinamento dos conhecimentos. Parece que há exigências de pensarmos, neste século XXI, em uma reversão desses processos e considerarmos a produção do conhecimento sem as marcas da disciplinarização, gerada no contexto ocidental, dominado pelo espectro dos livros sagrados, que ainda dogmatizam as três religiões abraâmicas (judaísmo, cristianismo e islamismo). É nesse cenário, com esses artefatos culturais, que se intenta migrar da certeza a incertezas.

► disciplinar, indisciplinar, dogmatismo ◀

Recebido em 07/11/2015, aceito 10/11/2015

127

**Q**uímica Nova na Escola faz 20 anos. Esse é um evento muito significativo quando consideramos a periodicidade e/ou caducidade de revistas similares. Assim, é muito significativa a proposta de seus atuais editores em convidar aqueles que, há um tempo, envolveram-se na fundação e produção da revista para colaborar com evocações, fazendo memórias da trajetória percorrida pelo nosso periódico. Recebemos sugestões de temas.

Não há como fugir de um texto intimista, pois olhar os 20 anos da QNEsc é olhar também nossas histórias pessoais de pessoas fazendo educação. Não vou falar da história da revista. Ensaio falar do cenário da educação química que a revista viveu e especialmente transformou nessas duas décadas.

Parece que seja trivial afirmar que a educação química, pelo menos no Brasil, não é mais a mesma e isso se deve também à QNEsc. Se a afirmação anterior é tida como fácil, agora enuncio outra, pelo menos audaciosa. Mesmo que a revista aqui celebrada ostente *química* em seu nome e mesmo que há mais de 30 anos façamos eventos de *educação*

*química*, ousou afirmar que, passados um quarto de século da publicação dos primeiros livros de educação química no Brasil, somos menos *educadores químicos*. Somos mais professores de ciências do que professores de química. Fizemos alfabetização científica, formamos mestres e doutores em ensino de ciências. Radicalizo mais: quase perde o sentido falarmos em educação química.

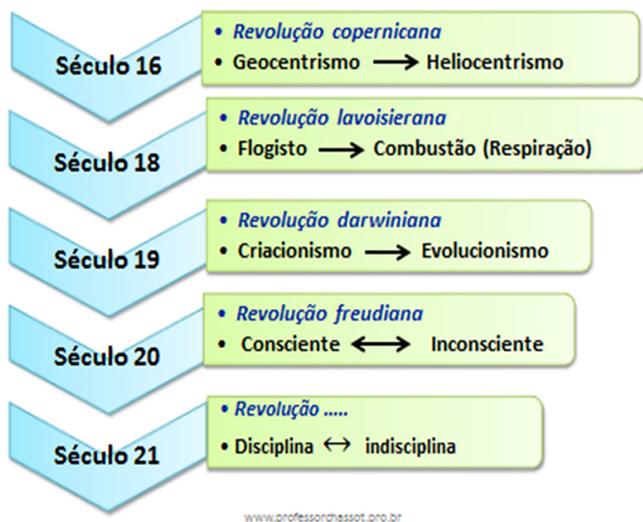
Essa afirmação é feita na mirada de pelo menos quatro revoluções científicas (copernicana, lavoisierana, darwiniana e freudiana) que, desde o século XVI ao século XX, ordenaram/ordenam o disciplinamento dos conhecimentos. Parece que há

exigências de pensarmos neste século XXI, em uma reversão desses processos, e considerarmos a produção do conhecimento sem as marcas da disciplinarização, gerada no contexto ocidental dominado pelo espectro dos livros sagrados que ainda dogmatizam as três religiões abraâmicas (judaísmo, cristianismo e islamismo). É nesse cenário, ou melhor, é com esses artefatos culturais que ocorreram as revoluções científicas.

**Não há como fugir de um texto intimista, pois olhar os 20 anos da QNEsc é olhar também nossas histórias pessoais de pessoas fazendo educação. Não vou falar da história da revista. Ensaio falar do cenário da educação química que a revista viveu e especialmente transformou nessas duas décadas.**

Esse contexto tem determinado um dogmatismo disciplinar à chamada ciência moderna que, neste texto, se quer discutir. Um quadro-síntese poderia ser assim desenhado.

### Algumas significativas rupturas paradigmáticas...



Houvesse ainda censura às publicações, um censor mais rigoroso não daria um *imprimatur est* a este texto nesta revista. No entanto, contrariamente a que possa parecer, não alço aqui a bandeira da iconoclastia, pois mesmo que proponha a indisciplina, aceito a existência de disciplinas. Esta é, paradoxalmente, a proposta que intento ampliar nesta edição jubilar de QNEsc. Ela não é inédita (Chassot, 2008b). Na esteira da busca de outro ensino médio, também já trazia essa discussão (Chassot, 2014).

Aqui e agora, reafirmo algo, não sem certo constrangimento, pelas continuadas limitações que as considerações já trazidas em outros textos e, especialmente, em dezenas de palestras que trazem como título: *das disciplinas à indisciplina*. As análises que apresento prosseguem sendo *um recorte apenas de leituras do mundo ocidental*. Nesse recorte, a partir do dito nascimento da ciência moderna no século XVI, o conhecimento se faz cada vez mais disciplinar. Esse alerta é preciso, pois nós, com nosso autocentramento, continuamos, por diferentes razões, sendo *umbigocêntricos*, marcados talvez pelo nosso forte DNA grego. É preciso recordar que, para nossos ancestrais helênicos, quem não falasse grego era bárbaro.

Mais uma vez, interrogantes aportam fortes: quem é o oriente? Quem é o ocidente? Parece pouco crível o quanto este ainda parece ser sinônimo da cristandade (não na acepção dicionarizada de maneira corrente: *conjunto dos cristãos*, mas num recorte geográfico, isto é: *ocidente é a Europa e as terras por ela colonizadas*). Assim, parece ficar estabelecido o ocidente como uma circunscrição definida quanto à territorialidade e, por conseguinte, fica esclarecido qual o entendimento de *civilização europeia*.

É usual, ao nos envolvermos com a história da ciência e de uma maneira mais ampla com a história da construção do conhecimento, centrarmos quase exclusivamente no

mundo ocidental e o fazemos sob a ótica eurocêntrica, e esta alimentada por nossos olhares brancos, masculinos, cristãos... Pouco sabemos de como ocorreu a construção do conhecimento em diferentes culturas no oriente. Ainda hoje, por exemplo, filmes ambientados na China ou na Índia, apenas para referir aos dois países orientais mais populosos, trazem-nos surpresas. Mesmo nos dias atuais, conhecemos muito pouco, por exemplo, da educação na China, apenas para referir a um país onde vivem cerca de um quinto dos humanos.

Aliás, poderia retratar o ápice de nossa presunção de falar dos outros, citando Edward W. Said (2007), quando o reconhecido pensador palestino mostra que o oriente, mais que uma concepção geográfica, engloba tudo que não sejam as civilizações europeias<sup>1</sup>. E esse oriente é uma invenção do ocidente.

É preciso considerar que esse ocidente, balizado inicialmente sob o poderoso Império Romano que, mesmo quando sai de cena quase esfrangalhado no século V, deixa um legado portentoso que garantiria hegemonia: o latim. Originário da região itálica do Lácio, o latim é uma das marcas mais imponente do ocidente. Como língua oficial do Império Romano, ele é imposto aos colonizados. Talvez, o melhor exemplo disso é o latim substituir o grego quando Roma coloniza a Grécia, dois séculos antes da Era Cristã, quando os romanos latinizam a filosofia grega e os deuses (Zeus passa ser Júpiter e assim todo o panteão de divindades gregas são convertidas a divindades romanas). Igualmente acontece no norte da África: em Alexandria, a resistência de Hipátia é um exemplo. As nascentes do direito, da filosofia, da ciência, da literatura e, especialmente, da religião são em latim. Mesmo com o esfacelamento do latim em mais de uma dezena de línguas românicas (como, por exemplo, o português), este segue como a língua oficial (e o garantidor da catolicidade<sup>2</sup>) da igreja romana até o Concílio Vaticano II (1962-1965)<sup>3</sup>. Ainda na segunda metade do século XX, o ensino da filosofia em escolas seminarísticas era feito em latim. Até o Concílio Vaticano, toda liturgia da igreja católica romana, para todos os fiéis, era em latim.

Assim, reconheço o quanto eu fui reducionista ou mesmo simplista em *A ciência através dos tempos* (Chassot, 1994), quando me refiro à revolução copernicana ratificada pela revolução galileica e encimo o capítulo com um título no mínimo tendencioso: *Século 16: nasce a ciência moderna*, numa leitura que desconhece o que se fez no mundo não europeu. Reabilite-me, um pouco, em outros textos e especialmente quando, nesse mesmo livro, a partir de sua edição de 2004, apresento um novo capítulo: *Uma história da ciência latino-americana determina outro marco zero*. Neste, acena-se para possíveis leituras do desenvolvimento em épocas pré-colombianas do que chamamos hoje de arquitetura, engenharia, agronomia, astronomia, hidrologia, matemática, medicina, isto é, a existência de atividades científicas relevantes. Nessa dimensão, indicam-se possibilidades de outras duas leituras: i) a influência da relação da ciência e tecnologia no desenvolvimento de altas culturas na América

pré-colombiana; e ii) a (re)valorização desses conhecimentos e técnicas, não apenas para fazer um resgate histórico, mas numa tentativa de mostrar o quanto a recuperação dos conhecimentos (quase) perdidos podem ser importantes para a população latino-americana que vive em situação de pobreza.

Talvez, quando soubermos melhor explicar por que no oriente não houve (ou não precisou ter) revolução científica, tenhamos mais convincentes explicações de nossa acerbadada visão disciplinar. Isso será facilitado também por leituras aprendidas no budismo e ainda em outras filosofias orientais<sup>4</sup>. A estas, provavelmente consigamos acrescentar também as marcas do islamismo em nossa formação; e nas ciências, o quanto essa vertente é forte. Outra dimensão nos recortes que fazem minhas análises serem ainda empobrecida é a ausência das muito importantes contribuições da matriz africana. Acerca da matriz indígena, como referi no parágrafo anterior, está se buscando contribuições como, por exemplo, Chassot e Camargo (2015).

É salutar nos desafiar para responder a esta pergunta: No oriente, não ocorreu revolução científica por influência de filosofias orientais, pois a maneira de estar no mundo não teve exigências de uma ciência marcada por certezas? ou A ocorrência de revoluções científicas no ocidente pode ser creditada a maneira cristã de estar no mundo?. Talvez, uma síntese que poderia ser tema de uma significativa tese doutoral: é a presença de livros sagrados (Torá, Bíblia ou Corão), resguardada por uma ortodoxia religiosa, que fez um fértil substrato para revoluções científicas?. Afinal, não é, por exemplo, a matemática do livro que tem mais valor frente à etnomatemática.

Como argumento à tese: “é a presença de um livro sagrado (Torá, Bíblia ou Corão) para cada uma das três religiões abraâmicas, resguardado por uma ortodoxia religiosa, que fez substrato para revoluções científicas”, poderíamos recordar que as quatro maiores revoluções científicas tiveram suas certidões de nascimento exaradas por livros que não apenas abalaram o mundo, mas receberam aceitação e garantiram uma disciplinarização marcada por uma ortodoxia como já anunciei quase na abertura deste texto. Mesmo que a proposta aqui seja olhar *como nos fizemos sujeitos disciplinares*, parece que a tese antes enunciada devesse permear algumas das considerações trazidas neste texto.

Olho um bordado. Encantam-me as tramas. Parece uma pintura. Depois, observo o avesso. Não parece crível que aquele emaranhado de fios, que mais parece uma maçaroca, tenha produzido aquele bordado. Portanto, aqui e agora, parece importante que vejamos um pouco do avesso de uma longa e também cruenta trajetória. Algumas considerações acerca de cinco rupturas que estão no diagrama anterior

**Olho um bordado. Encantam-me as tramas. Parece uma pintura. Depois, observo o avesso. Não parece crível que aquele emaranhado de fios, que mais parece uma maçaroca, tenha produzido aquele bordado. Portanto, aqui e agora, parece importante que vejamos um pouco do avesso de uma longa e também cruenta trajetória. Algumas considerações acerca de cinco rupturas que estão no diagrama anterior evidenciam uma proposta contrária àquela que se quer defender.**

evidenciam uma proposta contrária àquela que se quer defender. Eis um aparente paradoxo: evidenciaremos como, no correr de cinco séculos, construímos a disciplinarização para sonharmos quase em um retorno utópico a posturas do século XVI no que se refere a uma visão mais holística do conhecimento. A proposta parece um tanto fora de propósito. Sabe a retrocesso. Assumo.

Recordando que holismo (do grego *holos*, que significa inteiro ou todo) é a ideia de que as propriedades de um sistema, quer se trate de seres humanos ou outros organismos, não podem ser explicadas apenas pela soma dos seus componentes. É o sistema como um todo que determina como se comportam as partes e cada uma individualmente não reflete necessariamente o todo. O princípio geral do holismo pode ser resumido por Aristóteles, na sua *Metafísica*, quando afirma: *o todo é maior do que a simples soma das suas partes*. Mesmo que saiba tudo acerca de uma disciplina, isso não me autoriza (ou garante) conhecer a outra. Essa é uma das teses a propostas indisciplinadas.

Se no diagrama antes destacado temos uma (quase) síntese da história da construção (disciplinar) do conhecimento no ocidente, temos também as marcas de um embate que

a cada momento está presente em nosso cotidiano: especialista *versus* generalista. É evidente que mesmo aceitando que conhecimento cresce (ultrapassa fronteira) nas ações dos especialistas, aqui privilegiaremos a trazida de concepções generalistas. Afinal, na escola que, com a QNEsc, sonhamos ajudar a transformar, devemos formar generalistas.

No *Sete escritos sobre educação e ciências* (Chassot, 2008 p. 93-140), há um capítulo em que se fez uma leitura da história da

construção do conhecimento, destacando as três primeiras (na ordem de citação no diagrama) das mais significativas revoluções paradigmáticas da ciência moderna. Naquele texto, tenta-se mostrar como essas revoluções determinaram/determinam a *disciplinarização*. E mais: ao olharmos a gênese desse fenômeno, procurou-se encontrar situações que determinem o afloramento de propostas transdisciplinares. Em oposição às consequências dessa disciplinarização, tem-se buscado apoio de propostas que permitam a leitura mais holística antes referida.

Aqui é significativa uma comparação das três primeiras revoluções com as duas últimas. Recordemos Tomas S. Kuhn (1922-1996). Ele, em *A estrutura das revoluções científicas* (Kuhn, 1987), considera uma ciência madura quando uma sucessão de tradições, cada uma tendo a sua própria teoria e os seus métodos de pesquisa, serve de paradigma para a comunidade científica durante certo tempo antes de ser abandonada.

Toda revolução científica se traduz numa mudança de

paradigma. Vejamos as três primeiras: com o advento do *heliocentrismo*, deixa de existir o *geocentrismo*; a explicação da *combustão* alija o *flogisto* das explicações do por que algo queima; e o *evolucionismo* supera (ou sonhadamente deveria superar! E aqui, é preciso já anunciar agora: temos a mais dramática das cinco revoluções) o dogma do *criacionismo*. Todavia, na medicina, na psiquiatria, na psicanálise, na psicologia, de maneira mais usual, o advento de um novo paradigma não exclui as propostas teóricas da geração anterior, mas as abarca, dando nova significação. Na quarta revolução paradigmática, introdução por Freud do *inconsciente* não faz deixar de existir o *consciente*. A *homeopatia* pode coexistir com a *alopatia*. No diagrama, isso está representado pelas *setas simples* nas três primeiras revoluções, enquanto que na quarta temos a *dupla seta*. Isso que se referiu para a revolução freudiana – a coexistência do antes com o depois – quer ter a mesma leitura para a quinta revolução que está no diagrama. Essa última afirmação pode trazer conforto a alguns: as disciplinas subsistirão após a quinta revolução.

O conceito de revolução científica, tomado da ciência política por Kuhn (1987, p. 126), serve para “aqueles episódios de desenvolvimento não cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior”, ou seja, é uma reconstrução da área que altera conceitos, leis, teorias, métodos e aplicações.

Aqui e agora, este não é um texto de história da ciência, mas é sobre história da ciência, mostrando o quanto ela pode catalisar ações em sala de aula que sejam contrárias à ossificação determinadas pela disciplinarização. Assim, aqui se examina – e não se descreve – as revoluções copernicana, lavoisierana e darwiniana e, nestas, procura-se ver o quanto e como foi determinado o fortalecimento das disciplinas, particularmente a física, a química e a biologia. Então, quase numa contrarrevolução, chega-se à transdisciplinaridade e, a seguir, num crescendo, à indisciplinaridade – talvez uma culminância dentre diferentes maneiras de fazermos educação com as ciências ou, se quiserem, educação nas ciências e que se cogita (ou melhor, se sonha com) a migração das disciplinas à indisciplinaridade que também se traduz no abandono de nossas certezas, buscando conviver cada vez mais com a incerteza.

Aqui e agora, a proposta é nos aliarmos àqueles que, há mais tempo, buscam alternativas onde até a *indisciplina* possa ser uma das metodologias para uma mais eficiente alfabetização científica de alunos. Propostas como essas já têm estado, há pelo menos uma década, presentes em muito de minhas falas e escritos, quando se procura enveredar por um *crescendo*<sup>5</sup>: disciplinar < pluridisciplinar < multidisciplinar < metadisciplinar < interdisciplinar < transdisciplinar < indisciplinar. Não detalho esses distintos níveis, pois especialmente os primeiros têm sido objetos de extensos estudos.

Talvez valesse tomar como ponto de partida as discussões acerca da indisciplinaridade que, por ser o ápice dos diferentes níveis antes referidos, ainda não tem merecido

muitos estudos e mesmo adesões. No entanto, para mais adequadamente fazê-lo, é oportuno vermos o nível que lhe é extremo, ou melhor, talvez aquele quase oposto: *disciplinar* ou um sinônimo que trânsito corrente: *cartesiano*.

Quando Descartes – no seu Discurso do Método de 1637 (1993) – coloca a análise como oposição à síntese, passa-se a exigir que uma etapa inicial para a construção do conhecimento seja a fragmentação deste, ou seja, reduzir o todo em frações representadas por seus componentes elementares. Isso passa a determinar fracionamentos cada vez maiores e mais específicos nas áreas do conhecimento. É bem verdade que há quase quatro séculos, quando Descartes propôs essa racionalização fragmentadora, não havia como prever tão extensa especialização daquilo que se chama(va) a ciência.

Assim somos cartesianos (sem o sentido pejorativo antes referido) quando tomamos uma parte da matéria e refinamos nossa ciência – aqui entendida como um construto humano para facilitar a leitura do mundo natural – sobre esta e colocamos nela nossas lentes para olharmos como ocorrem as transformações da matéria e dizemos nessa situação que estamos estudando química, deixando de nos interessar então, por exemplo, sobre as transformações físicas como modificações de estados ou suas variáveis. Se afinarmos mais nossas observações e dissermos que vamos observar aquelas transformações da matéria que são resultado de processos biológicos (assim *não* consideramos objeto de nossos estudos, por exemplo, a reação de combustão de uma folha de papel ou a formação de um sal inorgânico por uma reação de dupla troca), podemos falar na disciplina de bioquímica ou, então, se passamos a estudar somente as transformações que ocorrem na matéria em consequência das fermentações, então a disciplina objeto de nossos estudos é a bioquímica de fermentações.

Agora, tentemos ir ao extremo oposto do crescendo antes desenhado: o indisciplinar. Del Percio (2006) traz um desenho de uma situação que não é nada exótica em nossas ações que merece ser trazida aqui. As agências de fomento – o nome não poderia ser mais poético – tendem a contratar especialistas cada vez mais especializados para resolver segmentariamente um problema. A maior parte de análises, diagnósticos e propostas para dar respostas a uma demanda só tem uma característica comum: entender o problema com seus óculos específicos.

Nosso fazer educação não se consubstancia numa ilha programada por nossa fantasia. Há múltiplas realidades a nos alertar sobre a impossibilidade da existência de um mundo ideal. Vejamos uma situação concreta. Há um problema a resolver. Peritos de cada uma das áreas propõem soluções no terreno das outras. Vejamos múltiplas tentativas de solução de um mesmo problema como mostra:

1 – o educador considera que é impossível oferecer uma educação de qualidade a meninos cujos pais não têm trabalho e moradia adequada e sofrem de carências alimentares, portanto, propõe começar a resolver a questão do emprego, da moradia e da saúde.

2 – o experto em empregos sustenta que precisa começar

atendendo às questões educativas, pois os novos modelos laborais requerem uma formação e capacitação tal que sem educação não pode haver emprego de qualidade; ainda afirma que se requer boas condições sanitárias da população para que se possa trabalhar adequadamente.

3 – o perito em segurança afirma que é preciso começar por educação, emprego e erradicação da pobreza, pois está comprovado estatisticamente – e isso é decisivo – que quanto maior o nível educativo, menor é o uso da violência e que quanto maior o nível de equidade social, menor a taxa de violência em geral.

4 – o perito em questões ambientais remete o início de suas ações à segurança, à educação, à saúde, ao emprego.

5 – o experto em saúde afirma que não há sistema de saúde sustentável sem pleno emprego (pois o sistema público não pode atender satisfatoriamente a toda a população), sem educação suficiente (base da prevenção) e sem condições ambientais e educacionais adequadas.

6 – o perito em habitações afirma que, sem emprego e sem educação, toda a política de moradias não passa de mero assistencialismo.

Como nenhum dos problemas centrais da vida é possível ser abordado sem múltiplas conexões com outros problemas vitais, resulta que parece impossível solucionarmos aquele problema no qual temos expertise. É preciso pensar, abandonando as nossas especializações, transgredindo as fronteiras de nossas disciplinas ou com uma postura que se assemelha a Feyerabend (2007, p. 71) que ensina: “Qualquer ideia, embora antiga e absurda, é capaz de aperfeiçoar nosso conhecimento. [...] o conhecimento de hoje pode, amanhã, passar a ser visto como conto de fadas; essa é a via pelo qual o mito mais ridículo pode vir a transformar-se na mais sólida peça da ciência”. É em ações que tragam a marca daquilo que Del Percio (2006, p. 20) propõe como “a *indisciplina* como a metodologia mais adequada para abordar a análise das principais tendências sociais”. Talvez a reunião dos seis peritos para juntos buscarem a solução do problema fosse a melhor alternativa.

Transmuto a proposta da área da sociologia, em que o autor desenvolve sua tese para o nosso fazer educação, até porque ninguém questionaria o quanto nos envolvemos em nossas ações de fazer alfabetização científica ou educação nas ciências como sendo uma ciência social. Assim, adiro às reflexões do autor nos três sentidos em que é proposto o termo *indisciplina*, e numa etapa mais audaciosa – mas, mais realista –, assumiremos uma escola *indisciplinar*. Nesta, o prefixo *in* tem pelo menos três ações:

a) o prefixo *in* no sentido de incluir a partir da própria disciplina, meter-se dentro de outras disciplinas. São as ações que vamos fazer para colocar nossas especificidades em outras disciplinas. Ações como aquelas traduzidas por *impor-se*, *intrometer-se*, *incestar*, *invadir*...

b) seguindo o mesmo sentido do prefixo *in*, trata-se de incorporar elementos, métodos e conhecimento de outras disciplinas. Aqui parece mais evidente o quanto temos buscar nas outras disciplinas, não nos bastando o mundo pequeno

ou específico de nossa disciplina. Atividades como as que temos em verbos como *inalar*, *ingerir*...

c) o prefixo *in* como negação, trata de negar a disciplina no sentido etimológico do termo. Aqui a proposta parece ser mais radical ou inovadora: trata-se de rebelar-nos à coerção feita pelas disciplinas que, como um látego, vergastam-nos a submissão. Ações como as expressas por *inverter*, *intolerar*, *inabitare*...

Talvez essa última acepção do *indisciplinar* seja a mais radical: negar-se a existências das disciplinas mereça mais destaque. Nesse contexto, é importante retornarmos e revisitar termos como disciplina ou disciplina escolar. Disciplina na acepção que usamos é muito recente. Até o final do século XIX, essa expressão queria significar, segundo Chervel (1990, p. 178), a vigilância dos estabelecimentos de ensino ou repressão das condutas prejudiciais à sua boa ordem e aquela parte da educação que contribui para isso. Recordo que, quando fiz o curso ginásial, no final dos anos 1950, tínhamos semanalmente uma nota em comportamento, obtida em função da disciplina, num sentido atitudinal. As notas tinham um máximo de 10 + 5, onde a primeira era para o conteúdo e a segunda para a disciplina ou a ordem. Essa ordem envolvia desde a caligrafia, limpeza no material escolar, corretos detalhes de cada peça do uniforme, pontualidade ou até escrever VJMJ (viva Jesus, Maria, José) no alto da margem esquerda da folha cada vez que se iniciava a escrita em uma nova página. Desses mesmos tempos, sempre evoco as placas que os irmãos maristas, ordem religiosa, então mantenedora do estabelecimento, colocavam em toda a parte, inclusive nos banheiros: “Deus me vê!”. Mesmo que novos tempos a retiraram, eu ainda as vejo lá. Essa mesma advertência, marcada por exigente admoestação, foi ressuscitada em tempos pós-modernos pela cada vez mais numerosa presença das placas “Sorria, você está sendo filmado!”. O aviso é mentiroso, pois o correto deveria ser: “Te cuida cara... nós estamos te olhando!”.

Essa acepção para disciplina não está distante de disciplinas significando *correias com que membros de certas ordens religiosas e devotos se açoitam por penitência ou castigo*. É a esse *disciplinar* ou *cartesiano* que (pr)opomos o *indisciplinar* ou *feyerabendiano*.

### Como (quase) conclusão

Quando celebramos os 20 anos de *Química Nova na Escola* e olhamos as ações da revista, exigimo-nos algumas perguntas: Quanto caminhamos nessa tentativa de migrar do disciplinar ao *indisciplinar*? Talvez nos escudemos, em busca de uma absolvição, por sermos lerdos nesse caminhar, em David Hume (1711-1776), filósofo e historiador escocês: “Se acreditamos que fogo esquentado e a água refresca, é somente porque nos causa imensa angústia pensar diferente!”.

Não é fácil mudar. Nesses 20 anos, ensaiamos mudanças. Há sessões que facilitam isso, *Relatos de sala de aula* e *O aluno em foco*. Há ainda seções em cuja proposta editorial se afirma que “deve-se explicitar contribuições para o ensino da

química”. Em quase todas as sessões, parece que centramos mais na química do que em uma visão mais ampla de ciências, e mais: essa ciência inserta no cotidiano de alunos. No entanto, não estamos parados. Talvez professemos demais o saber primevo que ensina que devagar se vai ao longe. Estamos recém-atingindo nossa maioridade e, para todos discentes e docentes envolvidos no binômio escrita ⇌ leitura, catalisado por *Química Nova na Escola*, é tempo de aprender.

Assim, parece que vale experimentar ser indisciplinado.

## Notas

1 Tive dúvidas se escrevia *civilizações europeias* ou *civilização europeia*. Talvez, o mais correto, mesmo com a diversidade cultural étnica, expressarmos-nos no singular, pois uma das marcas da *civilização europeia* parece ter sido a busca de sua catolicidade, aqui usada uma vez mais na acepção de universal. Essa universalidade se esboroa com a transformação do latim em muitas línguas e é ratificada no século XVI com o fracionamento da igreja católica romana em decorrências do surgimento de igrejas reformadas. Assim, tenho justificativa, para adiante, referir-me à *civilização europeia*.

2 Católica, na acepção de universal.

3 Autorizo-me a uma digressão pessoal: antes de ser alfabetizado, eu sabia responder às orações da missa em latim, evidentemente sem entender o que eu (e muitas vezes

o celebrante) papagueava(mos). Fui ensinado por minha mãe, muito religiosa, mas que não sabia os significados do que ensinava.

4 No segundo semestre de 2015, publiquei diferentes textos, fiz palestras e organizei seminários na graduação e na pós-graduação acerca da *LAUDATO SI'*: *Sobre o cuidado da casa comum*, oportuna encíclica do Papa Francisco (2015) amalhando comentários de diferentes perspectivas. Entre estes, destaco o quanto a encíclica se caracteriza por ser “indisciplinar, pois permeia e é permeada em várias áreas do conhecimento. *Ciência* (não sei de alguma disciplina que não tenha sido referida com adequação), *tecnologia* (trazida com detalhes e com brilhante atualidade) e *religião* (a matriz judaico-cristã aflora de maneira permanente, ignorando o orientalismo) fazem uma tessitura bastante harmoniosa”. Isto é, mesmo um documento que deve ter tido uma assessoria de uma plêiade de especialistas, ignora o pensamento oriental (mestrechassot.blogspot.com de 9 de julho e 05 de agosto de 2015).

5 Uso a palavra crescendo na acepção da musicologia que, segundo o Priberam, significa *aumento gradual da intensidade sonora*.

---

**Attico Inácio Chassot** (achassot@gmail.com), licenciado em Química, doutor em Ciências Humanas, é professor do mestrado profissional de Reabilitação e Inclusão do Centro Universitário Metodista IPA. Porto Alegre, RS – BR.

## Referências

CHASSOT, A.I. *A ciência através dos tempos*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2008.

\_\_\_\_\_. *Sete escritos sobre educação e ciências*. São Paulo: Cortez, 2008<sup>a</sup>.

\_\_\_\_\_. Da química às ciências: um caminho ao avesso. In: ROSA, M.I.P.; ROSSI, A.V. (Orgs.). *Educação Química: memórias, políticas e tendências*. Campinas: Línea, 2008b. p. 217-234.

\_\_\_\_\_. Saberes primevos catalisando a indisciplinabilidade. In: AZEVEDO, J.C.; REIS, J.T. (Orgs.). *O ensino médio e os desafios da experiência: movimentos da prática*. São Paulo: Santillana e Moderna, 2014. p. 115-133.

CHASSOT, A.I.; CAMARGO, C.G. A interculturalidade e as intempéries de *chronos* e *kairós*: sobre tempos indígenas e não indígenas na universidade. *Revista Pedagógica*, Chapecó, v. 17, n. 34, p. 59-74, jan./abr. 2015.

CHERVEL, A. História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisa. *Teoria & Educação*, v. 2, p. 177-229, 1990.

DEL PERCIO, E.M. *La condición social: consumo, poder y representación en el capitalismo tardío*. Buenos Aires: Altamira, 2006.

DESCARTES, R. *Discurso do método*. Trad. J. Guinsburg e Bento Prado Júnior. São Paulo: Abril Cultural, 1993. Coleção Os Pensadores.

FEYERABEND, Paul. *Contra o método*. São Paulo: Ed. UNESP, 2007.

KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1987.

SAID, E.W. *Orientalismo - o oriente como invenção do ocidente*. Trad. Rosaura Eichenberg. São Paulo: Companhia de Bolso, 2007.

**Abstract:** *From cartesian disciplinary rigor to feyerabendian indisciplinarity.* In this text, which also wants to celebrate the 20th anniversary of *Química Nova na Escola*, it is presented a proposal in favor of abandoning positions marked by disciplinization and holistic views, looking for transgressing the rigid boundaries of disciplines. From transdisciplinarity it is stated a step forward to achieve indisciplinarity postures. So, the proposal advocates a transition from the disciplinar (Cartesian) to the indisciplinar (Feyerabendian). The defense is done with considering scientific revolutions (Copernican, Lavoisierian, Darwinian and Freudian) that, from the 16th century to the 20th century, ordered / order the disciplining of knowledges. It seems that, in this 21st century, it is required to think in a reversal of these processes and consider the production of knowledge without the marks of the disciplinization generated in the Western context, dominated by the specter of the sacred books, which still dogmatize the three Abrahamic religions (Judaism, Christianity and Islam). It is in this scenario, with these cultural *mindfacts*, that it is intended to migrate from certainty to uncertainties.

**Keywords:** disciplinary, indisciplinarity, dogmatism.

## Desenhando Isômeros Ópticos

**Gláucia A. A. Rezende, Nicea Q. Amauro e Guimes Rodrigues Filho**

Nas aulas que versam sobre o conceito de estereoquímica, a maior dificuldade dos alunos é a visualização das moléculas em suas conformações espaciais. Assim, criamos uma estratégia didática que consiste em representar estereoisômeros em suas fórmulas de projeções em perspectivas e de Fischer. Tais estruturas foram elaboradas utilizando-se o software ChemsSketch, da ACD/Labs, impressas em folhas A4 e em transparências, a fim de que o aluno possa visualizar as formas espaciais das moléculas e as alterações na configuração dos isômeros. A metodologia proposta neste trabalho foi aplicada a uma turma do 3º ano do curso técnico integrado de química do Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de Goiás (IFG), Campus Itumbiara. Os alunos responderam a um questionário sobre a estratégia utilizada em sala de aula ao final do desenvolvimento desta. Na análise das respostas, pode-se evidenciar que a metodologia cumpre com seu propósito, uma vez que auxiliou os alunos a compreender a estereoquímica. Os resultados também mostraram que o modelo impresso é o preferido pelos alunos para melhorar seu entendimento no estudo de isomeria.

► estereoquímica, química orgânica, quiralidade ◀

Recebido em 05/10/2014, aceito em 05/01/2016

A compreensão das relações espaciais presentes em compostos iônicos e moléculas é fundamental para o entendimento adequado da reatividade e das propriedades físico-químicas da matéria (Dias; Soares, 2009). Existem moléculas cujas fórmulas são idênticas, porém com as sequências dos átomos ligadas de forma diferente. Para tipificar esse comportamento, estabelece-se um paralelo entre os elementos químicos e as letras do alfabeto. Nesse cenário, a composição de palavras são fórmulas unitárias. Assim, para escrever a palavra ROMA, utiliza-se uma letra R, uma letra O, uma letra M e uma letra A. Empregando essas mesmas quatro letras, é possível escrever outros vocábulos, tais como AMOR, RAMO, OMAR, MORA e ORAM, apenas alterando a sequência de como elas se conectam. Tais moléculas são chamadas de isômeros constitucionais ou de constituição. Como exemplo, podemos citar o etanol e o éter metoximetano. Por outro lado, existem moléculas com fórmula molecular congênere. Estas, apesar de terem a mesma constituição, diferem-se no arranjo dos seus átomos no espaço. São chamadas de estereoisômeros, os quais podem

ser divididos em dois grupos: os isômeros geométricos e os isômeros ópticos (Solomons; Fryhle, 2012).

Os isômeros geométricos, também conhecidos como isômeros cis-trans, ocorrem quando há uma limitação na rotação da ligação, seja esta dupla ou por um composto de cadeia fechada. Assim, quando o composto possuir grupos idênticos, ou de maior prioridade, do mesmo lado da ligação dupla (ou do mesmo lado da molécula), o isômero é chamado de cis, enquanto que o composto que apresenta grupos idênticos – ou de maior prioridade, em lados opostos da dupla ligação ou da molécula – são denominados isômeros trans (Romero, 1998; Solomons; Fryhle, 2012). No caso dos compostos de cadeia fechada, imagina-se um plano de referência. Se os dois substituintes idênticos, ou de maior prioridade, um em cada carbono, estiverem apontando para a mesma face do plano, o isômero é cis. Caso apontem para faces distintas, o isômero é trans (Souto; Duarte, 2006). A Figura 1 mostra exemplos de isômeros cis e trans, tanto de cadeia aberta quanto de cadeia fechada. Deve-se ainda ressaltar que, em compostos com ligações simples entre carbonos, pode haver a rotação do eixo da ligação, levando a diferentes conformações dos seus átomos, o que é chamado de isomeria conformacional. Nesses compostos, não ocorre

A seção "Conceitos científicos em destaque" tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de Química.

isomeria geométrica cis-trans como no caso do 1,2 dicloro-etano (Souto; Duarte, 2006).

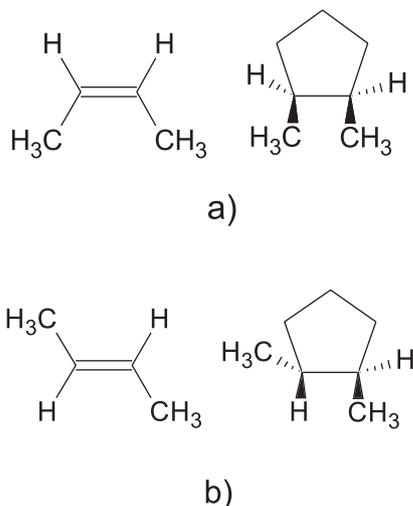


Figura 1: Exemplos de isômeros geométricos: a) cis; b) trans.

Considerando esse contexto, em 1848, Louis Pasteur identificou que os cristais de tartarato de sódio podem apresentar-se na natureza de duas formas diferentes, sendo cada uma delas a imagem especular da outra. Esse fenômeno é conhecido como quiralidade (Islas; Buhse, 2007). A caracterização das propriedades ópticas dos cristais do ácido tartárico e do ácido para-tartárico, estruturas idênticas que desviam a luz polarizada em ângulos opostos, contribuiu para a formulação do postulado de Le Bel e van't Hoff sobre a natureza tetraédrica do átomo de carbono, assim como para o reconhecimento, em nível molecular, das estruturas especulares chamadas enantiômeros (Dias; Soares, 2009).

### A quiralidade

O fenômeno de quiralidade está relacionado a objetos que possuem imagens especulares idênticas na forma direita e na forma esquerda como sapatos, tênis e luvas. Esses objetos são chamados de quirais (Coelho, 2001). Os objetos que não apresentam distinção entre forma direita e esquerda são chamados de aquirais. O termo quiral origina da palavra grega cheir, que significa mão (Bruice, 2006).

Assim como alguns objetos são quirais, algumas substâncias também podem apresentar tal característica. Esse aspecto ocorre com maior frequência na química orgânica devido à possibilidade de o átomo de carbono formar várias ligações com diferentes arranjos espaciais. Essas moléculas devem figurar pelo menos um centro de quiralidade, também chamado de carbono quiral ou assimétrico, o qual apresenta hibridização  $sp^3$  com geometria tetraédrica, sendo os seus quatro ligantes diferentes entre si. No entanto, os compostos possuidores de carbono assimétrico que apresentam isomeria espacial não são únicos, os que possuem um átomo com arranjo tetraédrico e quatro ligantes diferentes também apresentam isomeria espacial. Assim, podem-se encontrar compostos que contêm átomos

de silício, germânio, nitrogênio e enxofre com seus quatro ligantes diferentes, que são moléculas quirais e apresentam enantiômeros (Solomons; Fryhle, 2012). Em uma molécula, o carbono quiral vem marcado com um (\*) – asterisco) como apresentado na Figura 2 (Bruice, 2006).

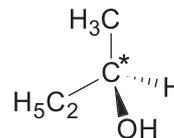


Figura 2: Exemplo de um carbono assimétrico.

Torna-se importante ressaltar que, para cada carbono quiral existente na molécula, podem-se desenhar dois estereoisômeros, sendo um representando o composto da direita e o outro, o da esquerda. Dessa forma, é possível definir o número de isômeros ópticos por meio da fórmula  $2^n$ , em que  $n$  é o número de carbonos quirais existentes na fórmula (Bruice, 2006; McMurry, 2011). Vinculada a essa concepção, em moléculas que apresentam plano de simetria (Figura 3), a cada par, na verdade, tem-se a mesma molécula, resultando em um número menor de estereoisômeros encontrados para o composto estudado, sendo três: dois enantiômeros e um mesocomposto.

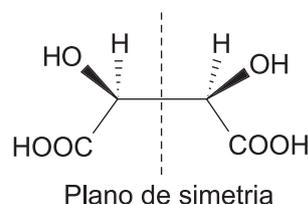


Figura 3: Plano de simetria: divide a molécula em duas metades que são imagens especulares entre si.

Para exemplificar, tomou-se como base o composto ácido tartárico. Analisando sua estrutura, podem ser encontrados dois carbonos quirais, o C2 e o C3, por apresentarem seus ligantes diferentes entre si (Figura 4). Sabendo que cada carbono quiral fornece dois estereoisômeros e existindo dois carbonos quirais na estrutura, conclui-se que é possível se obter quatro estereoisômeros do ácido tartárico (Figura 5), sendo as estruturas A e B e C e D imagens especulares entre si (Solomons; Fryhle, 2012).

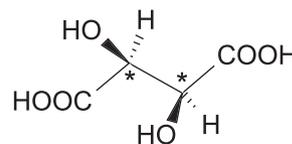


Figura 4: Carbonos assimétricos presentes na estrutura do ácido tartárico.

### Uma estratégia de ensino para estudo das configurações de isômeros ópticos

Silva e Silva (2007) verificaram que as aulas sobre isomeria são realizadas de forma tradicional: aulas expositivas,

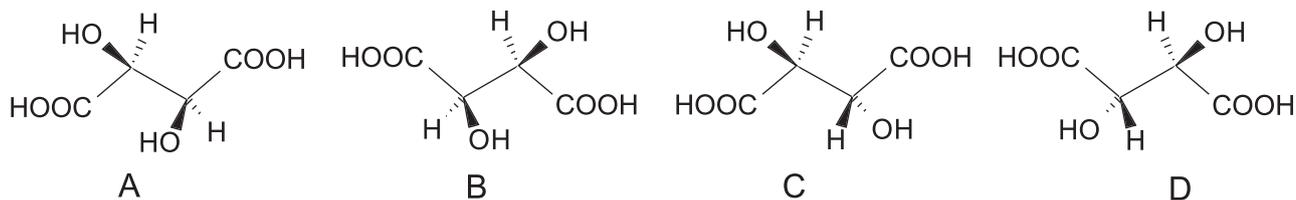


Figura 5: Estereoisômeros do ácido tartárico.

descontextualizadas e propedêuticas. Estas, por sua vez, utilizam, quase que exclusivamente, livros, textos, quadro branco, pincéis e retroprojetor, o que pode comprometer a compreensão do aluno acerca do conteúdo.

Diante desse cenário, elaborou-se e aplicou-se uma proposta de aula baseada em visualizações espaciais de estereoisômeros com a finalidade de contribuir para o entendimento dos pormenores do conteúdo de estereoquímica.

Em consenso com o raciocínio anterior, a estratégia didática tem como objetivo específico auxiliar o aluno na compreensão entre as nuances do domínio espacial; na manipulação das representações dos estereoisômeros em suas fórmulas de projeções em perspectivas e de Fischer; na visualização das moléculas em sua conformação espacial; no entendimento, na interpretação e na conversão de representações tridimensionais (3D) em bidimensionais (2D); e na avaliação das limitações dessas representações.

Utilizando modelos análogos a este, vários autores propuseram metodologias para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem sobre estereoquímica. Nessa perspectiva, Queiroz e colaboradores (2010) utilizaram bolas de isopor e varetas para reproduzir um modelo molecular que, em seguida, foi aplicado em uma aula sobre isomeria com o intuito de facilitar a visualização espacial das moléculas pelos alunos, enquanto Rodrigues e outros (2011a) construíram, juntamente com os alunos de uma turma de 3º ano do ensino médio, um modelo de mão, a partir de jornais e cola. O modelo produzido foi utilizado posteriormente na aula de isomeria óptica (Rodrigues et al., 2011b).

No presente trabalho, a metodologia de ensino foi elaborada a partir de pesquisa bibliográfica, na qual estão discutidas as principais dificuldades enfrentadas no ensino do conceito de estereoquímica. Essas dificuldades estão relacionadas principalmente com a visualização da estrutura das moléculas no espaço por parte dos alunos.

Nesse contexto, uma das dificuldades encontradas no ensino de isomeria espacial vincula-se ao uso extensivo de representações, uma vez que não é possível explicar, por meio do uso de fórmulas estruturais planas, as características que dependem da estrutura tridimensional da molécula (Raupp et al., 2009). Ruiz-Chica e colaboradores (1999) identificaram, em seus alunos, baixas habilidades para visualização das projeções das ligações do carbono tetraédrico e para a comparação de compostos enantiômeros, posto que os alunos não conseguiram visualizar a rotação das moléculas no espaço, o que impede que se verifique a sobreposição de moléculas quirais.

Assim, neste artigo, apresenta-se uma metodologia

desenvolvida e aplicada em uma turma de 20 alunos do 3º ano do curso técnico integrado em química do Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara. Tal estratégia baseia-se em desenhar as moléculas tridimensionais (3D), imprimindo-as em folhas A4 (frente e verso) para demonstrar como as ligações em perspectivas se alteram conforme a molécula gira no espaço. Esta vem para diminuir ou sanar a principal dificuldade do aluno: não conseguir definir os isômeros que são figurados por não entender a estrutura tridimensional representada em seu caderno, além de não conseguir visualizar as conformações da molécula.

### Isômeros ópticos e suas representações

Para desenhar os isômeros, inicialmente deve-se entender como essas substâncias podem ser representadas. Existem duas maneiras principais de desenhar um composto quiral: as fórmulas em perspectiva ou as projeções de Fischer.

Segundo Bruice (2006), a maioria dos químicos desenha os estereoisômeros usando a fórmula de projeção em perspectiva. Tal arranjo mostra dois dos ligantes do carbono quiral no plano do papel, representados por ligação simples, um ligante saindo do plano do papel para trás deste, cuja ligação é representada por uma linha tracejada; e um ligante saindo do plano do papel, projetado para frente, ligação representada por uma cunha sólida (Figura 6A). Diante desse quadro, Raupp e colaboradores (2009) salientam que os alunos precisam compreender e manipular as moléculas mentalmente, visualizando sua estrutura molecular tridimensional para posteriormente compará-las e serem capazes de identificar as diferenças entre estas (Wu; Shah, 2004).

Outra maneira de representar as estruturas tridimensionais dos compostos é desenhá-las utilizando a projeção de Fischer, recurso inventado por Emil Fischer no final do século XVII (Romero, 1998), que representa a estrutura do carbono quiral (tridimensional) em 2D no plano do papel (Figura 6B). Para tal representação, o carbono quiral fica na intersecção de duas linhas perpendiculares: as linhas verticais saem do plano para trás, afastando-se do observador, e as linhas horizontais projetam-se para frente do plano, aproximando do observador como apresentado na Figura 6C (McMurry, 2011).

Ainda em relação ao ensino de conceitos, Ruiz-Chica e colaboradores (1999) identificaram a dificuldade dos alunos em entender como as ligações do átomo de carbono podem projetar-se para trás (retaguarda) ou para frente do plano, o que faz com que estudantes não familiarizados

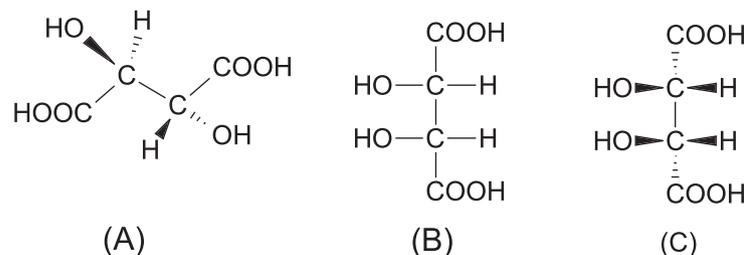


Figura 6: Diferentes representações dos estereoisômeros do ácido tartárico: (A) a conformação tridimensional em projeção de perspectiva; (B) a conformação tridimensional ao realizar a convenção de Fischer; (C) exemplo de representação que indica a orientação dos grupos hidroxila para a projeção de Fischer.

com as regras de desenho e da interpretação das projeções Fischer possam assumir que a configuração da D-xilose seja a D-ribose, uma vez que apenas se diferem na posição tridimensional de uma hidroxila (Figura 7). Sabe-se que a dificuldade da visualização em 3D impede que o aluno veja a diferença entre as moléculas, uma vez que se diferem na posição tridimensional de seus grupos ligantes (Ruiz-Chica et al., 1999), impossibilitando, portanto, a aprendizagem dos conteúdos de estereoquímica, uma vez que não lhes permite diferenciar os isômeros entre si.

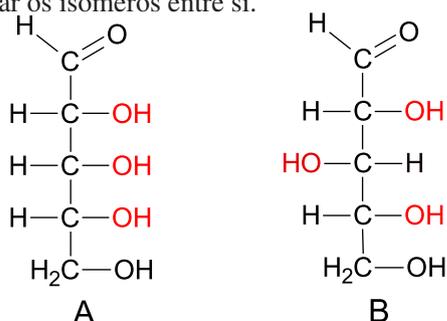


Figura 7: Estruturas da D-(-)-ribose (A) e da D-(+)-xilose (B).

Cumprir evidenciar que altas habilidades cognitivas são exigidas dos alunos para o entendimento das entidades químicas associadas aos aspectos espaciais tridimensionais destas e, em especial, no aprendizado de quiralidade (Al-Balushi; Al-Hajri, 2014). Nesse escopo, as representações auxiliam os alunos a visualizar as entidades químicas com vistas à manipulação dos níveis macroscópico (sensorial), simbólico (representacional) e submicroscópico da química. Em consequência, os referidos autores indicam que os modelos de bola e bastão são os mais utilizados pelos professores para o ensino dos aspectos tridimensionais dos compostos orgânicos. Por outro lado, a interconversão das representações 3D para 2D costuma ser negligenciada no ensino de química.

### Montando as projeções

Stull e outros (2013) orientam que os modelos concretos e virtuais são fundamentais no ensino-aprendizagem de conteúdos químicos de alto domínio espacial. Por sua vez, ao comparar materiais didáticos que se utilizam desses

recursos, os autores identificaram que os modelos virtuais geralmente possuem uma maior portabilidade, isto é, podem ser visualizados em computadores, retroprojetores, TVs, tablets e smartphones. São também mais flexíveis, por suas representações serem facilmente convertidas de 3D para 2D.

Para Kumi e coautores (2013), as representações em 2D, como as presentes nos livros didáticos, auxiliam o estudante a adquirir conhecimento conceitual e representacional sobre a molécula estudada. Dessa forma, é preciso verificar meios de transcrever a conformação tridimensional da molécula em uma representação bidimensional. Diante do exposto, o desenvolvimento de uma metodologia de aula envolvendo o conceito de estereoquímica foi iniciado com o desenho das estruturas moleculares do ácido tartárico. Estas foram confeccionadas utilizando o software ChemsSketch (ACD/Labs, 2012) como apresentado na Figura 8.

Considerando esse contexto, o ácido tartárico apresenta dois carbonos quirais. Assim, inicialmente, é possível escrever quatro representações. No entanto, devido à existência de um plano de simetria, duas dessas representações configuram em uma única molécula: o estereoisômero meso. Tal fato caracteriza os três estereoisômeros do ácido tartárico (dois enantiômeros e um estereoisômero meso). A Figura 8 mostra as estruturas desses isômeros, apresentadas em fórmulas de projeções em perspectiva ( $A_1$ ,  $B_1$ ,  $D_1$  e  $E_1$ ) e projeções de Fischer ( $A_3$ ,  $B_3$ ,  $D_3$  e  $E_3$ ). Nota-se que há outras duas estruturas na Figura 8, chamadas de estruturas  $C_1$  e  $F_1$ . Elas são o resultado da rotação de  $180^\circ$  no eixo horizontal das estruturas  $B_1$  e  $E_1$ , respectivamente, e permitem melhor compreensão do que ocorre com as ligações quando as moléculas giram no espaço.

Com as estruturas das moléculas feitas, o próximo passo foi verificar se os isômeros são sobreponíveis entre si, a fim de determinar se são enantiômeros, diastereoisômeros ou mesocompostos.

Posteriormente, as estruturas  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $D_1$  e  $E_1$  foram impressas em folhas de papel A4, sendo uma estrutura por folha para garantir boa visualização. As estruturas  $C_1$  e  $F_1$  (Figura 8) devem ser impressas no verso das estruturas  $B_1$  e  $D_1$ , respectivamente. As estruturas  $B_1$ ,  $E_1$ ,  $C_1$  e  $F_1$  devem ser impressas em filme cristal para transparências A4, a fim de facilitar a visualização das sobreposições das moléculas quando comparadas entre si.

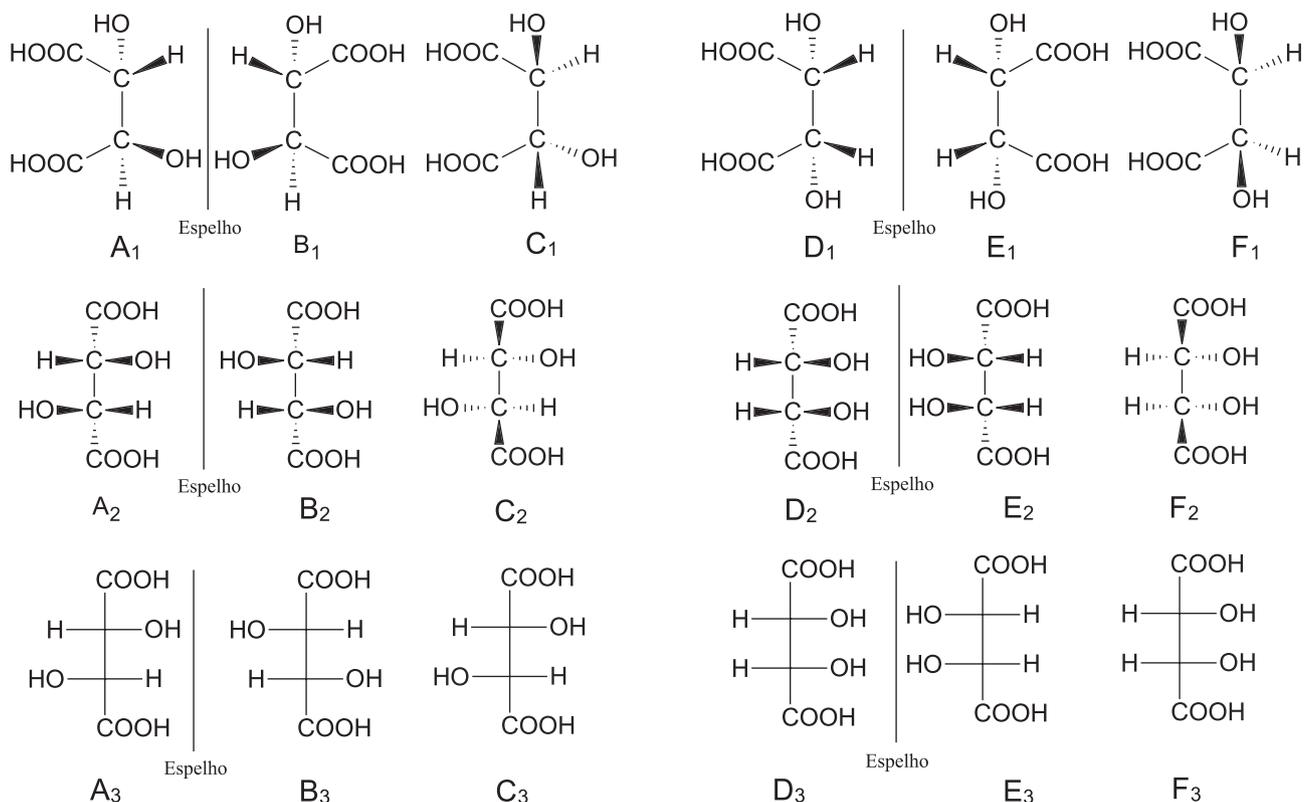


Figura 8: Estruturas dos estereoisômeros em fórmulas de projeção em perspectiva e em projeção de Fischer do ácido tartárico.

### Percorso didático

No início da aula sobre isomeria óptica, o conteúdo de ensino foi contextualizado mediante explicitação da quiralidade presente em alguns compostos. Ressaltou-se que os enantiômeros apresentam as mesmas propriedades físicas como ponto de fusão e ebulição, mesma densidade e solubilidade, porém possuem diferentes propriedades químicas como interação com a luz polarizada, fazendo-a desviar-se no sentido horário ou anti-horário com mesmo ângulo de giro. Nessa perspectiva, questionaram-se os alunos: “Como podemos explicar e diferenciar os aromas cítricos, próprios do limão e da laranja, visto que as substâncias que os caracterizam são formadas pelos mesmos elementos químicos, tanto em tipo quanto em quantidade?”. Sabe-se que a diferenciação entre os aromas surge porque os enantiômeros D-(+)-limoneno entram em contato com as células sensoriais nervosas do nariz e geram uma resposta olfativa quando se é exposto à laranja, enquanto que o L-(-)-limoneno é apreciado quando em contato com o limão. Nessa comparação entre os enantiômeros do limoneno sobre sua propriedade organoléptica, o cheiro, torna-se explícito o fato de a composição tridimensional da molécula realmente afetar as propriedades físico-químicas da matéria. Segundo Islas e Buhse (2007), as moléculas dos receptores nasais podem sentir a diferença entre enantiômeros de certos agentes químicos, assim como sentimos a diferença ao colocarmos o sapato esquerdo no pé direito e vice-versa. É importante destacar que, nessa parte da aula, outros exemplos foram citados, tais como ação de remédios e fármacos, comportamento biológico de animais,

atuação de enzimas no nosso organismo, entre outros.

Dando continuidade à aula, apresentaram-se os conceitos sobre estereoisômeros, bem como os termos usados para diferenciá-los. Para tanto, foi empregado um modelo molecular de mão, o Atomlig 77 Educação do composto ácido tartárico, a fim de auxiliar os alunos a visualizar as estruturas tridimensionais dos estereoisômeros do composto supracitado. Esse modelo molecular é constituído de varetas e bolas coloridas, que representam, respectivamente, as ligações e os átomos, tornando possível mostrar ao aluno a estrutura 3D da molécula que está sendo estudada. Ainda empregando esse recurso, demonstrou-se a sobreposição das moléculas para identificar os compostos enantioméricos, diastereoisoméricos e mesocompostos. Em seguida, representaram-se as moléculas tridimensionalmente, utilizando os modelos moleculares impressos em papel A4. Utilizaram-se as moléculas  $A_1$ ,  $B_1$  e  $C_1$  (Figura 8) para a explicação. Nesse caso, foram utilizadas duas folhas A4 com essas moléculas impressas, sendo  $A_1$  em uma folha e  $B_1$  e  $C_1$  em outra folha em frente e verso. A propósito, é importante lembrar que as estruturas  $B_1$  e  $C_1$  também foram impressas em transparências. Com auxílio de fita adesiva, fixaram-se as estruturas  $A_1$  e  $B_1$  no quadro (Figura 9A), exibindo aos alunos o fato de as duas estruturas serem imagens especulares entre si. Em seguida, demonstrou-se a sobreposição das moléculas  $A_1$  e  $B_1$  a fim de verificar que tipo de estereoisômeros elas são. Com o auxílio da transparência com a estrutura  $B_1$ , fez-se a sobreposição com a estrutura  $A_1$  (Figura 9B). Por se tratar de transparência, os alunos conseguiram visualizar os ligantes e suas projeções dentro do composto. Ainda na análise das

estruturas, girou-se a folha onde a estrutura  $B_1$  está impressa em  $180^\circ$  no eixo horizontal, resultando na estrutura  $C_1$  (Figura 10A). Comparou-se a estrutura  $C_1$  com a estrutura  $A_1$ . Diante desse quadro, os alunos verificaram que os ligantes estavam sobrepostos, mas a ligação estava virada, ou seja, o ligante estava em lados diferentes na molécula. Logo após, colocou-se a transparência da estrutura  $C_1$  sobre a estrutura  $A_1$  e verificou-se se são sobreponíveis ou não (Figura 10B). Nesse caso, analisaram-se as estruturas  $A_1$  e  $B_1$ , que são pares de enantiômeros. Repetiu-se o procedimento descrito acima com as outras estruturas contidas na Figura 8.

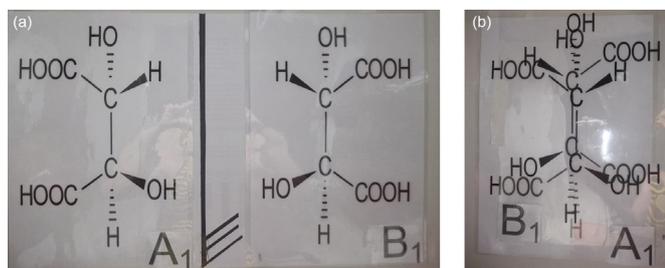


Figura 9: (A) Fotos de um isômero do ácido tartárico e sua imagem especular; (B) sobreposição dos dois estereoisômeros do ácido tartárico utilizando a metodologia das transparências.

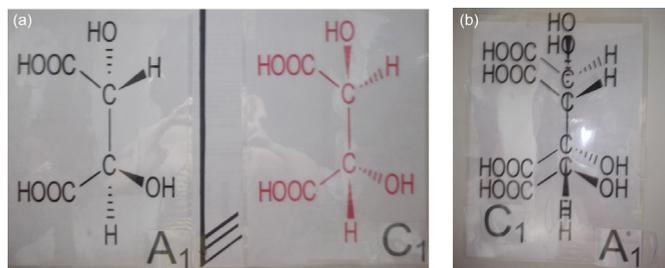


Figura 10: (A) Fotos de um isômero do ácido tartárico e sua imagem especular girada  $180^\circ$  na horizontal; (B) sobreposição dos dois estereoisômeros do ácido tartárico utilizando a metodologia das transparências.

O uso das transparências facilitou a visualização da justaposição das moléculas analisadas, levando os alunos a identificar se estas são sobreponíveis ou não. Depois de explorar as outras estruturas e retomar os conceitos envolvidos na aula, a turma discutiu sobre a aplicação da estereoquímica no cotidiano, conversando sobre o desenvolvimento de remédios na medicina (Coelho, 2001), feromônios na biologia (Ferreira; Zarbin, 1998; Quadros, 1998), entre outros exemplos, além da realização de exercícios para fixar o conteúdo aprendido. Em seguida, aplicou-se um questionário aos alunos para avaliar a estratégia didática desenvolvida. A seguir, apresentamos algumas considerações sobre esta.

### Avaliação dos questionários

A parte final da aula versa sobre a avaliação da estratégia didática aplicada, com vistas à identificação dos fatores que auxiliaram os alunos na aquisição dos conhecimentos sobre

estereoquímica. Durante a utilização do método proposto, os alunos participaram intensamente, fazendo perguntas, dando opiniões e explicações aos colegas sobre o que entenderam. Assim como, quando questionados sobre as dificuldades que eles encontraram para entender o conteúdo de estereoquímica, relataram que a visualização espacial das moléculas foi o maior empecilho como apresentado.

*A1: Minha maior dificuldade foi de visualizar a molécula 3D no plano e também passar a molécula do plano para 3D.*

As dificuldades relatadas pelos alunos que participaram da estratégia didática, acima expressa, assemelham-se àquelas identificadas pelos autores supracitados no que se refere à visualização da estrutura tridimensional da molécula, bem como à transição de um modelo tridimensional para o bidimensional, conforme explicita o relato abaixo:

*A2: Imaginar a molécula fora do plano e perceber se sua imagem especular é sobreponível ou não. Além disso, perceber qual é o carbono quiral.*

É importante lembrar que, quando o aluno não consegue visualizar as diferenças entre as moléculas, seja em suas conformações seja em suas configurações, o ensino dos conceitos em foco se torna ininteligível. Logo, como não percebe as diferenças entre as moléculas, quer em suas conformações quer em suas configurações, não é apto a classificá-las de acordo com a teoria, pois para eles, todas as moléculas representam a mesma estrutura, o que pode ser constatado em:

*A3: A principal dificuldade é entender como se analisa a molécula no plano e seus isômeros. Não só pela dificuldade de imaginar a molécula nas dimensões reais, mas também porque é complicado compreender as regras de análise dela no plano.*

Quando questionados sobre a metodologia utilizada, os alunos verificaram que esta facilitou a visualização das moléculas no espaço, bem como suas sobreposições. A estratégia proposta mostra moléculas tridimensionais representadas bidimensionalmente como veriam em sua estrutura, o que contribui para seu entendimento do conceito. Por sua vez, aproxima a teoria da realidade do aluno, facilitando o aprendizado do conteúdo dado, já que a linguagem utilizada foca nos aspectos visos-espaciais das fórmulas de projeções em perspectivas e de Fischer, tornando-as mais inteligíveis para o discente. A título de exemplificação, apresenta-se a resposta abaixo, que descreve as limitações do estudo:

*A5: Me auxiliou, pois dá pra pôr a transparência em cima e ver que é sobreponível, mas seria melhor se fosse um material para cada aluno.*

Como as moléculas impressas no verso da folha A4 tinham suas ligações em perspectivas invertidas, estas contribuíram para que os alunos entendessem o que ocorria com suas (das moléculas) conformações durante as rotações. Portanto, as impressões permitiram-lhes ver como a molécula se comportava ao invés de apenas imaginá-la. Também lhes ensinaram como desenhar a estrutura tridimensional no plano, possibilitando-lhes entendê-la em estudos posteriores. Concomitantemente, as impressões conduziram os aprendizes ao entendimento das moléculas que posteriormente podem ser consultadas em livros, bem como manuseadas. De posse desse entendimento, os alunos tornaram-se capazes de imaginar a estrutura tridimensionalmente, bem como quando esta era rotacionada no espaço, alterando sua conformação; e capazes ainda de identificar as diferentes configurações moleculares e associar seus nomes adequadamente, como no extrato apresentado:

*A3: Sim, principalmente as folhas brancas com a molécula invertida atrás. Por ela, dá para visualizar mais rápido e não causa tanta confusão. A folha transparente ajuda bastante na comparação entre as estruturas.*

*A6: Auxiliou, pois segue um padrão de “desenhos” e facilita bastante a visualização, como vemos nas provas e nos livros.*

Durante a aula de estereoquímica, foram utilizados os modelos de mão (concreto) e as estruturas impressas como recurso para visualização das estruturas moleculares (representacionais). Os alunos compararam os métodos utilizados em sala de aula a fim de avaliar a estratégia. As análises das opiniões apresentadas pelos alunos demonstram que o modelo impresso atenua a maior dificuldade destes: a representação das moléculas em seus cadernos, onde precisam desenhar a molécula 3D em 2D, dando-lhe realismo. Tal feito não pode ser realizado pelos modelos de mão, geralmente utilizados como identificado pelos alunos:

*A7: Para aprender, eu prefiro as estruturas impressas. O modelo de mão permite uma ótima visão, mas não ajuda a entender como fica no caderno.*

*A9: As estruturas impressas são melhores para o entendimento, porque dá uma visão planificada da molécula.*

A ideia principal não é apresentar um método autossuficiente que inutilize os demais, mas que possa complementar os existentes de forma que torne o aprendizado mais eficaz. Essa visão foi apresentada por vários alunos, uma vez que se aproveitaram de características bem distintas de cada recurso empregado.

*A8: Prefiro os dois. Porque um complementa o*

*outro. O modelo impresso é mais fácil de visualizar e estudar e o modelo de mão Atomlig é mais divertido e mais fácil de mudar os elementos de posição.*

*A10: Acho que ambos são muito bons para o aprendizado, mas cada um em certas características. A utilização do modelo de mão Atomlig ajudou na vivacidade da aula nos auxiliando a visualizar no espaço as moléculas, mas a metodologia das estruturas impressas foram melhores no que se refere à imagem especular e comparação.*

Após analisar as declarações dos alunos, pode-se apontar que a metodologia proposta por este trabalho auxilia o educando no processo de aprendizagem de estereoquímica, propondo uma estratégia de ensino pautada na visualização das moléculas estudadas por meio de comparações, justaposição e sobreposição destas.

### **Considerações finais**

Vários recursos são utilizados pelos professores durante suas aulas com a finalidade de auxiliar o aluno no processo de aquisição de conhecimento, diminuindo ou atenuando dificuldades intrínsecas ao conteúdo de estereoquímica. Levando em consideração esse fato, as metodologias costumeiramente têm como objetivo criar um modelo real que represente uma molécula que era apenas imaginária, facilitando sua visualização em suas diferentes conformações.

A metodologia aqui proposta foi aplicada aos alunos como mais um meio de facilitar a visualização da estrutura tridimensional molecular e suas diferentes configurações e conformações. Por um lado, o método instrucional proposto articula a capacidade dos enantiômeros de produzir diferentes respostas sensoriais e seus efeitos biológicos com a abrangência da simetria especular na natureza. Por outro lado, a estratégia utilizada contempla os modelos virtuais e concretos para o ensino de conceitos químicos de alto domínio espacial.

Conforme constatado na avaliação dos sujeitos de aprendizagem, esta cumpre bem seu papel, uma vez que facilita a compreensão do estudante sobre a estrutura tridimensional molecular, auxiliando-o na visualização das representações de estereoisômeros em suas fórmulas de projeções em perspectivas e de Fischer, tornando possível a comparação e a identificação destas. Dessa forma, pode-se concluir que a metodologia proposta é viável, uma vez que atende aos requisitos pelos quais foi idealizada: auxiliar os alunos no aprendizado dos conteúdos das aulas de isomeria espacial. Os resultados também demonstraram que os discentes preferem a metodologia apresentada por suprir melhor suporte no aprendizado, descomplicando a teoria da estereoquímica. Outra vantagem do método proposto é seu custo: o material utilizado na confecção deste é de baixo custo, simples e de fácil acesso, podendo ser adquirido em qualquer papelaria.

**Gláucia Aparecida Andrade Rezende** (glauucia\_rezende@yahoo.com.br), licenciada, bacharel e mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), doutoranda em Química (UFU), é professora do Instituto de Química (IFG), Campus Itumbiara, Uberlândia, MG – BR. **Nicéa Quintino Amauro** (nicea@iqufu.ufu.br), bacharel e doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo, Instituto

de Química de São Carlos (IQSC/USP), é professora do Instituto de Química (UFU). Uberlândia, MG – BR. **Guimes Rodrigues Filho** (guimes@ufu.br), bacharel em Química pela Universidade de São Paulo (USP), mestre e doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), é professor associado do Instituto de Química (UFU). Uberlândia, MG - BR.

## Referências

ACD/LABS. *ACD/ChemSketch*. 2012. Disponível em: <<http://www.ACD/Labs.com/resources/freeware/chemsketch/>>. Acesso em: 16 set. 2012.

AL-BALUSHI, S.M.; AL-HAJRI, S.H. Associating animations with concrete models to enhance students comprehension of different visual representations in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 15, p. 47-58, 2014.

BRUCE, P.Y. *Química orgânica*. v. 1. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

COELHO, F.A.S. Fármacos e quiralidade. *Cadernos temáticos de Química Nova na Escola*. n. 3, p. 23-32, 2001.

DIAS, A.G.; SOARES, R.O. Quiralidade em moléculas e cristais. *Química Nova*, v. 32, n. 8, p. 2230-2233, 2009.

FERREIRA, J.T.B.; ZARBIN, P.H.G. Amor ao primeiro odor. *Química Nova na Escola*, n. 7, p. 3-6, 1998.

ISLAS, R.J.; BUHSE, T. La vida em uma excursión al origen de la assimetria em la naturaliza. *Ciencias*, n. 87, p. 4-10, 2007.

KUMI, B.C.; OLIMPO, J.T.; BARTLETTA, F.; DIXON B. L. Evaluating the effectiveness of organic chemistry textbooks in promoting representational fluency and understanding of 2D-3D diagrammatic relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 14, n. 2, p. 177-187, 2013.

McMURRY, J. *Química orgânica*. v. 1. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

QUADROS, A.L. Os feromônios e o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 7, p. 7-10, 1998.

QUEIROZ, J.F.; RECENA, M.C.P.; SOUZA, O.P. Material alternativo para discussão de isomeria. In: ENCONTRO DO PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 1., 2010. *Caderno de Resumos*. Campo Grande, 2010.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MOREIRA, M.A. Desenvolvendo

habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 1, p. 65-78, 2009.

RODRIGUES, E.A.; REZENDE, G.A.A.; SILVEIRA, I.D.; SILVA, L.O.P.; MENDONÇA, A.F.; SANTOS, V.F. Construção de um modelo molecular com materiais alternativos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 51., 2011. *Anais...* São Luís, 2011a. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2011/trabalhos/6/6-611-10575.htm>>. Acesso em 15 dez. 2011.

\_\_\_\_\_. Aplicação de modelos moleculares no ensino de isomeria óptica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 51., 2011. *Anais...* São Luís, 2011b. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2011/trabalhos/6/6-611-10575.htm>>. Acesso em 15 dez. 2011.

ROMERO, J.R. *Fundamentos de estereoquímica dos compostos orgânicos*. Ribeirão Preto: Holos, 1998.

RUIZ-CHICA, A.J.; MEDINA, M.A.; URDIALES, J.L.; SÁNCHEZ-JIMÉNEZ, F. One century after Fischer: better tools for teaching the stereochemistry of carbohydrates. *Biochemical Educational*, v. 27, p. 7-8, 1999.

SILVA; SILVA. Dificuldades de aprendizagem no ensino da Isomeria para alunos do Ensino Médio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 47., 2007. *Anais...* Natal: 2007. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/6/6-294-521.htm>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

SOLOMONS, T.W.G.; FRYHLE, C.B. *Química orgânica*. v. 1. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

SOUTO, C.R.O.; DUARTE, H.C. *Cicloalcanos*. Disciplina Química da Vida. Natal: EDUFRRN, 2006.

STULL, A.T.; BARRETT, T.; HEGARTY, M. Usability of concrete and virtual models in chemistry instruction. *Computers in Human Behavior*, v. 29, n. 6, p. 2546-2556, 2013.

WU, H-K.; SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, v. 88, n. 3, p. 465-492, 2004.

**Abstract:** *Drawing optical isomers.* In the study of the concept of stereochemistry, the students' greatest difficulty is the visualization of the molecules in their spatial conformations. We therefore developed a teaching strategy, which is to represent stereoisomers in their formulas for perspective projections and Fischer projections. The structures were prepared with the use of the software ACD/ChemSketch. They were printed in A4 sheets and in transparencies, for the students to visualize the spatial forms of the molecules and the changes in the configuration of the isomers. The methodology proposed in this paper was applied to third-year students of the Integral Integrated Technical Chemistry Course, at the Federal Institute of Science and Technology of Goiás (IFG), Itumbiara Campus. The students answered a questionnaire about the strategy applied in the classroom, at the end of its development. The analysis of their answers revealed that the methodology met its objectives, as it helped the students understand stereochemistry. The results also showed that when the students study isomerism, they prefer the printed model to improve their understanding.

**Keywords:** stereochemistry, organic chemistry, chirality.

# Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa

**Nilma Soares Silva, André Correa Ferreira e Kátia Pedrosa Silveira**

Neste artigo, propomos e descrevemos o desenvolvimento de uma sequência de ensino que utiliza recursos multimídia, articula animações, simulações e vídeos como fundamentação fenomenológica para o estudo das teorias atômicas. Utilizamos abordagens investigativas com o objetivo de que o aluno construa e organize as suas ideias sobre a constituição da matéria. Consideramos o desenvolvimento da sequência descrita bastante influente no alcance desse objetivo e indicamos alternativas para a melhoria da abordagem desse tópico estruturador do conhecimento químico.

► modelos atômicos, multimídia, abordagem investigativa ◀

Recebido em 16/09/2013, aceito em 09/08/2014

141

## Sobre simulações, modelos atômicos e ensino de química

Neste trabalho, relatamos nossas experiências no que concerne à preparação de uma proposta de ensino de modelos para o átomo. Para isso, utilizamos como fundamentação teórica autores e documentos que discutem o ensino de química no Brasil, as simulações computacionais e o ensino por investigação. Apontamos cinco argumentos que permearam o desenvolvimento das nossas atividades.

O primeiro aparece nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 2000), que expõem a importância da interação do aluno com as tecnologias modernas. Segundo esse documento, a utilização de recursos multimídia nas aulas de química figuraria como um ponto positivo em uma proposta de ensino com viés de formação cidadã.

*[...] no estudo dos modelos para o átomo, é difícil contemplar o foco fenomenológico, uma vez que não existem muitos experimentos ou observações simples de serem realizados em sala de aula. Torna-se, então, difícil para o aluno formar efetivamente as relações mentais entre a teoria e a representação. Isso porque, geralmente, a compreensão do nível submicroscópico não passa pelo vértice do fenômeno, observado macroscopicamente.*

O segundo nasce da necessidade de incorporar o fenômeno nas aulas de química e da dificuldade de encontrá-lo dentro do tema abordado. Mortimer et al. (2000) apontam os focos de abordagem da química no ensino médio, que são: o estudo das propriedades, da constituição e da transformação dos materiais. Cada um desses três focos pode

ser explorado em três aspectos possíveis de serem abordados: o fenomenológico, o teórico e o representacional. Segundo esses autores, esses três aspectos devem ter importâncias iguais e serem articulados de maneira a produzir um aprendizado mais inteiro, que faça sentido dentro do cotidiano do aluno e que mude o seu entendimento e a sua maneira de explicar e enxergar o mundo.

O aspecto teórico refere-se às teorias e aos modelos (Mortimer et al., 2000). Sob esse ponto de vista, consideramos que os modelos têm extrema importância na química, pois a partir deles, pode-se prever propriedades, propor constituição e inferir sobre as transformações dos materiais. Por outro lado, eles podem nos permitir articular os três focos de abordagem da química no ensino médio.

A seção "Relatos de sala de aula" socializa experiências e construções vivenciadas nas aulas de Química ou a elas relacionadas.

Entretanto, no estudo dos modelos para o átomo, é difícil contemplar o foco fenomenológico, uma vez que não existem muitos experimentos ou observações simples de serem realizados em sala de aula. Torna-se, então, difícil para o aluno formar efetivamente as relações mentais entre a teoria e a representação. Isso porque, geralmente, a compreensão do nível submicroscópico não passa pelo vértice do fenômeno, observado macroscopicamente. Levando em consideração essa dificuldade existente no ensino de modelos para o átomo, encontramos espaço para o uso da simulação computacional.

Segundo Giordan (2008, p. 190), “a simulação é uma forma de mediação distinta que serve para relacionar os fenômenos macroscópicos e submicroscópicos, uma construção teórica que nem sempre encontra sustentação empírica para medições”. Assim sendo, ao utilizarmos as ideias do autor em nosso trabalho, a simulação ganha um caráter de experimento, preenchendo o vértice fenomenológico do triângulo que articula os três aspectos mais importantes da química do ensino médio.

O terceiro argumento corrobora com o segundo, uma vez que reforça o papel relevante da simulação nesse tema. Isso ocorre quando essa ferramenta funciona como ponte de mediação entre o fenômeno submicroscópico e a visualização de sua representação.

Neste trabalho, utilizamos vídeos, animações e simulações em quase todas as etapas do planejamento didático. As duas primeiras ferramentas auxiliaram na problematização inicial, na compreensão, na revisão do conteúdo e como demonstração de um experimento que não pode ser realizado em uma sala de aula convencional. As animações não são necessariamente fiéis às leis da física, figurando apenas como ferramentas chamativas para contextualização histórica e resumo de ideias. A maior parte da análise de dados e investigação de hipóteses deste trabalho foi baseada em simulações computacionais. Concordamos com Giordan (2008, p. 190) quando apresenta uma definição para simulação:

*[...] estamos nos referindo à noção de simulação, na qual se transpõe o fenômeno para o plano simulado mediante a programação do computador, de modo a reproduzir as leis físicas que regem o fenômeno e de forma também a representar visualmente o fenômeno na tela do computador.*

Nesse sentido, pretendemos usar a simulação como uma ferramenta que permita que os alunos possam observar os fenômenos submicroscópicos como se eles estivessem enxergando o átomo. A simulação se mostra especialmente útil para o ensino de modelos para o átomo ao representar os

resultados esperados de um determinado experimento para cada um dos modelos atômicos. Na simulação, podemos mostrar resultados diferentes que auxiliem no entendimento da evolução da ciência e das considerações que cada modelo traz sobre a constituição da matéria.

O quarto argumento está ligado à forma tradicional com a qual a maioria dos professores de química do estado de Minas Gerais vem trabalhando em suas aulas. Mortimer et al. (2000), engajados na formação continuada de professores, apontam que a maioria dos educadores utiliza, prioritariamente, métodos tradicionais de ensino, que serão confrontados, mais adiante, com abordagens que se mostraram mais relevantes e mais eficientes em uma construção mais significativa do conhecimento.

Formatamos um quinto argumento fundamentados em ideias de autores cujas atividades baseiam-se no ensino por investigação e que apontam as características desejadas para esse tipo de atividade, bem como a eficácia do método. Nessa abordagem, o aluno protagoniza a construção do conhecimento, de forma que ele deve basear-se em suas vivências e em suas observações para formular suas teorias e modelos.

Uma vez apresentados os argumentos norteadores deste trabalho, passamos a uma descrição mais detalhada da abordagem de ensino por investigação, bem como do relato das atividades e análises realizadas.

### O ensino por investigação

A motivação para utilizar ideias do ensino por investigação baseia-se em dois fatores: o primeiro trata-se de um consenso, no qual, ainda hoje, a maioria dos professores de ciências da educação básica utiliza-se de métodos tradicionais, ou seja, o conhecimento é vertical, de tal maneira que o educador assume a posição de única fonte de produção de significados; no segundo, acredita-se que a proposta de um ensino por investigação, com todas as suas características, favoreça que o aluno construa as suas ideias e, dessa forma, a aprendizagem seja mais inteira e significativa (Lima; Munford, 2007).

Uma das principais características do ensino por investigação é a proposta de aproximação entre a ciência acadêmica e a ciência escolar. Justamente devido ao reconhecimento da grande diferença que existe entre elas, entende-se que o ensino de ciências hoje não reflete a prática da ciência acadêmica, portanto, há a criação de um estereótipo de cientista e do fazer científico que é prejudicial para o ensino.

Esse distanciamento pode ser identificado considerando-se os conteúdos estudados e os lugares e as formas de promoção do conhecimento. De acordo com Lima e Munford

**Neste trabalho, utilizamos vídeos, animações e simulações em quase todas as etapas do planejamento didático. As duas primeiras ferramentas auxiliaram na problematização inicial, na compreensão, na revisão do conteúdo e como demonstração de um experimento que não pode ser realizado em uma sala de aula convencional. As animações não são necessariamente fiéis às leis da física, figurando apenas como ferramentas chamativas para contextualização histórica e resumo de ideias.**

(2007, p. 6), “o principal objetivo da escola é promover a aprendizagem de um conhecimento científico já consolidado, enquanto, por outro lado, o principal objetivo da ciência acadêmica é produzir novos conhecimentos científicos”. Além disso, os cientistas possuem à sua disposição recursos mais abundantes e mais específicos como equipamentos com alto grau de confiabilidade, que produzem análises muito mais complexas. Então, a aproximação dessas duas formas de fazer ciência é muito difícil, mas pode colaborar para que o ensino de ciências se torne mais verdadeiro, duradouro e formador.

Na escola, temos à disposição poucos ou pouquíssimos recursos para experimentação, sendo mais comum a presença de laboratórios de informática e projetores. Neste trabalho, adotamos a ideia de que tais aparatos tecnológicos podem permitir a simulação computacional como forma de fazer experimentos, porém em outra perspectiva.

Na visão de Azevedo (2004), uma abordagem de ensino tem caráter investigativo quando possibilita:

- 1) Proposição de um problema: apresenta-se uma pergunta que instigue a curiosidade científica dos estudantes. Em nossas aulas, a pergunta proposta foi: Do que são feitos todos os materiais?
- 2) Levantamento de hipóteses: etapa de discussão e descobrimento das concepções dos estudantes. Durante nossas atividades, percebemos que os estudantes participantes já conheciam alguns fatos da composição dos materiais. Portanto, algumas hipóteses levantadas foram prontamente descartadas e outras mais elaboradas emergiram.
- 3) Elaboração do plano de trabalho: discussão sobre como serão testadas as hipóteses levantadas na etapa anterior. Por falta de tempo, essa etapa de nossas atividades foi balizada pelos professores.
- 4) Montagem do arranjo experimental e coleta de dados: os alunos devem fazer as observações pertinentes à investigação. Em nossas aulas, essas observações foram feitas por meio de simulações, de um experimento e da exibição discutida de alguns vídeos de experimentos.
- 5) Análise dos dados: os alunos devem discutir entre si os resultados obtidos e confrontá-los com as hipóteses levantadas, bem como com a questão-problema.
- 6) Conclusão e socialização das ideias: nessa última etapa, os alunos devem criar e socializar suas próprias teorias para responder à questão-problema.

Sá (2009) aponta que uma atividade investigativa pode ter abordagens variantes no que se refere ao maior ou menor grau de responsabilização dos estudantes e direcionamento do material didático. Em seu trabalho, a autora cita as três abordagens sugeridas por Schwab (2000 *apud* Sá, 2009, p. 51-52) e indica que

*[...] existem inúmeros matizes definidos pelos diferentes modos de compor os diversos níveis de responsabilidade do professor e dos estudantes e de estabelecer as formas de cooperação entre esses sujeitos quando esses realizam cada uma das cinco*

*ações: 1- Os estudantes engajam-se em questões de orientação científica; 2- Os estudantes dão prioridade às evidências ao responderem as questões; 3- Os estudantes formulam explicações a partir de evidências; 4- Os estudantes conectam suas explicações ao conhecimento científico; 5- Os estudantes comunicam e justificam suas conclusões.*

Tais características nos guiaram na proposição das atividades e nos modos de condução das aulas relatadas neste trabalho.

## **A sequência de ensino e seu desenvolvimento**

Participaram das aulas, que relatamos neste trabalho, 24 alunos de uma turma do 1º ano do ensino médio regular de uma escola pública federal com cursos técnicos integrados da cidade de Belo Horizonte (MG). Os estudantes foram divididos em seis grupos, as atividades foram desenvolvidas durante as aulas de química e realizadas em uma sala ambiente. O projeto surgiu a partir de exigências do estágio curricular do curso de licenciatura em química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e foi desenvolvido durante parte do primeiro semestre de 2012, utilizando-se seis aulas de 100 minutos.

A maioria dos recursos multimídia empregados, bem como alguns de seus roteiros, tiveram como base o trabalho de Silva (2012). Outros recursos multimídia foram pesquisados na internet como, por exemplo, simulações disponíveis gratuitamente no portal PhET (Physics Education Technology - [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](http://phet.colorado.edu/pt_BR/)), vídeos disponíveis nos portais Youtube (<http://www.youtube.com>) e pontociência ([www.pontociencia.org.br](http://www.pontociencia.org.br)).

As análises foram realizadas a partir das anotações e observações do estagiário 1. Analisamos também um questionário individual de opinião e de conteúdo respondido pelos estudantes, além das impressões da professora supervisora de estágio e da professora do campo de estágio (regente), responsável pela turma.

## **Preparação e intervenção**

O quadro 1 contém informações sobre as atividades desenvolvidas na sequência de ensino relatada nesse trabalho.

Pensando em uma problematização inicial, utilizamos o vídeo *Tudo é matéria* (<http://youtu.be/XhNx1QK9HEI>) como base para uma discussão sobre as primeiras ideias dos filósofos gregos acerca da constituição dos materiais. A utilização de vídeos para problematização, sozinha, não é suficiente para gerar a proposição de um problema. No entanto, essa ferramenta, quando aliada a uma postura questionadora do professor, pode produzir uma atividade com caráter investigativo. Portanto, partimos do vídeo com as ideias dos filósofos gregos e formulamos duas perguntas que poderiam caracterizar uma atividade investigativa.

As duas questões podem ser abordadas de modo que os alunos reflitam e entendam melhor as limitações dos

Quadro 1: Atividades desenvolvidas na sequência de ensino.

Aula	Assunto	Recurso utilizado	Responsável
1	Introdução: do que é feita a matéria?	Vídeo <i>Tudo é matéria da série Mundos invisíveis</i> ( <a href="http://youtu.be/XhNx1QK9HEI">http://youtu.be/XhNx1QK9HEI</a> )	Estagiário 2
1	Modelo atômico de Dalton	Animação <i>Modelo atômico de Dalton</i> ( <a href="http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/18565">http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/18565</a> )	Estagiário 2
2	Natureza elétrica dos materiais	Simulação <i>Balões e eletricidade estática</i> ( <a href="http://phet.colorado.edu/pt/simulation/balloons">http://phet.colorado.edu/pt/simulation/balloons</a> )	Regente
2	Estudos de Crooke, raios catódicos e modelo de Thomson	Apresentação em slides de autoria própria com textos, imagens e os seguintes vídeos: <i>Crook's tube</i> ( <a href="http://youtu.be/Sikzu09q6cc">http://youtu.be/Sikzu09q6cc</a> ), <i>Crookes Maltese cross tube</i> ( <a href="http://youtu.be/Xt7ZWEDZ_GI">http://youtu.be/Xt7ZWEDZ_GI</a> ) e <i>Puluj (Crookes) Tubes – windmill and radiometer</i> ( <a href="http://youtu.be/gh6G4xynKxs">http://youtu.be/gh6G4xynKxs</a> )	Regente
3	Experimentos de Rutherford	Simulação <i>Rutherford's experiment</i> ( <a href="http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/ruther14.swf">http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/ruther14.swf</a> ) Vídeo <i>aula 1 vídeo complementar teorias atômicas experimento de Rutherford</i> ( <a href="http://youtu.be/CRU1ltJs2SQ">http://youtu.be/CRU1ltJs2SQ</a> )	Regente
3	Número de massa, número atômico, elemento químico e isótopos	Apresentação em slides de autoria própria	Regente
4	Radioatividade	Atividade <i>O mistério de Rutherford</i> ( <a href="http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=540&amp;O+MISTERIO+DE+RUTHERFORD">http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=540&amp;O+MISTERIO+DE+RUTHERFORD</a> ) Vídeo <i>Experimento de Becquerel</i> ( <a href="http://www.youtube.com/watch?v=Do-p-GdWUc0">http://www.youtube.com/watch?v=Do-p-GdWUc0</a> )	Estagiário 1
5	Teste de chama	Atividade experimental	Estagiário 1
5	Modelo de Bohr	Simulação <i>Modelos do átomo de hidrogênio</i> ( <a href="http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=16657">http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=16657</a> )	Estagiário 1
6	Ideias atômicas atuais	Simulação <i>Modelos do átomo de hidrogênio</i> ( <a href="http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=16657">http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=16657</a> )	Estagiário 1

primeiros conceitos sobre a constituição da matéria: 1- Como o modelo alquímico explica o fato de o bebê se alimentar apenas de leite e ter crescimento de cabelos, unhas, ossos etc.?; 2- Como o modelo atomístico explica o mesmo fato?

Como objetivo inicial, os alunos deveriam discutir e concluir, juntamente com o estagiário 2, que os dois modelos se baseiam na transmutação da matéria. Enquanto o modelo alquímico prevê que uma alteração na quantidade de água, terra, fogo e ar num material mudaria a sua identidade, o modelo atomístico prevê a transmutação direta dos átomos de leite em átomos de ossos, cabelos, unhas etc.

Na segunda aula, a simulação *Balões e eletricidade estática* foi uma alternativa aos experimentos tradicionais de eletricidade estática, que nem sempre funcionam adequadamente. Essa simulação também permite a visualização das cargas, o que é muito proveitoso para facilitar o entendimento do aluno sobre o fenômeno observado. O trabalho de Silva (2012) apresenta um bom roteiro para essa atividade.

Na apresentação em slides, a regente fez uma explanação sobre a contextualização histórica da ciência na época dos experimentos de Crooke e mostrou uma imagem dos raios

catódicos. Foi proposto aos alunos tentar criar experimentos para determinar as propriedades dos raios catódicos (se possuem carga, se possuem massa e se viajam em linha reta). Após uma breve discussão, os três vídeos foram exibidos e os alunos tiveram a oportunidade de participar de um momento que se assemelha à atividade científica, na qual propuseram hipóteses e explicações para o fenômeno.

Nesse caso, de acordo com Sá (2009), as etapas da atividade estiveram, em certos momentos, com maior direcionamento pelo professor, quando este apresentou a contextualização histórica e, em outros momentos, com maior responsabilização dos estudantes como, por exemplo, quando propuseram, em um primeiro momento, as ações 1, 2 e 3 e ao discutirem suas propostas a partir dos vídeos, durante as ações 4 e 5 (NRC, 2000 *apud* Sá, 2009). Com isso, foi possível utilizar os vídeos do portal Youtube de maneira investigativa.

Utilizamos a simulação *Rutherford's experiment* que apresenta falas em inglês e, cuja exibição, sugerimos, seja realizada sem som. Esta é uma simulação importante por apresentar os resultados esperados pelo cientista, tornando-se

também uma boa oportunidade para revisar o modelo anterior, de Thomson, e discutir suas limitações. Como em outros momentos, nesse caso, o papel do professor é muito importante, pois, muitas vezes, a simulação, sem a intervenção apropriada, não é interpretada de maneira adequada pelos estudantes. Outra simulação, que não foi apresentada, mas que tem alta qualidade é a *Rutherford scattering*, que apresenta o close em um átomo no modelo de Rutherford e Thomson, além de permitir que se mude o número de prótons presentes no núcleo, o número de nêutrons e a energia das partículas alfa.

Em seguida, abordamos com os alunos a radioatividade antes do modelo atômico de Bohr. Observamos grande interesse por parte deles sobre as radiações e também acreditamos que a análise histórica dos estudos sobre radioatividade, quando abordados em conjunto com os modelos de Thomson, Rutherford e Bohr, auxilia na compreensão do contexto em que esses modelos foram propostos, assim como suas relações.

Apresentamos então um novo tipo de atividade para os estudantes: um desafio com a atividade *O mistério de Rutherford*. Pedimos que elaborassem uma explicação com fundamentação científica para explicar o fenômeno observado no vídeo *Por que o contador Geiger não detecta diminuição da radiação após a colocação da segunda placa?*. Essa atividade foi a que provocou a discussão na qual eles mais se envolveram. Ao socializar as hipóteses, o estagiário 1 ouviu cada uma delas e foi dialogando com a turma sobre as possibilidades e impossibilidades das ideias propostas. Ao final da discussão, chegamos à conclusão de que deveriam existir, no mínimo, dois tipos de radiação provenientes do sal de urânio: uma que seria facilmente barrada por uma placa de alumínio e outra que não sofreria interferências de uma, duas ou, talvez, mais placas de alumínio.

Após essa conclusão, perguntamos: “E se eu disser para vocês que eu conheço pelo menos mais seis tipos de radiação? Isso invalida o modelo que vocês propuseram?” Prontamente, a maioria dos alunos afirmou que, ainda assim, o modelo proposto era adequado para aquela situação e que, para outras, deveriam fazer outros experimentos e talvez até outros modelos. Mais uma vez apontamos a importância do direcionamento do professor e da responsabilização dos estudantes ao longo da atividade de forma a caracterizar um processo investigativo.

Entendemos que a pergunta “Isso invalida o modelo que vocês propuseram?” ou outras similares são de grande importância para relacionar o fazer científico e a criação de modelos. Os alunos demonstraram entender que todo modelo tem suas limitações, mas que eles ainda podem ser muito úteis para descrever ou prever fenômenos.

No que concerne às investigações de Becquerel sobre radiações, o vídeo *Experimento de Becquerel*, do portal Ponto

Entendemos que a pergunta “Isso invalida o modelo que vocês propuseram?” ou outras similares são de grande importância para relacionar o fazer científico e a criação de modelos. Os alunos demonstraram entender que todo modelo tem suas limitações, mas que eles ainda podem ser muito úteis para descrever ou prever fenômenos.

Ciência, traz muitas informações e boa contextualização histórica do período em que foi realizado o experimento. Exibimos o vídeo, pausando várias vezes, para explicar mais detalhadamente cada aspecto dessa experiência. Após a sua exibição e de uma breve discussão, iniciamos uma aula expositiva sobre os tipos de radiação (alfa, beta e radiações do espectro eletromagnético) e algumas de suas propriedades. Percebemos que uma aula expositiva pode ser muito proveitosa quando o assunto já foi abordado de maneira diferenciada e, nesse caso, propiciou também a sistematização das ideias sobre a radiação.

Avançando nas ideias atômicas, pensamos em como problematizar o modelo de Bohr. Para

isso, relacionamos o espectro eletromagnético e a atividade experimental do *Teste de chama*. Uma alternativa para essa atividade é a exibição do vídeo *Teste atômico*, produzido pelo portal Ponto Ciência – o vídeo, o roteiro experimental e os resultados esperados podem ser encontrados em <http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=787&TESTE+ATOMICO>. Perguntamos, ao final da atividade, se o modelo de Rutherford conseguia explicar o fenômeno observado no experimento. Os estudantes concluíram que esse modelo não explicita nenhuma característica que explique a emissão atômica. No entanto, eles não conseguiram argumentar sobre as causas dos resultados observados.

Seguimos apresentando aos alunos a contextualização histórica do modelo de Rutherford. Já na época da sua formulação, a física clássica possuía ferramentas para contestar a estabilidade do átomo no modelo planetário proposto por Ernest Rutherford. Essas evidências, combinadas às pesquisas de Max Planck e da natureza ondulatória da luz, abriram espaço para a proposta do modelo atômico de Bohr.

Um importante trabalho, dentro do tema dos modelos para o átomo, foi desenvolvido por Niels Bohr. Para apresentar aos estudantes o seu modelo, a simulação *Modelos para o átomo de hidrogênio* é a que apresenta maiores possibilidades de trabalho tanto para o professor quanto para os alunos. Essa simulação representa átomos de hidrogênio segundo as ideias de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, De Broglie e Schrödinger; e também as previsões para o comportamento do átomo quando for irradiado com luz visível ou ultravioleta. Seguindo o roteiro baseado no trabalho de Silva (2012), projetamos a simulação, enquanto o estagiário 1 fazia as perguntas aos estudantes. Isso colaborou para que eles percebessem como ocorre a emissão atômica no modelo de Bohr, o que foi corroborado pelas respostas aos questionários de avaliação.

Relacionamos ainda a prática do *Teste de chama* à excitação dos elétrons no modelo de Bohr: a partir do aquecimento bem como pela absorção de fótons. Além disso, propusemos também uma discussão com os estudantes acerca dos fatores

que explicam a emissão de cores diferentes em átomos diferentes.

Para concluir o plano de ensino, realizamos uma aula de 50 minutos na qual apresentamos as ideias atômicas de De Broglie e Schrödinger, além de enfatizarmos o aspecto matemático desse último. Consideramos que, para aproximar os estudantes da ciência acadêmica, é importante explicitar a necessidade da descrição dos fenômenos físicos por meio da matemática uma vez que, ao lado dela, as ideias contemporâneas nas ciências exatas são legitimadas.

### Avaliação das intervenções

Aplicamos, duas semanas após o término do projeto, o questionário de avaliação do trabalho realizado em sala de aula. Foi perguntado aos alunos de quais atividades eles mais gostaram e quais foram mais úteis para o seu aprendizado. Dos 20 alunos presentes, 16 indicaram o experimento do teste de chama como sendo o de que eles mais gostaram e 4 responderam que todas as atividades auxiliaram na compreensão do conteúdo. Isso mostra que, realmente, o experimento chama a atenção dos alunos. Contudo, consideramos que a sua simples realização não é garantia de aprendizado, mas uma vez aliada a uma postura investigativa, o potencial do experimento é grande.

Para a segunda pergunta do questionário, “A maioria das lâmpadas usadas em postes de iluminação pública usa vapores de sódio, que emitem uma luz amarelada. A mesma cor amarelada foi observada no teste de chama do sódio. Explique como acontece a emissão de luz dessas lâmpadas”, treze alunos conseguiram formular respostas corretas com explicações completas utilizando o modelo de Bohr. Três alunos deixaram em branco e quatro apresentaram respostas incompletas. O resultado foi satisfatório considerando o fato de que a teoria de Bohr, necessária para entender o fenômeno da emissão atômica, é complexa.

A simulação dos *Modelos do átomo de hidrogênio* foi escolhida por sete alunos como a atividade mais útil para o seu aprendizado. De fato, essa atividade, assim como seu roteiro, desenvolvido no trabalho de Silva (2012), mostrou-se favorável para o aprendizado do modelo de Bohr. Os alunos estavam respondendo prontamente a todos os questionamentos do roteiro e apresentavam, em suas respostas verbais, o entendimento da teoria. Essa simulação se mostrou completa o suficiente para sanar dúvidas sobre os modelos anteriores, ilustrar o modelo atual e, principalmente, fundamentar com caráter experimental as ideias do modelo atômico de Bohr.

De acordo com a preferência dos alunos, o desafio do *Mistério de Rutherford* figura em segundo lugar, tendo sido escolhido por quatro estudantes como a atividade que mais contribuiu para sua construção do conhecimento. Isso porque, segundo eles, essa atividade os “fez pensar”. Nenhum dos estudantes marcou o vídeo *Mundos invisíveis* como sendo o mais importante ou como aquele que mais colaborou para o aprendizado do conteúdo. O uso deste teve como objetivo

iniciar a proposição de um problema, porém esse material não despertou o interesse dos alunos e, por consequência, eles podem não ter percebido a sua importância. Portanto, para quem planeja utilizar esse projeto na sua escola, outra atividade pode ser pensada.

Na terceira questão do questionário, pedimos para que os alunos desenhassem, dentro de um quadro, a representação em zoom de um recipiente com gás hélio usando os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Dos vinte alunos, quinze conseguiram representar boas características dos modelos de Dalton, Rutherford e Bohr. Dentre esses participantes, 18 representaram corretamente o átomo de hélio por meio do modelo de Rutherford. Tivemos dificuldade de interpretação das representações feitas para o modelo de Thomson. Tomemos como exemplo as Figuras 1 e 2 que trazem essa representação feita por dois alunos.

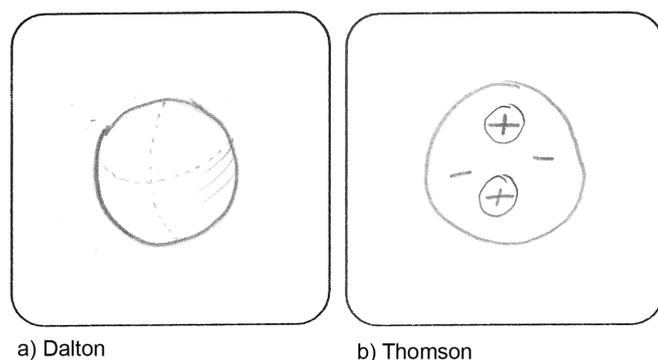


Figura 1: Representações de átomos de Hélio.

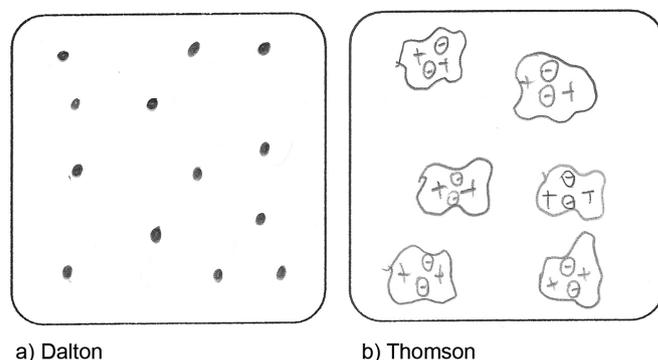


Figura 2: Representações de átomos de Hélio.

Podemos perceber que os dois alunos conseguiram representar o átomo de hélio usando o modelo de Dalton de maneira satisfatória, porém consideramos que o modelo de Thomson, representado na Figura 1, está equivocado. Isso porque o desenho apresenta as partículas dentro do átomo como sendo positivas, entretanto, de acordo com esse modelo, elas deveriam ser negativas. Já na Figura 2, não há representação das características essenciais do modelo de Thomson. Não podemos inferir com certeza se o aluno teve a intenção de representar as cargas positivas distribuídas homogeneamente no volume do átomo. Diante desses dados, concluímos então que, para solicitar a representação de um modelo, faz-se necessária a explicação do desenho. Dessa

forma, o professor poderá ter mais ferramentas para avaliar as ideias representadas pelos estudantes.

No que concerne à interiorização real da montagem assim como dos resultados do experimento de Rutherford e das ideias do modelo de Bohr, entendemos ser essencial a visualização submicroscópica das simulações. A visão da professora regente corrobora essa afirmação quando relata que a intensificação do uso de recursos multimídia faz com que os alunos “aprendam mais”.

Para o estagiário 1, a aula de radioatividade foi considerada a mais relevante, pois foi a que contou com maior envolvimento por parte dos alunos. No desafio do *Mistério de Rutherford*, que apresentava o experimento com o sal de urânio e o contador Geiger, todos os grupos desenvolveram respostas reflexivas. Durante a exposição sobre os tipos de radiação e a radioatividade, todos prestaram muita atenção e muitos questionamentos foram feitos. Percebemos ser de grande interesse por parte deles as questões sobre a radioatividade uma vez que as relações criadas entre as propriedades das radiações eletromagnéticas e o cotidiano dos alunos foram muito instigantes.

Nessa aula, apresentamos o espectro eletromagnético em ordem crescente de energia e, durante o processo, percebemos que os alunos tinham conhecimento de que os raios ultravioleta poderiam causar câncer de pele, assim como outras radiações poderiam causar outros tipos de câncer. A partir dessas informações, conseguimos exemplificar um pouco melhor a penetração das diferentes radiações nos materiais. Essas e outras ideias foram discutidas com os alunos que ressaltaram, ao final da aula, terem “adorado” conhecer mais sobre o assunto.

Essa afinidade pelo desconhecido e poderoso (radioatividade) é típica de um espírito científico que é fomentado no desenvolvimento de práticas de ensino com caráter investigativo. Nesse sentido, a aula sobre radioatividade se torna importantíssima dentro de um projeto que pretende ensinar modelos para o átomo de forma investigativa.

Retomando o questionário citado anteriormente, tentamos aprofundar e extrapolar as perguntas comuns envolvendo o modelo de Bohr. Para isso, formulamos a seguinte questão: “Se a energia necessária para excitar um elétron, no átomo de hidrogênio, do 1º ao 2º nível eletrônico for de 10 eV, o que acontecerá com o elétron quando um fóton com a energia de 7 eV passar pelo átomo?”

Dos 20 questionários analisados, 16 deles apresentaram respostas corretas, prevendo o que aconteceria, contudo apenas 8 continham explicações completas. Para exemplificar o que seria uma resposta completa, tomamos o que foi escrito por uma aluna: “Nada, porque para excitar um elétron desse átomo, a energia deve ser específica”. Consideramos essa uma resposta completa, pois contém a ideia de energia quantizada. Mesmo que a aluna não tenha citado o termo quantizada, ela deu a entender que conhecia a relação necessária entre a absorção de energia e a mudança de nível no modelo de Bohr. Outra resposta considerada completa foi: “Nada irá acontecer com o elétron, pois ele não teria energia

necessária para efetuar saltos quânticos”. Identificamos a mesma relação de absorção específica de energia que foi demonstrada na simulação dos *Átomos de hidrogênio*, apesar de a aluna deixar incerto se o elétron absorve o fóton ou não.

Dentro do âmbito das respostas corretas, houve também aquelas que estavam incompletas. Um exemplo de resposta correta com explicação incompleta, recorrente nos questionários, foi: “Nada, porque o elétron não pode parar no meio do caminho”. Nesse caso, o aluno respondeu corretamente, pois apresentou a previsão do modelo de Bohr para esse cenário. Entretanto, a resposta é incompleta uma vez que ele não explica substancialmente que o elétron não absorve energias de qualquer valor.

A partir do questionário, investigamos ainda a concepção alternativa dos alunos de que as partículas alfa se chocam contra o núcleo do átomo no experimento de Rutherford. Para isso, utilizamos o seguinte item: “Represente com linhas, de acordo com o modelo de Rutherford, a trajetória de 5 partículas  $\alpha$  (alfa) ao se aproximarem do núcleo, como indicado na figura”. Dentre eles, 11 alunos representaram a trajetória das partículas alfa com desvios coerentes como demonstra a Figura 3.

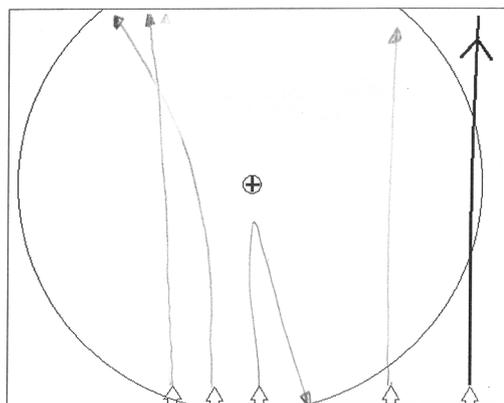


Figura 3: Trajetória das partículas alfa representada com coerência.

As partículas alfa são carregadas positivamente, portanto, são repelidas pelo núcleo do átomo de ouro – também positivo. Isso significa que, quanto mais próximas do núcleo, mais intenso é o desvio dessas partículas. Como resultado, elas não possuem energia suficiente para colidirem com o núcleo. Todavia, dentre todas as representações dessas trajetórias, identificamos dez respostas que apresentavam a colisão da partícula alfa com o núcleo do átomo como mostrado na Figura 4.

Acreditamos que, se a simulação intitulada *Rutherford scattering*, que pode ser encontrada gratuitamente no link <http://phet.colorado.edu/en/simulation/rutherford-scattering>, tivesse sido utilizada nas aulas, essa concepção alternativa poderia ser discutida. Sobre as representações com trajetórias incoerentes, mais uma vez reforçamos que, se o desenho estivesse acompanhado de uma explicação escrita, a interpretação das respostas pelos pesquisadores seria facilitada.

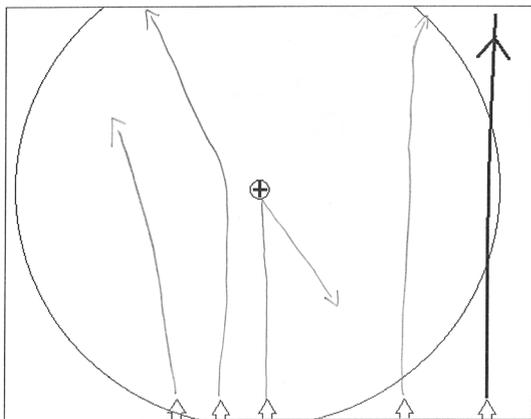


Figura 4: Partícula alfa representada colidindo com o núcleo.

Consideramos ainda que é muito importante que o professor mostre a construção e o embasamento das ideias atômicas atuais no ensino médio. Isso poderia fazer com que o aluno se sentisse mais próximo da ciência acadêmica, que hoje tem um caráter quase puramente matemático no âmbito da área de modelagem química computacional. Dessa forma, é possível que o aluno se sinta mais instigado a refletir sobre a ciência bem como da sua aproximação com a matemática, o que costuma ser difícil até mesmo no ensino superior.

148

## Considerações finais

Durante o desenvolvimento das atividades aqui relatadas, foi possível conhecer mais profundamente o ensino por investigação e aplicá-lo em um contexto escolar. O envolvimento

dos alunos participantes foi bastante satisfatório, pois com o desenvolvimento das atividades propostas, conseguimos estimular sua participação e, conseqüentemente, a construção de ideias importantes para o conhecimento químico.

Acreditamos que a utilização de abordagens investigativas, seja na simulação (Giordan, 2008) ou em atividades experimentais, pode contribuir para que os estudantes construam e organizem as suas ideias sobre a constituição da matéria quando o professor contempla as formas de abordagem e focos conceituais como apresenta Mortimer et al. (2000).

Esperamos, ao relatar neste trabalho uma proposta de ensino para modelos atômicos diferenciada, que estimule o desenvolvimento de habilidades críticas por meio da perspectiva histórica da visão científica sobre o tema e o ensino de química seja enriquecido. Isso se torna possível à medida que os professores fazem uso de ferramentas metodológicas diversificadas em suas aulas.

Consideramos ainda que, de acordo com Lima e Munford (2007) e Sá (2009), o ensino por investigação pode aproximar a ciência escolar da ciência acadêmica dentro do tema *Modelos para o átomo*, quando articula a responsabilização dos estudantes e o direcionamento do professor no decorrer das atividades desenvolvidas nas aulas de química.

**André Correa Ferreira** (andrecf2@yahoo.com.br) é licenciado em Química (UFMG). Belo Horizonte, MG – BR. **Nilma Soares da Silva** (nilmasoares@yahoo.com.br), licenciada em Química, mestre e doutora em Educação (UFMG), é professora supervisora de estágio. Belo Horizonte, MG – BR. **Kátia Pedrosa Silveira** (katiapedrosasilveira@gmail.com), licenciada e bacharel em Química, mestre e doutora em Educação (UFMG), é doutoranda do Programa de Pós-Graduação da FaE/UFMG e professora supervisora de campo. Belo Horizonte, MG – BR.

## Referências

AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A.M.P. (Org.). *Ensino de ciências – unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: SEMTEC, 2000.

GIORDAN, M. *Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008.

LIMA, M.E.C.C.; MUNFORD, D. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*. Minas Gerais, 2007.

SILVA, G.R.; MACHADO, A.H.; SILVEIRA, K.P. Modelos para o átomo: atividades envolvendo a utilização de recursos multimídia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE

QUÍMICA, 16., 2012, Salvador. *Anais...* UFBA: Campus de Ondina, Salvador, 2012. Disponível em: <<http://www.eneq2012.qui.ufba.br/modulos/submissao/Uplod/42168.pdf>> Acesso em: 27 de mar. 2013.

## Para saber mais

VIANA, H.E.B. *A construção da teoria atômica de Dalton como estudo de caso – e algumas reflexões para o ensino de química*. 2007. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H.; ROMANELLI, L.I. A proposta curricular do ensino de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

SÁ, E.F. *Discurso de professores sobre ensino de ciências por investigação*. 2009. 202 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

**Abstract:** *Teaching atomic models by means of multimedia resources in an investigative approach.* We propose and describe the development of a teaching sequence, using multimedia resources, articulating animations, simulations and videos as a phenomenological base for the study of the atomic theories. We employed the scientific inquiry method so that the student would build and organize its own ideas concerning the constitution of matter. We consider the development of the described sequence quite influential in achieving this goal, and we indicate alternatives to improve the approach to this structuring topic of chemical knowledge.

**Keywords:** atom models, multimedia, inquiry in science teaching.

## Análise de Alimentos: Contextualização e Interdisciplinaridade em Cursos de Formação Continuada

**Paula M. L. dos Santos, Joaquim Fernando M. da Silva, Cássia C. Turci, Antônio Carlos de O. Guerra, Edson N. Diniz Júnior, Giuliana C. de Souza, Tatiana V. Francisco, Fernanda R. de Souza, Fabiana L. dos Santos, Úrsula S. A. Rodrigues, Marcelo T. Lima, Fabrício C. da Silva e Marcos Anderson A. S. Santos**

O presente trabalho é um relato sobre a elaboração e a realização de uma oficina voltada para licenciandos e professores de biologia e de química cujo tema foi alimentos com ênfase nas informações presentes nos rótulos de alimentos industrializados. Esse tema possui uma forte relação com o cotidiano das pessoas e com aspectos de cunho social e ambiental. Com base nessa perspectiva, dados sobre a produção e a demanda mundial de alimentos foram discutidos bem como o conceito de gastronomia sustentável. A contextualização de conteúdos de química e de biologia em situações do cotidiano do aluno e suas relações interdisciplinares na estruturação dos currículos foi apresentada à luz dos PCN e das OCN. Para associar as informações contidas nos rótulos com os conteúdos dessas duas disciplinas trabalhados no ensino médio, foram realizados experimentos e discussões teórico-práticas acerca das propriedades a serem verificadas e dos resultados experimentais obtidos.

► rótulos, consumo, formação de professores ◀

Recebido em 21/05/2014, aceito em 12/09/2014

149

**A** formação continuada de professores é de fundamental importância para a melhoria da qualidade da educação, pois o professor exerce um papel fundamental no cenário da educação formal. Por meio da ação pedagógica, este possui a prerrogativa de desenvolver o processo de ensino de modo a facilitar a aprendizagem de seus alunos. Essa formação deve propiciar ao professor uma oportunidade para aprimorar seus conhecimentos, sejam eles específicos de sua disciplina, pedagógicos e/ou interdisciplinares. Além disso, tal formação deve conduzir à reflexão crítica de sua prática pedagógica (Schnetzler, 2002).

O presente trabalho descreve uma dessas iniciativas, ou seja, a oferta de uma oficina pedagógica para professores de química e de biologia. Por abarcar professores de duas disciplinas distintas, buscou-se imprimir um caráter interdisciplinar à proposta, utilizando-se como tema gerador os alimentos

*Sabendo-se que termos como **light, diet e zero**, dentre outros, estão presentes nos rótulos de muitos alimentos industrializados e que fazem parte do cotidiano das pessoas, a ideia é discutir o significado dessas palavras para caracterizar esse ou aquele tipo de alimento, sua relação com a saúde humana e que conhecimentos de química e de biologia podem ser trabalhados para a compreensão destes.*

industrializados. Segundo Paulo Freire (2011, p. 134): “*a investigação de um tema gerador se realiza por meio de uma metodologia conscientizadora, que insere ou começa inserir os homens numa forma crítica de pensarem seu mundo*”. Partindo-se de uma visão mais crítica do tema, a questão

não é a de se discutir simplesmente o que são carboidratos sob a ótica da química e da biologia, por exemplo. Sabendo-se que termos como *light, diet e zero*, dentre outros, estão presentes nos rótulos de muitos alimentos industrializados e que fazem parte do cotidiano das pessoas, a ideia é discutir o significado dessas palavras para caracterizar esse ou aquele tipo de alimento, sua relação com a saúde humana

e que conhecimentos de química e de biologia podem ser trabalhados para a compreensão destes. Aliado a um tema gerador de interesse dos alunos, a teoria da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel consiste num

enfoque cognitivista/construtivista que oferece uma base teórica que dá sentido à valorização de elementos do cotidiano para a construção de conhecimentos mais elaborados por parte dos alunos. Segundo essa teoria, os conhecimentos relevantes prévios dos alunos (subsúncos) podem interagir com novos conhecimentos negociados pelo professor, dando origem a um novo conhecimento mais rico em significados (Moreira, 2011). Entendemos que uma abordagem do tema a partir de informações presentes nos rótulos de alimentos industrializados e largamente veiculadas nos meios de comunicação pode contribuir para a aprendizagem significativa dos conhecimentos escolares. A contextualização do tema a partir de situações do cotidiano representa algo concreto e reconhecível por parte dos alunos e remete à reflexão acerca de um consumo consciente de alimentos. Aliada à contextualização, a interdisciplinaridade surge como uma complexidade natural dos conhecimentos. Abreu e Lopes (2011) destacam que o diálogo interdisciplinar pode contribuir para o entendimento sobre como determinada questão afeta o indivíduo na sociedade, pois os conhecimentos se inter-relacionam e não devem ser fragmentados ou dissociados da vida real.

Em propostas de formação continuada para professores, consideramos ser pertinente discutir e visitar documentos oficiais que apontam caminhos para as propostas curriculares comprometidas com a formação de cidadãos críticos. As orientações de (re)estruturação curricular presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) destacam a importância da formação cidadã do aluno como fruto de um ensino contextualizado por meio de abordagens a partir do cotidiano com o uso da história e da filosofia das ciências e com uma visão interdisciplinar, transdisciplinar e intercomplementar do currículo. O documento reconhece que, para que tais mudanças ocorram na educação, é importante o engajamento dos professores. No caso dos PCN de química, a experimentação é bastante enfatizada e deve ser voltada para o entrosamento da teoria com a prática, considerando o uso de temas sociais relevantes. É preconizada como uma ressignificação dos conteúdos escolares cuja meta é a melhoria da qualidade da educação. Nos PCN de biologia, a experimentação é abordada, porém com menor ênfase (Brasil, 1998).

Ainda que documentos como os PCN e as Orientações Curriculares Nacionais (OCN) tenham sido utilizados como referenciais nessa proposta de trabalho, o seu entendimento, a aplicabilidade de seus princípios e os conhecimentos necessários à estruturação curricular são passíveis de reflexões e críticas. Uma das críticas aos PCN de química é o hibridismo de concepções curriculares apontado por Lopes (2005), que consiste em tendências curriculares ambivalentes apresentadas no texto. A interdisciplinaridade, a contextualização e o currículo por habilidades e competências

Os avanços da ciência e da tecnologia têm produzido reflexos em vários setores de produção. No caso do setor de alimentos, este vem se transformando nas últimas décadas com o lançamento de novos produtos industrializados e embalagens mais adequadas à sua conservação.

são princípios curriculares que integram o discurso do documento. Entretanto, as habilidades e as competências são estreitamente vinculadas aos conteúdos, o que parece uma contradição quando há críticas, no mesmo documento, à formação conteudista, enciclopédica. Ao longo do texto, muitas das habilidades e das competências não apresentam vinculação efetiva com conceitos químicos e poderiam ser aplicadas a outras disciplinas.

Alimentos e saúde são temas contextuais sugeridos nas OCN de química e de biologia, respectivamente, e podem ser articulados com os já existentes na base nacional comum (Brasil, 2006). Por sua relação estreita, podem ser trabalhados conjuntamente em propostas interdisciplinares, envolvendo conhecimentos das ciências naturais, como a química e a biologia, e ciências humanas, como história e filosofia, por exemplo. O tema alimentos oferece uma enorme gama de abordagens e deve ser explorado em toda a riqueza de aspectos que suscitam. A partir do tema alimentos, é possível trabalhar os três níveis do conhecimento químico: o teórico, o representacional e o fenomenológico. Esse último, segundo pesquisadores da área de ensino de química, quase sempre é pouco explorado nas aulas, que se ocupam, na maioria das vezes, do nível representacional (Machado; Mortimer, 2012).

Os avanços da ciência e da tecnologia têm produzido reflexos em vários setores de produção. No caso do setor de alimentos, este vem se transformando nas últimas décadas com o lançamento de novos produtos industrializados e embalagens mais adequadas à sua conservação. Em relação às embalagens, os órgãos reguladores brasileiros, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), determinam que as indústrias de alimentos declarem uma série de informações nos rótulos. A partir do ano de 2001, essa agência publicou uma resolução na qual as informações nutricionais devem constar nos rótulos dos alimentos (Anvisa, 2001). Para o consumidor, é fundamental estar informado e conhecer termos que são cada vez mais valorizados nas propagandas e embalagens dos alimentos como zero gordura *trans*, por exemplo. Nesse sentido, o professor pode exercer um papel mediador entre o conhecimento cotidiano e o científico, decodificando os significados dessas informações à luz do saberes da química e/ou da biologia.

Entretanto, o impasse em trabalhar o currículo escolar de forma contextualizada e interdisciplinar é justamente saber como fazê-lo. Para tanto, os professores necessitam de oportunidades de formação profissional que propiciem a reflexão, o debate e a realização de atividades experimentais que os auxiliem no desenvolvimento de uma prática pedagógica voltada para a construção da cidadania dos alunos.

Com o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade da educação escolar, nosso grupo de pesquisa elaborou uma oficina em torno do tema alimentos voltada para a formação

inicial e continuada de professores de química e de biologia com a intenção de fornecer subsídios para o desenvolvimento de uma prática pedagógica contextualizada e interdisciplinar que contribua para a formação cidadã dos alunos.

## Metodologia

### Perfil dos candidatos

Inicialmente foi realizada a divulgação e inscrição da oficina sob o título *Análise de alimentos: educação para um consumo saudável*, cujo público-alvo foram os alunos dos cursos de licenciatura e professores, preferencialmente, de química e biologia. No total, foram doze participantes: professores da rede pública e privada de ensino (cinco de química/ciências e um de biologia/química) e seis licenciandos a partir do 6º período (cinco de biologia e um de química). Dentre os licenciandos, quatro já lecionavam nas disciplinas de sua formação.

### Preparação da oficina

A oficina foi planejada para uma carga horária de 20 h (de segunda a sexta-feira no período da tarde). Para a elaboração e execução das atividades, contou-se com uma equipe de quatro professores responsáveis e alunos bolsistas dos cursos de licenciatura em química (três), licenciatura em filosofia (um), enfermagem (um), matemática (um) e química com atribuições tecnológicas (um).

A oficina foi planejada de forma a propiciar momentos de apresentação de tópicos pertinentes ao tema para debate e experimentação – análise de amostras de alimentos com a promoção de discussões teórico-práticas.

### Palestras/debates

Foram organizadas três palestras: as duas primeiras no início do primeiro dia e a última no início do quarto dia de encontro. Na primeira, foram contemplados os aspectos sociais do tema alimento por meio da apresentação de dados sobre o crescimento da população mundial (UN, 2012), a perda e o desperdício de um terço dos alimentos produzidos mundialmente (FAO, 2013) e formas sustentáveis de uso e produção de alimentos (Brasil, 2005). Na segunda palestra, o consumo e a saúde foram apresentados como temas transversais presentes nos documentos oficiais da educação nacional. Na terceira palestra, foi apresentada a relação dieta *versus* metabolismo por meio do tópico a glicose no sangue.

### Experimentos

Os experimentos foram selecionados utilizando-se como critério a possibilidade de verificação de determinadas características de alimentos informadas nos rótulos. Levou-se ainda em consideração a relação dessas propriedades com os conteúdos curriculares de química e de biologia no ensino médio.

Para desenvolver a parte experimental do tema, a oficina foi organizada em dez experimentos: (1 e 2) medida colorimétrica e potenciométrica do pH de alimentos

industrializados e *in natura* (Gepeq, 1995; Cecchi, 2003; Fraceto; Lima, 2003); (3 e 4) análise de corantes alimentícios por cromatografia em papel e por espectrofotometria de absorção (Cecchi, 2003); (5, 6 e 7) análise de leite integral e desnatado por densidade (Vesconsi et al., 2012), centrifugação e por refratometria (Cecchi, 2003; Cavalcanti et al., 2006); (8) diferenciação de produtos *light*, *diet*, zero e comum por meio da reação de Benedict (Oliveira et al., 2006); (9) diferenciação de gorduras saturadas, Z e E (*cis* e *trans*) e a reação de halogenação de alcenos, a nomenclatura de ácidos graxos e as gorduras ômega-3 (Solomons, 1996a; 1996b); (10) observação da oxidação de lipídios pela determinação do índice de peróxido (Fernandes et al., 2010).

A partir da definição das atividades, foram produzidos os materiais didáticos a serem utilizados: roteiros das práticas, apresentação em *power point* e o material para os experimentos.

### Realização da oficina

A oficina foi realizada no Laboratório Didático de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, LaDQuim. Esse espaço conta com carteiras escolares, pia, bancada, capela e computador conectado à internet. As atividades foram executadas segundo o planejamento apresentado no Quadro 1. Durante a execução dos experimentos, foram discutidos os aspectos teórico-práticos. Os resultados experimentais foram interpretados à luz da teoria envolvida.

Como atividade final, os participantes foram convidados a fazer uma reflexão individual respondendo a quatro questões, por escrito, sobre o trabalho realizado e suas expectativas e experiências na prática docente. Foram fornecidas cópias dos currículos mínimos de química e de biologia para o ensino médio da Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ), em que os professores deveriam observar de que forma poderiam incorporar as atividades e os conceitos trabalhados na oficina no currículo escolar.

## Resultados e discussão

Na atividade inicial, a palestra seguida do debate, a gastronomia sustentável foi apresentada como uma prática que se preocupa com a fonte das matérias-primas utilizadas no preparo das receitas a fim de diminuir os impactos causados no meio ambiente. A gastronomia sustentável é um conceito ainda muito mais amplo e promissor. Atitudes como reciclar o lixo, o óleo de cozinha, o cultivo de hortas domésticas, compostagem e o reaproveitamento de sobras de alimentos são alguns dos atos de cidadania promovidos por ela. Em seguida, cada participante foi convidado a confeitar um *cupcake* e ofertá-lo a outro membro do grupo para degustação. Essa atividade promoveu o entrosamento inicial entre as pessoas numa forma de criar empatia e iniciar conversas.

Em seguida, foi realizada uma palestra cuja ênfase foi a inserção de temas relativos ao consumo e à saúde no currículo escolar e que estão presentes nos documentos norteadores da educação nacional.

Quadro 1: Planejamento das atividades a serem realizadas ao longo da oficina *Análise de alimentos: educação para um consumo saudável*.

horário	segunda	terça	quarta	quinta	sexta
13-14 h	Palestra/debate: produção e demanda mundial de alimentos, fome e gastronomia sustentável	Experimento 2: determinação do pH de alimentos utilizando o peagâmetro	Experimento 3: cromatografia de corantes de bala	Palestra/debate: dieta e metabolismo – a glicose no sangue	Experimento 9: identificação de gorduras saturadas e insaturadas pela reação com o iodo
14-15 h	Dinâmica de grupo: degustação de <i>cupcakes</i> e receita de <i>cupcake</i> de casca de banana Palestra: Consumo e saúde como tema transversal nos DCNEM, PCNEM, OCNEM e Currículo mínimo de Química (SEEDUC-RJ)	Experimento 2: determinação do pH de alimentos utilizando o peagâmetro	Experimento 4: identificação de corantes por espectrofotometria	Experimento 8: análise de açúcares redutores em alimentos <i>light</i> , <i>diet</i> , zero e comum	Experimento 10: determinação do índice de peróxido em óleos vegetais
15-16 h	Experimento 1: determinação do pH de alimentos utilizando extrato vegetal	Discussão dos resultados: ácidos em alimentos e deterioração de alimentos e mudança de pH	Experimento 5: determinação da densidade de amostras de leite Experimento 6: determinação de sólidos solúveis totais por refratometria	Experimento 8: análise de açúcares redutores em alimentos <i>light</i> , <i>diet</i> , zero e comum Discussão dos resultados: mono e dissacarídeos e atividade redutora; significado dos conceitos <i>light</i> , <i>diet</i> e zero	Experimento 10: determinação do índice de peróxido em óleos vegetais Discussão dos resultados: isomerismo Z-E, relação entre P.F. de óleos e gorduras e o número de insaturações e tamanho da cadeia HC; utilização de kit de montagem de moléculas, peroxidação lipídica; o que é ômega-3 e zero gorduras <i>trans</i> .
16-17 h	Experimento 1: determinação do pH de alimentos utilizando extrato vegetal	Discussão dos resultados: ácidos em alimentos e deterioração de alimentos e mudança de pH	Experimento 7: separação da nata do leite por centrifugação Discussão dos resultados	Atividade desafio: identificação de amostras: água mineral gasosa, refrigerante zero e água tônica	Atividade final: como incorporar os experimentos/conceitos no currículo Entrega dos certificados

Partindo-se do pressuposto que os participantes poderiam atuar em diferentes realidades escolares em termos de infraestrutura e modalidades de ensino, os experimentos contemplaram desde aqueles elaborados com materiais de baixo custo até os executados com o auxílio de equipamentos mais sofisticados (peagâmetro e espectrofotômetro). Além disso, houve uma preocupação em não limitar as possibilidades de discussões teórico-práticas, oferecendo oportunidades aos participantes de se defrontarem com técnicas pouco conhecidas por estes e aspectos teóricos mais aprofundados. Além de alimentos e bebidas industrializados, foram analisados alguns alimentos *in natura* como frutas, mel e ovos.

No primeiro experimento, foi utilizado o extrato aquoso de repolho roxo para a determinação colorimétrica do pH de alimentos, sendo que muitos dos participantes disseram desconhecer tal material como indicador ácido-base. Surpreendentemente, muitos conheciam o peagâmetro e o espectrofotômetro e já haviam trabalhado com essas técnicas. Isso se deve ao fato de que muitos professores e alunos de graduação têm formação técnica anterior ao curso de graduação, tendo, inclusive, atuado profissionalmente como técnico. A análise do pH da água mineral gasosa e da água mineral sem gás trouxe um resultado inusitado: no rótulo, o valor do pH indicado era de 8,1 e 5,0, respectivamente.

Na prática, os valores obtidos foram de 5,0 e 7,0 respectivamente, testados pelos dois métodos. A confirmação foi feita por um terceiro método, utilizando-se fita de indicador universal. O confronto com a realidade proporcionada pela experimentação foi compreendido pelo grupo que se mostrou bastante surpreso. A experimentação não foi utilizada para comprovar uma informação: ao contrário, contestou a informação apresentada no rótulo.

Quando indagados sobre o conhecimento e a aplicação da técnica da cromatografia em papel, a maioria dos participantes relatou desconhecer tal técnica. No experimento, os corantes de balas foram extraídos com água e depois submetidos à separação cromatográfica. Os princípios que regem o processo de separação cromatográfica foram discutidos e o grupo sugeriu outras aplicações da técnica em atividades didáticas como um método de separação de misturas. A análise espectrofotométrica suscitou discussões acerca da relação estrutura química *versus* absorção/emissão de radiação eletromagnética na faixa do UV-visível por moléculas de corantes (Gouveia-Matos, 1999; Prado; Godoy, 2003).

Os experimentos com amostras de leite UHT buscaram discutir os termos integral, desnatado e semidesnatado. A ausência de gordura no leite desnatado afeta suas características físico-químicas, o que foi comprovado pela densidade maior do leite desnatado comparada à do leite integral. A medição feita com o refratômetro indicou o maior teor de sólidos no leite integral em relação ao desnatado. Sendo o leite uma solução coloidal, a separação da gordura só foi possível por centrifugação, em que foi observada a formação de uma camada de gordura sobrenadante.

Para introduzir as discussões sobre açúcares, metabolismo de carboidratos, saúde e os termos *light*, *diet*, zero e comum, foi discutida a relação entre o consumo de carboidratos e o nível de glicose no sangue. Entre uma e outra medição, foram testados alimentos como adoçantes, açúcar comum, mel e padrões de frutose e de sacarose pela reação de Benedict para açúcares redutores. A discussão teórica foi conduzida sobre o poder redutor de monossacarídeos (aldoses) sobre o íon  $\text{Cu}^{++}$  presente na solução, passando a  $\text{Cu}^+$ . A hidrólise alcalina de dissacarídeos foi discutida para justificar o teste positivo da sacarose e da lactose para açúcares redutores. Ao final dessas atividades, os participantes foram desafiados a identificarem três amostras: água mineral gasosa, água tônica e refrigerante incolor zero, ou seja, três amostras de bebidas incolores contendo gás. Cada amostra foi fornecida em tubos de ensaio identificados pelas letras A, B e C. Os grupos optaram por utilizar a medida de pH e o teste de Benedict e conseguiram realizar a identificação. Pela medição do pH, conseguiram distinguir a água mineral gasosa (pH em torno de 5,0) das demais bebidas (pH em

torno de 3,0). A água tônica, por apresentar sacarose, deu resultado positivo no teste de Benedict. A hidrólise do dissacarídeo levou à formação de açúcares redutores. A ausência de açúcares do refrigerante zero deu resultado negativo no mesmo teste. Essa atividade sugeriu um modelo de experimentação investigativa.

Os experimentos envolvendo lipídios levaram à discussão sobre o consumo de ácidos graxos saturados, ácidos graxos *trans* (ou E) e doenças cardiovasculares (Martin et al., 2004; Merçon, 2010). A diferenciação entre gordura saturada e insaturada presente em alimentos foi evidenciada pelo teste com solução diluída de iodo comercial/solução de amido em gordura hidrogenada e em óleo de milho e de girassol. A presença de ligações duplas em óleos insaturados e poli-insaturados levou ao consumo o iodo molecular presente em solução, o que não ocorreu para a gordura vegetal hidrogenada. Os termos ômega-3 e ômega-6 foram associados a determinados grupos ácidos graxos contendo insaturações na cadeia hidrocarbônica (Vianni; Braz-Filho, 1996). Foi apresentada uma evolução nas embalagens como as de latas de sardinha em que, atualmente, consta a informação de que estas contêm ômega-3. Pela comparação entre as informações

apresentadas nas embalagens, foi possível perceber o reflexo da evolução do conhecimento científico, sua divulgação para a sociedade e suas implicações mercadológicas como a valorização de determinados produtos alimentícios. No caso da sardinha, o ômega-3 sempre esteve lá, mas não era uma informação valorizada antigamente.

Numa segunda atividade, os participantes montaram cadeias hidrocarbônicas contendo ligações duplas de configuração E, Z e cadeias saturadas, utilizando-se o modelo molymod®. Alguns professores relataram o uso de modelos moleculares com materiais alternativos em sala de aula como bolas de isopor e palitos de madeira.

A atividade teve como objetivo associar os pontos de fusão de ácidos graxos à interação espacial entre suas moléculas (Vianni; Braz-Filho, 1996), considerando-se que, apesar das possibilidades de conformações decorrentes das rotações em torno das ligações sigma, os ácidos graxos saturados adotam uma conformação estendida em sua cadeia hidrocarbônica, minimizando, dessa forma, a repulsão estérica entre os grupos metílenos. Por outro lado, essa conformação intensifica as interações de Van der Waals entre as moléculas dos ácidos graxos saturados, elevando seu ponto de fusão. Nas gorduras insaturadas de configuração E, o efeito é semelhante. Já a configuração Z presente nos ácidos graxos insaturados não permite conformações estendidas, o que diminui a interação intermolecular. A menor interação entre as moléculas resulta num menor ponto de fusão e, por

Os experimentos com amostras de leite UHT buscaram discutir os termos integral, desnatado e semidesnatado. A ausência de gordura no leite desnatado afeta suas características físico-químicas, o que foi comprovado pela densidade maior do leite desnatado comparada à do leite integral. A medição feita com o refratômetro indicou o maior teor de sólidos no leite integral em relação ao desnatado.

isso, os ácidos graxos insaturados são óleos à temperatura ambiente (Solomons, 1996b).

No último experimento, discutiu-se a degradação de lipídios por ação do oxigênio do ar e do calor, o que ocasiona mudanças nas características do óleo, dentre elas, o sabor. Amostras de óleos vegetais, antes e depois de serem utilizados em processo de fritura de alimentos, foram avaliadas quanto ao índice de peróxido, que é um indicativo do grau de oxidação do óleo pela formação de hidroperóxidos, que oxidam os íons iodeto em solução a iodo molecular. Esse último é titulado com um agente redutor, o tiosulfato de sódio, em presença de amido (Silva et al., 1999). Alguns dos participantes relataram que nunca haviam realizado uma titulação ou que há muito tempo não tinham contato com a técnica.

Na atividade final, os participantes responderam às questões propostas cujas ideias são apresentadas de forma resumida no Quadro 2. Essa atividade gerou reflexões que apontaram para uma compreensão por parte do grupo sobre a proposta da oficina e a incorporação da contextualização e da visão interdisciplinar na prática docente. Uma das práticas mais mencionadas pelos professores como possível de ser realizada na escola foi a medição do pH de alimentos.

Perceberam que é possível realizar experimentos com materiais alternativos e de baixo custo. Entretanto, não propuseram detalhadamente correlações entre os conteúdos curriculares do currículo mínimo da SEEDUC-RJ (Rio de Janeiro, 2013) com as atividades desenvolvidas nas oficinas. Essa proposição era esperada nas respostas da questão nº

1. A ausência de detalhamento nas respostas dessa questão nos leva a algumas reflexões: (i) na formulação da questão, esse aspecto pode não ter ficado bem evidenciado; (ii) o tempo necessário para elaborar propostas não foi suficiente; (iii) no desenvolvimento do tema, os conhecimentos químicos como separação de misturas, densidade, pH, acidez e basicidade, ligações químicas, funções orgânicas, estereoquímica, dentre outros, perpassam todo o currículo do ensino médio da disciplina química. Já nas disciplinas ciências e biologia, os conhecimentos que se relacionam com o tema alimentos e saúde são mais concentrados em determinadas séries e bimestres. No currículo de ciências, o 8º ano trata da nutrição no 2º bimestre e, no currículo de biologia, somente no 4º bimestre da 2ª série é que se faz menção à promoção da saúde individual e coletiva pelo desenvolvimento de hábitos saudáveis e de segurança, ou seja, as concepções curriculares são distintas e pautadas nos PCN e nas OCN. As atividades apresentaram maior plasticidade em se tratando do currículo de química e podem ser utilizadas em diversas séries e bimestres. Entretanto, quando se trata dos currículos de ciências e de biologia, essa articulação é mais centrada em determinadas séries e bimestres.

A utilização da experimentação para compreender a teoria e as características dos alimentos foi percebida como uma integração que pode levar à aprendizagem significativa dos conteúdos escolares, à interação consciente e crítica entre cidadãos e produtos da tecnologia e à leitura do mundo que nos cerca.

No entanto, essas diferenças não constituem um impeditivo ao diálogo interdisciplinar, ao contrário, cada disciplina pode oferecer diferentes visões sobre um mesmo contexto, tornando-o mais enriquecedor. Todavia, não se pode, simplesmente, forçar um diálogo interdisciplinar sem que se questione a estruturação dos currículos no sentido de facilitar essa dialogicidade, o que deve ser uma reflexão permanente entre educadores, órgãos governamentais e sociedade em geral.

Os participantes sugeriram outros temas que podem ser trabalhados com o uso da experimentação como a determinação de cálcio em amostras de leite e temas relacionados à energia e ao meio ambiente que possuem grande ênfase nos currículos de biologia. Ao se colocarem no lugar de seus alunos, vivenciaram uma aprendizagem contextualizada, cujas relações com o cotidiano tornam os conteúdos curriculares mais relevantes para a formação cidadã e, nesse sentido, a experimentação pode dar novas dimensões aos conceitos de pH, *light*, *diet*, zero, ômega-3 e 0% gordura *trans*. Também admitiram que o trabalho docente precisa do apoio dos gestores escolares. Para tanto, é necessário estabelecer um canal de diálogo entre os membros da comunidade escolar que leve à compreensão de que o uso de novas metodologias pedagógicas pode contribuir para a melhoria da qualidade da educação.

### Considerações finais

A oferta de cursos voltados à formação inicial e continuada de professores promove uma oportunidade de reflexão sobre a prática pedagógica e as possibilidades de reestruturação curricular e metodológica que levem à melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem. O tema alimentos oferece muitas possibilidades de desenvolvimento e abordagem, sendo que, neste trabalho, optou-se por uma ênfase em informações contidas nos rótulos de alimentos industrializados, o que foi compreendido pelos participantes da oficina como um forte apelo às situações do cotidiano dos alunos. A discussão foi ampliada para aspectos socioambientais, consumo e saúde. A utilização da experimentação para compreender a teoria e as características dos alimentos foi percebida como uma integração que pode levar à aprendizagem significativa dos conteúdos escolares, à interação consciente e crítica entre cidadãos e produtos da tecnologia e à leitura do mundo que nos cerca.

A oportunidade de realizar experimentos e refletir teoricamente seus resultados é um exercício necessário aos docentes. Dessa forma, podem ampliar seus conhecimentos e colocarem-se no lugar de seus alunos, percebendo como o mundo pode ser entendido por meio da ciência. Outro aspecto importante é vencer o medo do uso didático da experimentação por entender os benefícios trazidos para a formação do aluno.

<p>Com base nas atividades propostas durante a oficina <i>Análise de alimentos: educação para um consumo saudável</i>, no currículo escolar para a disciplina na qual você atua como professor ou está se graduando e na sua experiência profissional, responda:</p>
<p>1) De que forma você poderia utilizar/adaptar as atividades vivenciadas na oficina em sua prática pedagógica?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Trabalhar sob uma ótica interdisciplinar entre a biologia/química.</i></li> <li>• <i>Integrar, por meio de experimentos, a teoria e a prática.</i></li> <li>• <i>Utilizar metodologias que valorizem o cotidiano do aluno.</i></li> <li>• <i>Selecionar os experimentos de acordo com a realidade da escola, desde os mais simples até aqueles que podem ser utilizados em cursos técnicos.</i></li> <li>• <i>Substituir a vidraria de laboratório por materiais alternativos.</i></li> <li>• <i>Abordar parte da teoria antes da atividade experimental.</i></li> <li>• <i>Utilizar vídeos didáticos elaborados pelo professor.</i></li> <li>• <i>Aplicação dos experimentos de medição de pH em alimentos e em amostras inorgânicas.</i></li> <li>• <i>Realizar alguns dos experimentos em sala de aula convencional.</i></li> </ul>
<p>2) Durante a participação na oficina, você se sentiu inspirado a desenvolver alguma atividade ou experimento (diferente dos propostos) com seus alunos dentro do tema alimentos? Comente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sentiu-se inspirado a buscar novos experimentos com alimentos e motivados a continuar na carreira docente.</i></li> <li>• <i>Vislumbrou a possibilidade de analisar o alimento e não só comentar a embalagem.</i></li> <li>• <i>Já havia realizado medição de pH com extrato de repolho em alimentos e produtos de limpeza, mas se surpreendeu com o pH de certos alimentos como o da clara do ovo.</i></li> <li>• <i>Achou importante verificar experimentalmente os dados contidos nos rótulos e a discussão sobre alimentos e saúde.</i></li> <li>• <i>Ainda não tem experiência em regência de turma, mas quer aplicar metodologias que contemplem o uso da experimentação.</i></li> <li>• <i>Deseja realizar um elo entre química, saúde e meio ambiente; explorar mais o valor nutricional de alimentos.</i></li> <li>• <i>Experimentos de determinação de cálcio em leite, determinação de acidez em vinagre e teor de iodo em sal de cozinha.</i></li> </ul>
<p>3) Há algo que gostaria de comentar em relação à oficina – organização, pertinência da temática escolhida, atividades, acolhimento, relevância para a sua formação (inicial/continuada) e sugestões de temas?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Reconheceu que o professor necessita de formação continuada e que a oficina foi relevante para a sua formação.</i></li> <li>• <i>Temas geradores como água, lixo, energia, dentre outros, contextualizam os conteúdos curriculares.</i></li> <li>• <i>A oficina evidenciou a interdisciplinaridade entre química, biologia, história e matemática.</i></li> <li>• <i>Os assuntos foram pertinentes e a abordagem muito proveitosa; as práticas com o leite foram interessantes, mas com forte apelo técnico.</i></li> <li>• <i>Ambiente físico e pessoal acolhedor, o que favoreceu a participação nas atividades; abordagem diferenciada sobre alimentos.</i></li> <li>• <i>Colocou-se no lugar do aluno, percebendo como é mais interessante aprender utilizando a abordagem do cotidiano.</i></li> <li>• <i>Necessita de experimentos com materiais alternativos pela sua realidade escolar.</i></li> <li>• <i>Frisou a ótima organização da oficina e sugere experimentos com fotossíntese.</i></li> </ul>
<p>4) Pensando como um aluno do ensino médio, o ensino de ciências contextualizado pode levar a uma formação mais completa, significativa e que desenvolva o protagonismo social no indivíduo? Comente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>O uso de temas geradores ressignifica os conteúdos aprendidos pelos alunos.</i></li> <li>• <i>A atualização do professor reflete no seu trabalho em sala de aula e na formação cidadã do aluno.</i></li> <li>• <i>A experimentação promove uma aproximação do aluno com a ciência e do trabalho de cientistas, o que não é tão efetivo em aulas puramente expositivas.</i></li> <li>• <i>A administração escolar tem que apoiar as novas metodologias que o professor deseja utilizar para promover uma aprendizagem mais significativa para os alunos; não restringir a educação escolar como meramente preparatória para exames.</i></li> <li>• <i>Ao compreender o mundo que o cerca, o aluno torna-se mais consciente sob o ponto de vista político e social.</i></li> </ul>

**Paula Macedo Lessa dos Santos** (paulalessa@iq.ufrj.br), graduada em Química, mestre e doutora em Química de Produtos Naturais (UFRJ), é química e docente no mestrado em Ensino de Química (UFRJ). Rio de Janeiro, RJ – BR. **Joaquim Fernando Mendes da Silva** (joaquim@iq.ufrj.br) é professor do Instituto de Química, da especialização e do mestrado em Ensino de Química e coordenador do curso de licenciatura em Química da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Edson Nóbrega Diniz Júnior** (edsondiniz@iq.ufrj.br), graduado em História (UERJ), mestre em Educação (PUC-RJ), é doutorando em Educação (PUC-RJ), Rio de Janeiro. RJ – BR. **Antonio Carlos de Oliveira Guerra** (acog@iq.ufrj.br) é professor do Instituto de Química, da especialização e do mestrado em Ensino de Química da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Cássia Curan Turci** (cassia@iq.ufrj.br) é professora do Instituto de Química, da especialização e do mestrado em Ensino de Química da UFRJ. Rio de Janeiro,

RJ – BR. **Giuliana Campos de Souza** (giu.campos@yahoo.com.br) é licencianda em Química da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Fernanda Rodrigues de Souza** (fernanda\_rs@hotmail.com) é licencianda em Química da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Tatiana Vianna Francisco** (tatianavianna21@gmail.com) é licencianda em Química da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Marcelo Tavares Lima** (tavares\_celo@gmail.com) é graduando em Química da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Fabiana Lessa dos Santos** (fabiana.lessa@yahoo.com.br) é licencianda em Filosofia da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Úrsula Secron de Aquino Rodrigues** (suhsecron@yahoo.com.br) é licencianda em Filosofia da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Fabício Cardozo da Silva** (briciocardozo@gmail.com) é graduando em Enfermagem da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Marcos Anderson Andrade da Silva Santos** (s.marcosanderson@gmail.com) é graduando em Matemática da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR.

## Referências

- ABREU, R.G.; LOPES, A.C. A interdisciplinaridade e o ensino de química: uma leitura a partir das políticas de currículo. In: SANTOS, W.L.P.; MALDANER, O.A. *Ensino de química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Rotulagem nutricional obrigatória*. Manual de Orientação aos Consumidores Educação para o Consumo Saudável, 2001. Disponível em <[http://www.anvisa.gov.br/alimentos/rotulos/manual\\_rotulagem.pdf](http://www.anvisa.gov.br/alimentos/rotulos/manual_rotulagem.pdf)>. Acesso em: jul. 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Ciência da natureza, matemática e suas tecnologias, 1998. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: jul. 2013.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. *Manual de educação para o consumo sustentável*, 2005. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>>. Acesso em: jul. 2013.
- \_\_\_\_\_. Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio*. Ciência da natureza, matemática e suas tecnologias, v. 2, 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em: jun. 2013.
- CAVALCANTI, A.L.; OLIVEIRA, K.F.; PAIVA, P.S.; DIAS, M.V.R.; COSTA, S.K.P.; VIEIRA, F.F. Determinação dos sólidos solúveis totais (°Brix) e pH em bebidas lácteas e sucos de frutas industrializados. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, v. 6, n. 1, p. 57-64, 2006.
- CECCHI, H.M. *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. 2. ed. Campinas: Ed. Unicamp, 2003.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Save food: global initiative on food losses and waste reduction*. Disponível em <<http://www.fao.org/save-food/key-findings/en/>>. Acesso em: jul. 2013.
- FERNANDES, M.W.S.; FALCÃO, H.A.S.; ALMEIDA, S.G. Índice de peróxido e de acidez em óleos de fritura de uma rede de fast food do Distrito Federal. *Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente*, v. 13, n. 16, p. 9-20, 2010. Disponível em: <<http://sare.anhanguera.com/index.php/anuic/article/view/2873/1013>>. Acesso em: maio 2013.
- FRACETO, L.F.; LIMA, S.L.T. Aplicação da cromatografia em papel na separação de corantes em pastilhas de chocolate. *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 46-48, 2013.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.
- GEPEQ. Estudando o equilíbrio ácido-base: extrato de repolho roxo como indicador universal de pH. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 32-33, 1995.
- GOUVEIA-MATOS, J.A.M. Mudanças nas cores dos extratos das flores e do repolho roxo. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 6-10, 1999.
- LOPES, A.C. Discursos disciplinares na disciplina escolar química. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 263-278, 2005.
- MACHADO, A.H.; MORTIMER, E.F. Química para o ensino médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. In: ZANON, L.B.; MALDANER, O.A. (Orgs.). *Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica no Brasil*. Ijuí: Unijuí, 2012, p. 21-41.
- MARTIN, C.A.; MAKOTO, M.; SOUZA, N.E. Ácidos graxos trans: implicações nutricionais e fontes na dieta. *Revista Nutrição*, v. 17, n. 3, p. 361-368, 2004.
- MERÇON, F. O que é gordura trans? *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, p. 78-83, 2010.
- MOREIRA, M.A. *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Livraria da Física, 2011.
- OLIVEIRA, R.O.; MARIA, L.C.S.; MERÇON, F.; AGUIAR, M.R.M.P. Preparo e uso do reagente de Benedict na análise de açúcares: uma proposta para o ensino de química orgânica. *Química Nova na Escola*, n. 23, p. 41-42, 2006.
- PRADO, M.A.; GODOY, H.T. Corantes artificiais em alimentos. *Alimentação e Nutrição*, v. 14, n. 2, p. 237-250, 2003.
- RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Educação. *Currículo mínimo*. Disponível em <<http://www.rj.gov.br/web/seeduc/exibeconteudo?article-id=759820>>. Acesso em: dez. 2013.
- SCHNETZIER, R.P. Concepções e alertas sobre formação continuada de professores de química. *Química Nova na Escola*, n. 16, p. 15-20, 2002.
- SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. *Química Nova*, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.
- SOLOMONS, T.W.G. *Química Orgânica 1*. Rio de Janeiro: LTC, 1996a.
- \_\_\_\_\_. *Química Orgânica 2*. Rio de Janeiro: LTC, 1996b.
- UN. United Nations. *World population prospects: the 2012 revision*. Disponível em: <[http://esa.un.org/wpp/Documentation/pdf/WPP2012\\_HIGHLIGHTS.pdf](http://esa.un.org/wpp/Documentation/pdf/WPP2012_HIGHLIGHTS.pdf)>. Acesso em: jul. 2013.
- VESCONSI, C.N.; VALDUGA, A.T.; CICHOSKI, A.J. Sediimentação em leite UHT integral, semidesnatado e desnatado durante armazenamento. *Ciência Rural*, v. 42, n. 4, p. 730-736, 2012.
- VIANNI, R.; BRAZ-FILHO, R. Ácidos graxos naturais: ocorrência e importância em alimentos. *Química Nova*, v. 19, n. 4, p. 400-407, 1996.

**Abstract:** *Food analysis: contextualization and interdisciplinarity in continuing training courses.* The present paper is a report about a workshop for Biology and Chemistry teachers. We focused on the information provided on the labels of processed foods. Food is a subject that has a strong relationship with people's daily lives and with issues of social and environmental nature. Based on this perspective we discussed data on food production and global demand as well as the concept of sustainable gastronomy. The contextualization of the contents of Chemistry and Biology through the student daily situations and their interdisciplinary relationships in curriculum structuring was presented in documents such as PCN and OCN. To associate the information provided on the labels with the contents of Chemistry and Biology introduced in high school, we carried out experiments and theoretical-practical discussions on the properties to be assessed and the experimental results obtained.

**Keywords:** labels, consumption, training teachers.

## A Influência do PIBID/Química da UFRGS sobre o Desempenho Escolar de Alunos de Ensino Médio

Jennifer Demari e Tania D. M. Salgado

A maioria das pesquisas sobre o PIBID vem enfatizando a formação docente. No presente artigo, o olhar recai sobre os alunos: busca-se verificar a influência do PIBID/Química da UFRGS sobre o desempenho escolar de um grupo de alunos de ensino médio no componente curricular química e quais razões levaram a essa influência, utilizando-se para isso as avaliações realizadas regularmente em sala de aula. Os dados foram coletados por meio de observação, anotações no diário de campo, questionário com questões objetivas e de resposta aberta e entrevistas. Para a análise dos dados, foram utilizadas análises qualitativas e quantitativas. Os resultados mostraram que esse Programa teve influência positiva sobre o desempenho escolar desse grupo de alunos em química e que essa influência pode ser atribuída ao atendimento individualizado e às atividades diferenciadas desenvolvidas pela bolsista do PIBID/Química.

► PIBID/Química, desempenho escolar, alunos de ensino médio ◀

Recebido em 20/02/2014, aceito em 23/09/2014

157

Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) é uma iniciativa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para o aperfeiçoamento e a valorização da formação de professores. Os projetos devem promover a inserção dos estudantes, desde o início de sua formação, no contexto das escolas públicas para que desenvolvam atividades didático-pedagógicas sob a orientação de um docente do curso de licenciatura e com a supervisão de um professor da escola.

Os objetivos do PIBID, de acordo com a CAPES, visam, de modo geral, ao aprimoramento da formação docente inicial nas universidades por meio da integração entre educação superior e educação básica. A inserção dos licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública de educação proporciona-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar que buscam a superação de problemas identificados no processo de ensino-aprendizagem. Ao mesmo tempo, os professores das escolas públicas de educação básica são mobilizados como cofomadores dos

futuros docentes e tornam-se protagonistas nos processos de formação inicial para o magistério.

O programa auxilia o professor em atuação na sala de aula por meio de atividades realizadas pelos bolsistas e proporciona a estes contato antecipado com o ambiente escolar. O PIBID/Química da UFRGS, no ano de 2013,

atuava em três escolas, contando com quinze bolsistas, três supervisores e um coordenador. Os bolsistas atuavam desenvolvendo atividades didático-pedagógicas como atividades experimentais, monitorias, oficinas disciplinares e interdisciplinares, jogos didáticos, entre outras. Essas atividades eram elaboradas pelos bolsistas

com a orientação do supervisor e do coordenador do PIBID/Química. Durante essas atividades, percebeu-se uma influência positiva no desempenho dos alunos envolvidos. Assim, procurou-se aprofundar e registrar essa influência.

A seguinte pergunta norteia a presente investigação: Na percepção dos alunos e da professora supervisora, de que maneira ocorre a influência da atuação de uma bolsista do PIBID/Química sobre o desempenho escolar de um grupo de alunos?

A seguinte pergunta norteia a presente investigação: Na percepção dos alunos e da professora supervisora, de que maneira ocorre a influência da atuação de uma bolsista do PIBID/Química sobre o desempenho escolar de um grupo de alunos?

Diversas pesquisas e artigos já direcionaram o olhar para a influência do PIBID na formação dos futuros docentes, defendendo essa interação licenciando/escola promovida pelo Programa. Por exemplo, Weber et al. (2013) pesquisaram o impacto do PIBID sobre a formação dos docentes na licenciatura em química da Universidade Federal da Paraíba. Silva, C. S. et al. (2012) apontaram a influência do saber experiencial na formação inicial de professores a partir das atividades de iniciação à docência no subprojeto de química do PIBID da Universidade Estadual Paulista de Araraquara. Amaral (2012) também direciona seu olhar para o futuro docente, avaliando as contribuições das atividades realizadas pelo PIBID/Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco para a formação docente. No âmbito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, as articulações entre o ensino e a pesquisa do PIBID e suas contribuições para a formação do futuro docente são trazidas por Bello e Uberti (2013) para diversas áreas de licenciaturas da UFRGS.

Neste trabalho, busca-se deslocar o olhar do licenciando/PIBID para um olhar aluno/PIBID, o qual não tem sido muito usual, pois geralmente a perspectiva deste aparece de forma secundária em artigos que priorizam falar do licenciando ou das atividades pedagógicas realizadas pelos bolsistas PIBID. Foram identificados poucos artigos que trazem essa perspectiva do aluno. Entre estes, podemos citar Silva, J. L. et al. (2012), que mostram a percepção dos alunos diante da utilização de vídeos didáticos nas aulas de química realizadas pelo PIBID/Química; e Sousa et al. (2012), que apresentam a percepção dos estudantes sobre o desenvolvimento de suas habilidades por meio da metodologia de estudo de caso realizado pelo PIBID/Química da Universidade Federal de Pelotas.

### Procedimentos metodológicos

O método de investigação utilizado nesta pesquisa foi o estudo de caso. De acordo com Yin (2001, p. 32),

*Um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. A investigação de estudo de caso enfrenta uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados, e, como resultado, baseia-se em várias fontes de evidências, com os dados precisando convergir em um formato de triângulo, e, como outro resultado, beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise de dados.*

De acordo com Lüdke e André (1986, p. 17), “o estudo de caso é o estudo de um caso, seja ele simples ou específico [...]. O caso é sempre bem delimitado, devendo ter seus contornos claramente definidos no desenrolar do estudo”. Sendo assim, inicialmente devem ser definidos os

limites para, após, escolher as técnicas a serem utilizadas. Em um estudo de caso, muitas técnicas de coleta de dados são utilizadas como, entre elas, questionários, observações, entrevistas. A triangulação é recomendada para consolidar o estudo de caso em uma pesquisa válida. Conforme Martins (2008 *apud* Deus; Cunha; Maciel, 2010):

*[...] a confiabilidade de um estudo de caso poderá ser garantida pela utilização de várias fontes de evidências, sendo que a significância dos achados terá mais qualidade se as técnicas forem distintas. [...] O processo de triangulação garantirá que descobertas em um estudo de caso serão convincentes e acuradas, possibilitando um estilo corroborativo de pesquisa.*

Para fazer essa triangulação neste trabalho, foram utilizados questionário, observações e entrevistas. Além de se utilizar a abordagem qualitativa, fazendo a triangulação, também foi utilizada a abordagem quantitativa, realizando a análise das notas dos alunos durante cinco trimestres e quantificando as respostas das perguntas objetivas do questionário.

Esse estudo de caso foi realizado com duas turmas do ensino médio regular de uma escola pública estadual, em Porto Alegre, nas quais uma bolsista do PIBID/Química da UFRGS (autora deste trabalho) atuou durante cinco trimestres letivos. No início desse estudo, em 2012, havia 20 alunos na turma A e 28 na turma B, ambas de 2º ano do ensino médio regular. Em 2013, os alunos estavam no 3º ano e havia 14 alunos na turma A e 19 na turma B. O desenvolvimento aconteceu em três fases caracterizadas conforme Nisbet e Watt (1978, *apud* Lüdke; André, 1986, p. 21): “Sendo uma primeira aberta ou exploratória, a segunda mais sistemática em termos de coleta de dados e a terceira consistindo na análise e interpretação sistemática dos dados e na elaboração do relatório”.

A primeira fase, exploratória, teve início no primeiro trimestre de 2012, com a observação das turmas e a realização de registros no diário de campo da bolsista PIBID/Química, que atuou com essas turmas durante cinco trimestres. Para os alunos dessas duas turmas, a segunda fase consistiu na coleta de dados sistemáticos sobre a influência do PIBID/Química por meio de um questionário (Quadro 1), elaborado de acordo com as proposições de Günther (2003) e testado, antes de sua aplicação, com um grupo de oito alunos de outra turma como forma de validação. Participaram desse estudo de caso, entre as duas turmas, 30 alunos (12 na turma A e 18 na turma B), pois três não estavam presentes no dia da aplicação do questionário. Ainda na segunda fase, foram realizadas, com alguns alunos e com a professora de química da escola, entrevistas semiestruturadas com perguntas pré-elaboradas, mas permitindo o surgimento de novas questões no decorrer da entrevista. O roteiro inicial da entrevista encontra-se no Quadro 2. A escolha dos alunos a serem entrevistados ocorreu por meio da resposta da questão dissertativa do questionário: os seis alunos que dissertaram nessa questão foram convidados para realizar a entrevista e todos concordaram em participar.

Quadro 1: Perguntas do questionário aplicado aos alunos.

As questões de número 1 até 5 devem ser respondidas assinalando uma única alternativa.

1) De que forma você avalia o PIBID/Química no auxílio às atividades propostas pelo professor em sala de aula?

Totalmente insatisfatório  Parcialmente satisfatório

Parcialmente insatisfatório  Totalmente satisfatório

2) O PIBID/Química atrapalha as atividades propostas, prejudicando o seu desempenho na disciplina de Química.

Discordo totalmente  Concordo parcialmente

Discordo parcialmente  Concordo totalmente

3) As atividades do PIBID/Química ajudam você a se interessar por estudar química.

Discordo totalmente  Concordo parcialmente

Discordo parcialmente  Concordo totalmente

4) A presença do bolsista do PIBID/Química na sala de aula ajuda você a melhorar seu desempenho na disciplina.

Discordo totalmente  Concordo parcialmente

Discordo parcialmente  Concordo totalmente

5) O PIBID/Química não tem nenhuma importância para você.

Discordo totalmente  Concordo parcialmente

Discordo parcialmente  Concordo totalmente

6) Por qual motivo você acredita que o PIBID/Química melhora ou piora o seu desempenho na disciplina? Cite uma situação de que você recorde.

---

---

Quadro 2: Roteiro inicial – Entrevista com os alunos.

1) Em relação à questão 3 do questionário: As atividades do PIBID/Química ajudam você a se interessar por estudar Química? Tu respondeste que (citar a resposta do aluno). Por qual motivo tu deste essa resposta?

2) Em relação à questão 4 do questionário: A presença do bolsista do PIBID/Química na sala de aula ajuda você a melhorar seu desempenho na disciplina. Tu respondeste que (citar a resposta do aluno). Por qual motivo tu deste essa resposta?

3) Se o PIBID/Química não estivesse em sala de aula, o seu desempenho seria melhor ou pior?

4) Em relação à questão 5 do questionário: O PIBID/Química não tem nenhuma importância para você. Tu respondeste que (citar a resposta do aluno). Por qual motivo tu deste essa resposta?

Na terceira fase, os dados coletados e as notas obtidas pelos alunos das duas turmas participantes desse estudo de caso nas avaliações de química, durante cinco trimestres letivos, foram tabulados e analisados de forma qualitativa e quantitativa. Segundo Günther (2006, p. 204): “num estudo de caso é possível utilizar tanto procedimentos qualitativos quanto quantitativos”. Outros autores, como Greca (2002), também defendem a integração dessas duas abordagens para o enriquecimento da pesquisa.

## Resultados e discussão

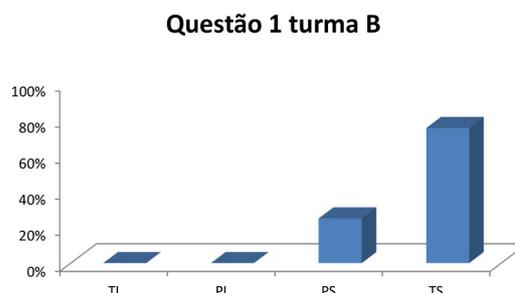
### Questionário

Dos 30 alunos que responderam à pesquisa, foram considerados para análise de resultados 12 da turma A e 16 da turma B. Dois alunos da B tiveram seus questionários excluídos por apresentarem respostas conflitantes para as duas

questões que foram construídas, realizando praticamente a mesma pergunta, mas uma em forma negativa e a outra em forma positiva. Sendo assim, os alunos que, por exemplo, em uma questão concordaram que o PIBID/Química prejudicava o seu desempenho na disciplina e na outra discordaram, tiveram seus questionários excluídos das análises desta pesquisa. A seguir, as respostas obtidas em cada uma das questões serão analisadas separadamente para a turma A e para a B. Algumas questões foram aprofundadas nas entrevistas com os alunos e analisadas adiante.

### Questão 1 - De que forma você avalia o PIBID/Química no auxílio às atividades propostas pelo professor em sala de aula?

Observa-se no Gráfico 1 que, na turma A, 50% dos alunos consideraram o PIBID/Química parcialmente satisfatório e 50% o consideraram totalmente satisfatório, enquanto na B, 25% dos alunos o consideraram parcialmente satisfatório e



TI – Totalmente Insatisfatório, PI – Parcialmente Insatisfatório, PS – Parcialmente Satisfatório, TS – Totalmente Satisfatório.

Gráfico 1: Respostas dos alunos à Questão 1.

75% o consideraram totalmente satisfatório. Portanto, em ambas as turmas, os alunos se mostraram satisfeitos com a atuação do PIBID/Química.

Foi observada e registrada no diário de campo da bolsista PIBID/Química uma diferença entre as duas turmas, que possivelmente seja uma das causas da diferença entre suas respostas: os alunos da turma A participavam de forma menos efetiva das atividades propostas pelo professor e não solicitavam orientações da bolsista do PIBID/Química com a mesma frequência que os alunos da turma B.

160

*Questão 2 - O PIBID/Química atrapalha as atividades propostas, prejudicando o seu desempenho na disciplina de Química?*

O Gráfico 2 mostra que, na turma A, 75% dos alunos discordaram totalmente da afirmativa e 25% discordaram parcialmente, enquanto na B, 100% dos alunos discordaram totalmente dela. Portanto, pode-se afirmar, com base nesse

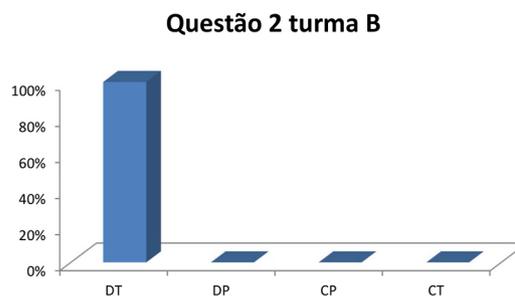
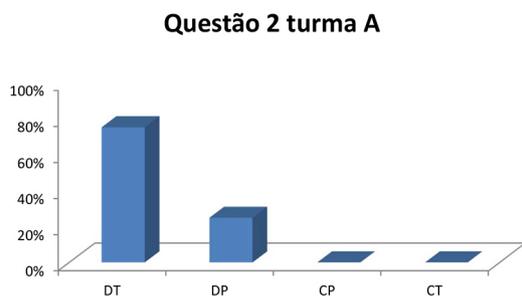
resultado, que os alunos não acreditam que o PIBID/Química prejudique o seu desempenho.

*Questão 3 - As atividades do PIBID/Química ajudam você a se interessar por estudar química?*

A análise do Gráfico 3 mostra que, entre as duas turmas, mais de 75% dos alunos concordaram parcialmente ou totalmente que as atividades do PIBID/Química aumentavam o interesse em estudar a disciplina.

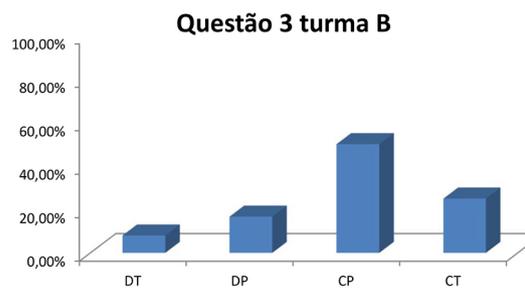
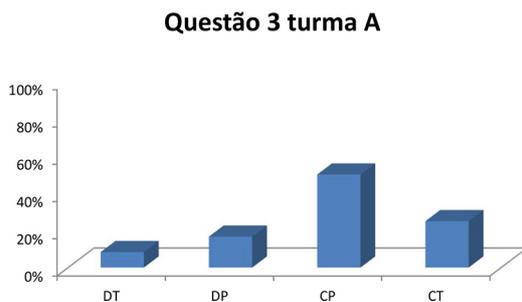
*Questão 4 - A presença do bolsista do PIBID/Química na sala de aula ajuda você a melhorar seu desempenho na disciplina?*

A análise do Gráfico 4 permite constatar que, em ambas as turmas, 100% dos alunos concordavam de forma parcial ou total que a presença da bolsista PIBID/Química em sala de aula ajudava a melhorar o desempenho deles nessa disciplina.



DT - Discordo Totalmente, DP - Discordo Parcialmente, CP - Concordo Parcialmente, CT - Concordo Totalmente.

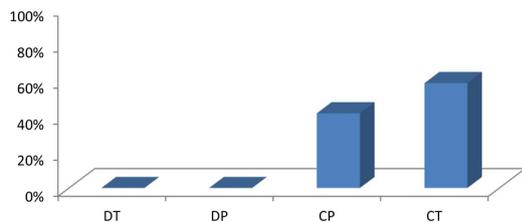
Gráfico 2: Respostas dos alunos à Questão 2.



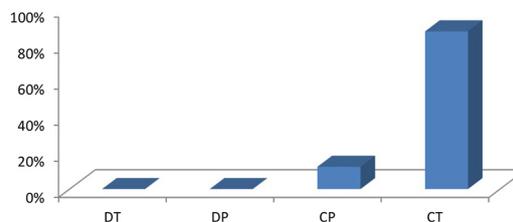
DT - Discordo Totalmente, DP - Discordo Parcialmente, CP - Concordo Parcialmente, CT - Concordo Totalmente.

Gráfico 3: Respostas dos alunos à Questão 3.

**Questão 4 turma A**



**Questão 4 turma B**



DT - Discordo Totalmente, DP - Discordo Parcialmente, CP - Concordo Parcialmente, CT - Concordo Totalmente.

Gráfico 4: Respostas dos alunos à Questão 4.

**Questão 5 - O PIBID/Química não tem nenhuma importância para você?**

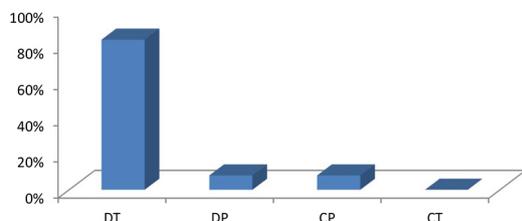
O Gráfico 5 mostra que, somando-se os percentuais de alunos que discordam total ou parcialmente com essa afirmativa, mais de 96% dos alunos da turma A e 100% dos da B atribuem alguma importância para o PIBID/Química.

**Questão 6 - Por qual motivo você acredita que o PIBID/Química melhora ou piora o seu desempenho na disciplina? Cite uma situação de que você recorde.**

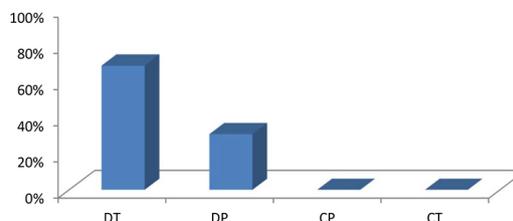
A Tabela 1 apresenta o resultado da tabulação das respostas a essa pergunta e sua análise mostra que, em ambas as turmas, todos os que responderam à questão consideraram que o PIBID/Química melhorava seu desempenho

Entre as justificativas apontadas pelos alunos, podemos destacar: “o professor não consegue atender todos os alunos, com o PIBID/Química consigo tirar minhas dúvidas”; “quando precisamos de ajuda dos bolsistas eles estão dispostos”; “por poder tirar minhas dúvidas e entender a matéria de forma que consiga realizar todas as atividades”; “ajuda o aluno, que equivale a uma aula particular, que muitos da escola pública não têm condição de pagar, assim melhora o ensino e a produtividade do aluno.” Em todas essas respostas, percebe-se que os alunos consideram que o PIBID/Química exerce uma influência positiva sobre seu desempenho. Durante as entrevistas, tentou-se elucidar como essa influência é exercida.

**Questão 5 turma A**



**Questão 5 turma B**



DT - Discordo Totalmente, DP - Discordo Parcialmente, CP - Concordo Parcialmente, CT - Concordo Totalmente.

Gráfico 5: Respostas dos alunos à Questão 5.

Tabela 1: Razões apontadas pela turma A e B, respectivamente, para melhora ou piora do desempenho dos alunos na disciplina de química devido ao PIBID/Química.

Motivo citado pelo aluno	Turma A		Turma B	
	Nº de citações	% dos alunos	Nº de citações	% dos alunos
Melhora, pois consigo esclarecer minhas dúvidas.	6	50	0	0
Melhora o meu desempenho, pois o professor não consegue atender a todos os alunos. Com o PIBID/Química, consigo tirar minhas dúvidas.	2	17	4	25
Melhora o meu desempenho. Os bolsistas explicam quantas vezes forem preciso, estão sempre dispostos a ajudar.	3	25	3	19
Melhora meu desempenho, pois melhora o meu interesse pela matéria.	1	8	6	38
Melhora meu desempenho (não citou motivo).	0	0	1	6
Não responderam à questão	0	0	2	12

### Entrevista com os alunos

Dessa fase, participaram dois alunos da turma A e quatro da B. Inicialmente buscou-se o aprofundamento das respostas dos alunos referentes às questões de números 3, 4 e 5 do questionário. Por ser uma entrevista semiestruturada, novas perguntas foram surgindo no decorrer das entrevistas. A seguir, as respostas obtidas em cada uma das perguntas serão analisadas.

#### Questão 3 do questionário: As atividades do PIBID/Química ajudam você a se interessar por estudar química?

Os dados da Tabela 2 mostram que 33% dos alunos entrevistados se interessam por estudar química devido às atividades experimentais realizadas, pois segundo eles, devido às experiências, eles conseguem “visualizar a teoria”, aumentando o seu interesse pela disciplina. Os outros 67% dos alunos entrevistados citam as explicações e o atendimento individualizado como importantes para aumentar seu interesse, pois conseguem esclarecer suas dúvidas, obter mais exemplos sobre o conteúdo, despertando seu interesse para estudar a disciplina.

Durante as entrevistas também foi verificado que os cinco alunos que responderam à questão concordando parcialmente deram essa resposta, justificando que as atividades do PIBID/Química não os faziam se interessar totalmente por estudar a disciplina, pois eles não gostavam de química, sendo esse o único motivo para a resposta, e não por terem restrições à atuação do PIBID/Química.

#### Questão 4 do questionário: A presença do bolsista do PIBID/Química na sala de aula ajuda você a melhorar seu desempenho na disciplina?

Os dados da Tabela 3 mostram que 67% dos alunos entrevistados atribuíram a melhora do seu desempenho às explicações da bolsista PIBID/Química, não apenas por terem mais explicações do que se estivesse apenas o professor em

sala de aula, mas por outros fatores como linguagem mais acessível ou por se sentirem mais à vontade para questionar o bolsista sobre o conteúdo do que o professor.

Isso é explicitado, por exemplo, nesse comentário: “*não sei se é porque vocês a recém [sic] estão vindo da faculdade, têm um conhecimento e conseguem ensinar a gente mais fácil. Vocês conseguem meio que falar a nossa língua*”.

O atendimento individualizado é citado por 33% dos alunos, que relatam que somente o professor em sala de aula não consegue sanar as dúvidas de todos os alunos e, devido aos bolsistas, essas dúvidas são sanadas, fazendo com que o desempenho deles melhore. Isso é explicitado em comentários como: “*o professor tem que explicar para todos, não tem como explicar só pra um aquilo, vocês vêm e conversam com a gente em particular*”; ou “*durante a aula não tem como ficar pedindo explicação toda hora para o professor porque ele também tem outros alunos para atender e com vocês na sala de aula fica bem mais fácil de tirar as dúvidas*”.

Se o PIBID/Química não estivesse em sala de aula, o seu desempenho seria melhor ou pior?

Todos os alunos entrevistados disseram que o desempenho deles seria pior se o PIBID/Química não estivesse em sala de aula. Isso é explicitado em comentários como: “*um pouco pior, porque minha sala tem muitos alunos e o professor não teria tempo para poder ensinar só um. E eu sou aquela pessoa que tu tem que me falar, eu tenho que escrever e depois olhar de novo pra aprender*”; ou “*meu desempenho ia ser muito regular ou ruim*”; ou “*seria mais difícil, o professor não tem condições de atender todos os alunos, vocês sempre nos ajudam*”.

#### Questão 5 do questionário: O PIBID/Química não tem nenhuma importância para você?

Durante a entrevista, buscou-se entender qual a importância atribuída pelos alunos ao PIBID/Química, e 100% dos alunos, ao serem questionados, não deixaram nem a

Tabela 2: Razões apontadas pelos alunos para o aumento de seu interesse na disciplina de química devido ao PIBID/Química.

Resposta do aluno à questão 3 do questionário	Nº de citações	Motivo citado pelo aluno na entrevista	Nº de citações	% dos alunos
Concorda parcialmente	5	Devido às atividades experimentais.	2	33%
Concorda totalmente	1	Devido às explicações.	1	17%
		Devido ao atendimento individualizado.	3	50%

Tabela 3: Razões apontadas pelos alunos para a melhora do desempenho na disciplina de Química devido à presença da bolsista PIBID/Química na sala de aula.

Resposta do aluno à questão 4 do questionário	Nº de citações	Motivo citado pelo aluno na entrevista	Nº de citações	% dos alunos
Concorda totalmente	6	Devido às explicações	4	67%
		Devido ao atendimento individualizado.	2	33%

pergunta acabar de ser feita para responder. Apressadamente discordaram de que o PIBID/Química não tinha importância para eles, inclusive com gestos como uma negativa com a cabeça. O motivo trazido por eles foi todo o trabalho que o programa desenvolve, tendo sido citadas as atividades como: oficinas, atividades experimentais, monitorias, explicações durante a aula, ou seja, todos reconhecem como positivo o apoio que o PIBID/Química lhes dá. Esse reconhecimento é explicitado em comentários como: “até eu começar a tirar as minhas dúvidas, eu não entendia nada de química, absolutamente nada, depois que eu comecei a tirar as dúvidas com o PIBID eu consegui entender”; ou “discordo totalmente porque eu aprendi muito com o pessoal do PIBID”; ou “vocês me ajudaram muito, não só a mim, mas aos meus colegas”.

Dos alunos entrevistados, apenas um havia respondido no questionário que discordava parcialmente da afirmação, conforme mostra a Tabela 4. Durante a entrevista, ele afirmou que discordava totalmente, mas que havia respondido de forma errada, que o PIBID/Química tinha muita importância para ele, pois o ajudava muito.

Devido às respostas dadas a essa questão, surgiram as seguintes perguntas, que não constavam no roteiro inicial da entrevista:

*De que maneira as práticas realizadas pelos bolsistas do PIBID/Química ajudam você?*

Os alunos responderam que as práticas os fazem entender melhor os conteúdos, despertando o interesse deles para estudar a disciplina, “pois às vezes a teoria fica muito cansativa e a gente não entende muito bem na teoria, com a prática a gente consegue ver o que tá acontecendo”; ou “porque é diferente, a gente gosta de coisas diferentes, e em aulas práticas a gente descobre coisas a mais”; ou “ajuda porque na prática é mais fácil, não fica só na teoria. Fica mais fácil porque a gente vê como aconteceu”.

*Você pode citar alguma atividade realizada pelos bolsistas do PIBID/Química que tenha ajudado na compreensão da matéria trabalhada em sala de aula?*

Nas respostas a essa pergunta, foram citadas as monitorias para tirar dúvidas por quatro alunos e as oficinas, por dois alunos. Isso é explicitado em respostas como: “quando veio o pessoal e trouxe a parte de raios-x, me incentivou, eu gostei e participei da aula” ou “teve a oficina de radioatividade, tirei muitas dúvidas. Era uma coisa que eu não entendia, e fiquei surpreso como funciona”.

*Entrevista com a professora*

O objetivo dessa entrevista foi verificar se a professora de química da escola, supervisora do PIBID/Química, acreditava que o Programa influenciava o desempenho dos alunos e como acontecia essa influência. A seguir, serão transcritas e analisadas algumas das respostas da professora.

*A presença do bolsista PIBID/Química na sala de aula ajuda os alunos a melhorar o desempenho na sua disciplina? Por quais razões?* “Sim, pois eles auxiliam na resolução dos exercícios, propõem aulas práticas, jogos didáticos e oficinas”.

*Como você avalia a atuação do PIBID/Química?* “Ótima, é um trabalho de parceria entre eu e os bolsistas, onde os alunos ganham com mais explicações dos conteúdos em aula, com aulas práticas e com monitorias em turno inverso”.

Durante a entrevista, a professora relata ainda que a melhora dos alunos na disciplina ocorre pelas atividades proporcionadas pelos bolsistas para as suas turmas como oficinas, aulas práticas, monitorias, além do atendimento individualizado durante as aulas. Portanto, essa professora acredita que o PIBID/Química tem influência positiva sobre o desempenho dos alunos, pois na atual situação das salas de aulas do ensino público diurno, que se encontram cada vez mais cheias de alunos, somente a professora em sala de aula não consegue atender a todos os alunos individualmente para esclarecer suas dúvidas, mas com a presença dos bolsistas, uma quantidade maior de alunos consegue esse atendimento individualizado, que vem a contribuir para a melhoria de seu desempenho.

*Relato pessoal*

A seguir, será transcrito um relato da bolsista PIBID/Química, autora deste trabalho, escrito durante as observações em seu diário de campo. Esse relato permite compreender melhor a relação bolsista-aluno e observar a visão da bolsista em relação às atividades desenvolvidas e à melhora do desempenho dos alunos.

*“No decorrer do tempo, acompanhando as duas turmas, percebo a diferença na relação entre os alunos comigo. Em 2012, quando comecei as atividades com as turmas, havia certo receio por parte deles, talvez medo de me pedirem ajuda, mas aos poucos, cada aluno começou a se aproximar, um a um, e agora em 2013, todos me solicitam ajuda, sem vergonha alguma.”*

*“Houve um reconhecimento deles comigo, atualmente se referem a mim pelo meu nome, quando chego à sala de aula, me dão oi, da mesma forma que cumprimentam a professora*

Tabela 4: Razões apontadas pelos alunos para justificar a resposta à questão número 5.

Resposta do aluno à questão 5 do questionário	Nº de citações	Motivo citado pelo aluno na entrevista	Nº de citações	% dos alunos
Discordo parcialmente	1	Devido ao auxílio proporcionado aos alunos.	6	100%
Discordo totalmente	5			

da escola. Ao cruzarem comigo no pátio ou em outros locais da escola, eles fazem questão de vir falar comigo. E graças a essa mudança de relação, sinto que consigo ajudá-los de forma mais plena e percebo o aumento do interesse deles nas aulas de química. Essa relação mudou tanto no decorrer do tempo que os alunos se sentem à vontade para virem até mim e solicitar determinadas atividades experimentais, para que eu possa conversar com a professora e sugerir a atividade que eles desejam fazer. De todas as atividades desenvolvidas por mim nessas duas turmas, pude perceber que as atividades experimentais e o atendimento individualizado em sala de aula foram as que contribuíram mais para a melhoria do desempenho desse grupo de alunos. Por contextualizar o conteúdo trabalhado na disciplina com atividades experimentais e por contribuir com o entendimento da teoria no atendimento individualizado, percebo também a importância da bolsista dentro dessas salas de aulas que possuem muitos alunos. Na prática, observei que os alunos que solicitavam o auxílio da bolsista conseguiam desenvolver melhor as atividades avaliativas realizadas pela professora”.

Esse relato permite observar que a relação dos alunos com a bolsista PIBID/Química é muito boa, que os alunos a respeitam da mesma forma que a professora da escola e que esta conseguiu observar o efeito progressivo de sua presença em sala de aula para os alunos.

#### Análises de notas

A Tabela 5 apresenta as faixas de notas, de cinco trimestres consecutivos, obtidas pelos alunos da turma A e da B ao longo dos anos de 2012 e 2013. As faixas de notas são tratadas como porcentagens sobre a nota total do trimestre, pois cada trimestre nessa escola possui um peso diferente, sendo 20 pontos no 1º trimestre, 30 no 2º e 50 no 3º. As quatro faixas dividem-se em: abaixo de 50% da nota do trimestre; de 51 a 60% da nota do trimestre; de 61 a 70% da nota do trimestre; e acima de 70% da nota do trimestre.

A bolsista PIBID/Química iniciou suas atividades nessa escola em abril de 2012, ou seja, tendo atuação em apenas metade do 1º trimestre. Não havia bolsista para essas turmas anteriormente. Observa-se que no 1º trimestre apenas um aluno na turma A e sete na B conseguiram obter notas acima de 70% da nota do trimestre, enquanto que, no 2º trimestre, sete da turma A e 10 da B conseguiram obter acima de

70% da nota do trimestre, sendo observada uma melhoria do desempenho dos alunos, que possivelmente foi devida à atuação da bolsista em sala de aula. O PIBID/Química atuou durante todo o 2º trimestre de forma plena, tendo desenvolvido atividades experimentais, monitorias durante as aulas e em turno inverso. As avaliações realizadas foram elaboradas pelo professor, que aplicou duas provas e um trabalho realizado em aula. O conteúdo trabalhado durante 1º e o 2º trimestre foi química orgânica.

No 3º trimestre de 2012, houve acontecimentos, registrados pela bolsista no diário de campo, que prejudicaram o desenvolvimento das atividades com as turmas: muitas atividades acadêmicas com participação dos bolsistas do PIBID/Química ocorreram na universidade, no período da manhã, turno em que as turmas participantes da pesquisa tinham suas aulas de química. Além disso, a turma A tinha seus dois períodos semanais na sexta-feira, tendo muitos feriados no 3º trimestre, o que tornou reduzido o número de horas-aula de química para essa turma.

Observa-se, então, que, no 3º trimestre, nenhum aluno na turma A conseguiu atingir mais de 70% da nota do trimestre e 19 alunos obtiveram notas menores ou iguais a 50% da nota do trimestre. A turma B foi também prejudicada pelos acontecimentos durante o trimestre, mas foi menos prejudicada que a A, tendo seis alunos que obtiveram notas acima de 70% da nota do trimestre e dez com notas menores ou iguais a 50% da nota do trimestre. Foi observada, então, a visível queda do desempenho de ambas as turmas durante o 3º trimestre. Neste, o professor elaborou e realizou as mesmas avaliações do trimestre anterior, mas os conteúdos trabalhados foram estequiometria e soluções, sendo possível atribuir a queda no desempenho tanto aos conteúdos, que envolvem muitos cálculos matemáticos, quanto à menor frequência da bolsista em sala de aula para sanar as dúvidas dos alunos. A seguir, serão analisadas as faixas de notas obtidas pelos alunos da turma A e da B no ano de 2013. A Tabela 6 mostra apenas o 1º e o 2º trimestres, pois as notas do 3º foram fechadas somente após a conclusão deste trabalho.

No ano de 2013, houve mudança de professor das turmas participantes deste trabalho: a professora supervisora do PIBID/Química assumiu essas turmas, viabilizando a plena atuação do PIBID/Química. As avaliações realizadas durante os dois trimestres com as duas turmas eram elaboradas pela

Tabela 5: Faixas de notas atingidas pela turma A e B, respectivamente, no ano de 2012.

Faixa de notas	Turma A			Turma B		
	Nº de alunos que atingiram a faixa de notas					
	1º Tri	2º Tri	3º Tri	1º Tri	2º Tri	3º Tri
≤ 50%	4	1	19	3	3	10
51% a 60%	10	4	0	8	14	8
61% a 70%	5	8	1	10	1	4
> 70%	1	7	0	7	10	6

Tri: Trimestre

Tabela 6: Faixas de notas atingidas pela turma A e B, respectivamente, no ano de 2013.

Faixa de notas	Turma A		Turma B	
	Nº de alunos que atingiram a faixa de notas			
	1º Tri	2º Tri	1º Tri	2º Tri
≤ 50%	10	3	7	1
51% a 60%	3	3	2	1
61% a 70%	1	3	6	4
> 70%	0	5	4	13

Tri: Trimestre

professora, sendo compostas por atividades realizadas em aula, prova escrita e relatório da atividade experimental. O conteúdo trabalhado no 1º trimestre foi termoquímica e, no 2º trimestre, cinética química e equilíbrio químico.

No 1º trimestre de 2013, a atuação do PIBID/Química ocorreu em apenas metade do trimestre, visto que a escola solicitou que os bolsistas comesçassem suas atividades somente em abril, pois estava se organizando para o *Ensino Politécnico*, que começava então a ser implantado nas escolas públicas estaduais do Rio Grande do Sul. Observa-se que na turma A, no 1º trimestre, nenhum aluno obteve nota acima de 70% da nota do trimestre, e dez obtiveram notas menores ou iguais a 50% da nota do trimestre. Já no 2º trimestre, cinco alunos obtiveram nota acima de 70% da nota do trimestre, e apenas três obtiveram notas menores ou iguais a 50% da nota do trimestre. Na turma B, no 1º trimestre, quatro alunos obtiveram notas acima de 70% da nota do trimestre, e sete obtiveram notas menores ou iguais a 50% da nota do trimestre. Já no 2º trimestre, treze alunos obtiveram notas acima de 70% da nota do trimestre, e apenas um obteve nota menor ou igual a 50% da nota do trimestre. Pode-se concluir, portanto, que os alunos de ambas as turmas obtiveram melhor desempenho no 2º trimestre de 2013 do que no 1º trimestre de 2013.

### Considerações finais

Foi observado, na primeira e na segunda fase da pesquisa, que o PIBID/Química influenciava de forma positiva o

desempenho dos alunos. Nas entrevistas, os alunos confirmaram a influência do Programa sobre seus desempenhos e citaram os motivos como atendimento individualizado, explicações e atividades diferenciadas como experimentos e oficinas que os incentivavam a estudar a disciplina. Além disso, os alunos entrevistados afirmaram que seus desempenhos seriam piores caso não houvesse a presença da bolsista em sala de aula. As mesmas atividades, comentadas por eles, foram citadas pelo professor da escola como influências positivas para o desempenho dos alunos.

A análise das notas desse grupo de alunos ao longo de cinco trimestres permitiu observar que o desempenho escolar dos alunos na disciplina de química foi melhor nos trimestres em que o PIBID/Química atuou de forma efetiva. Nos trimestres em que, por alguma razão, as atividades do Programa foram prejudicadas ou em trimestres nos quais a atuação foi apenas parcial, foi observada uma queda no desempenho, a qual pode ser devida ao conteúdo mais complexo, aumentando a necessidade de o aluno ter um atendimento individualizado que não pôde ser prestado pela bolsista. Ou seja, foi observado que o PIBID/Química tem influência sobre o desempenho escolar dos alunos na disciplina de química, conjuntamente com outros fatores, e que essa influência ocorre de forma positiva, melhorando seu desempenho.

### AGRADECIMENTOS

À escola participante do PIBID e à professora supervisora de química, que propiciaram a realização das atividades propostas.

À CAPES, pelo financiamento deste trabalho, na forma de bolsas de iniciação à docência, de supervisão e de coordenação e propiciando a aquisição de material de consumo.

**Jennifer Demari** (jenny.vop@gmail.com) é licenciada em Química (UFRGS), ex-bolsista do Subprojeto Química do PIBID/UFRGS, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (UFRGS) e bolsista CAPES. Porto Alegre, RS – BR. **Tania Denise Miskinis Salgado** (tania.salgado@ufrgs.br), bacharel em química, engenheira química, mestre em Engenharia de Materiais, doutora em Ciências (UFRGS), é docente da UFRGS no curso de Licenciatura em Química e no Programa de Pós-Graduação em Ciências: Química da Vida e Saúde e Coordenadora do PIBID/Química da UFRGS. Porto Alegre, RS – BR.

### Referências

AMARAL, E.M.R. Avaliando contribuições para a formação docente: uma análise de atividades realizadas no PIBID-Química da UFRPE. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 229-239, 2012.

BELLO, S.E.L.; UBERTI, L. (Orgs.). *Iniciação à docência: articulações entre ensino e pesquisa*. São Leopoldo: Oikos, 2013.

DEUS, A.M.; CUNHA, D.E.S.L.; MACIEL, E.M. Estudo de caso na pesquisa qualitativa em educação: uma metodologia. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 6., 2010. *Anais...* Universidade Federal do Piauí. Disponível em: <http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/VI.encontro.2010/>

GT.1/GT\_01\_14.pdf. Acessado em: 09 set. 2013.

GRECA, I.M. Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de ciências: algumas questões para refletir. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 73-82, 2002. Disponível em: <http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/183/168>. Acessado em jul. 2013.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, Brasília, v. 22, n. 2, p. 201-210, mai-ago 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ptp/v22n2/a10v22n2.pdf>. Acessado em: maio 2013.

\_\_\_\_\_. *Como elaborar um questionário*. Brasília, DF: UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental, 2003. (Série: Planejamento

de Pesquisa nas Ciências Sociais, n. 1). Disponível em: <http://www.ic.unicamp.br/~wainer/cursos/2s2006/epistemico/01Questionario.pdf>. Acessado em: jul. 2013.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986.

SILVA, C.S.; MARUYAMA, J.A.; OLIVEIRA, L.A.A.; OLIVEIRA, O.M.M. O saber experiencial na formação inicial de professores a partir das atividades de iniciação à docência no subprojeto de química do PIBID da Unesp de Araraquara. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 184-188, 2012.

SILVA, J.L.; SILVA, D.A.; MARTINI, C.; DOMINGOS, D.C.A.; LEAL, P.G.; BENEDETTI, E.; FLORUCCI, A.R. A utilização de vídeos nas aulas de química do ensino médio para abordagem histórica e contextualizada do tema vidros. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 189-200, 2012.

SOUSA, R.S.; ROCHA, P.D.P.; GARCIA, I.T.S.E. Estudo de caso em aulas de química: percepção dos estudantes de nível médio sobre o desenvolvimento de suas habilidades. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 220-228, 2012.

WEBER, K.C.; FONSECA, M.G.; SILVA, A.F.; SILVA, J.P.; SALDANHA, T.C.B. A percepção dos licenciados em química

sobre o impacto do PIBID em sua formação para a docência. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 3, p. 189-198, 2013.

YIN, R.K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Trad. Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

### Para saber mais

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *PIBID - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência*. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/educacao-basica/capespibid>. Acessado: em jun. 2013.

MANZINI, E.J. Uso da entrevista em dissertações e teses produzidas em um programa de pós-graduação em educação. *Revista Percorso*, Maringá, v. 4, n. 2, p. 149-171, 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/Percorso/article/view/18577/10219>. Acessado em: jul. 2013.

MOREIRA, M. A. *Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos*. Texto de apoio n. 19. Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências. Universidade de Burgos, Espanha, em convênio com a UFRGS. 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/pesquisaem ensino.pdf>. Acessado em: jul. 2013.

**Abstract:** *Influence of the PIBID/Chemistry Program of the Federal University of Rio Grande do Sul on the school performance of high school students.* Most research on PIBID has emphasized teacher formation. In this article, the look falls on the students, seeking to verify the influence of the PIBID/Chemistry of UFRGS on the school performance of a group of High School students in the Chemistry curricular component and what reasons led to that influence, by means of the evaluations held regularly in the classroom. Data were collected through observation and notes in the class casebook, a questionnaire with objective questions and open answers, and interviews. Qualitative and quantitative analysis were used for data analysis. The results showed that the PIBID/Chemistry of UFRGS had a positive influence on the school performance of that group of students in chemistry, and the influence can be attributed to the individualized attendance and to the differentiated activities developed by scholarship holders of PIBID/Chemistry.

**Keywords:** PIBID/Chemistry; school performance, high school students.

## A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica

**Antônio A. C. Cruz, Viviane G. P. Ribeiro, Elisane Longhinotti e Selma E. Mazzetto**

O interesse pela ciência forense tem crescido nos últimos anos devido principalmente às séries televisivas que retratam o cotidiano de peritos criminais. A química está diretamente relacionada com a atividade do perito na resolução de crimes. A experimentação lúdica das técnicas forenses de revelação de impressões digitais, teste de DNA e identificação de sangue foram utilizadas pelos alunos do 9º ano para a resolução de uma situação-problema (crime fictício). A interdisciplinaridade e a contextualização da ciência forense tornaram o conteúdo menos teórico e motivaram a participação e a aprendizagem dos alunos.

► atividade lúdica, experimentação, química forense ◀

Recebido em 10/06/2014, aceito em 05/10/2014

167

A ciência forense abrange diferentes ramos de pesquisas ligados às ciências humanas e naturais tais como antropologia, engenharia, física, química, biologia, dentre outras. Nos últimos anos, o interesse por essa ciência tem crescido devido às séries televisivas que retratam o cotidiano de equipes de pesquisadores forenses. Esse tipo de programa televisivo auxilia na construção de situações que possibilitam o desenvolvimento da cognição, despertando o interesse principalmente do público adolescente (Souza, 2008).

Por se caracterizar como uma área com temas transversais, a ciência forense pode propiciar a oportunidade de desenvolver atividades interdisciplinares no processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, torna-se bastante relevante para ser trabalhada em sala de aula por aplicar os conhecimentos científicos na resolução de crimes. Além de possibilitar que o aprendiz torne significativo o que aprende, esse tema traz para a escola a possibilidade de dar significado social à disciplina ensinada, ou seja, amplia a visão e orienta o discente.

*As atividades lúdicas no ensino visam ao desenvolvimento pessoal e cognitivo do aluno, propiciando a atuação em cooperação na sociedade e, conseqüentemente, promovem a reflexão e a construção do raciocínio lógico. Tudo isso leva o estudante a entender, com mais clareza, os assuntos abordados, auxiliando-o na busca por respostas criativas e eficazes para solucionar os problemas*

Pouco tem sido mudado com relação aos conteúdos abordados nos livros-texto, fazendo com que os estudantes questionem os motivos pelos quais a matéria é ensinada. Com isso, mudanças têm sido propostas para promover uma transformação no ensino da química. Uma forma para dinamizar as aulas é a variação de técnicas de ensino, utilizando, por exemplo, experimentos, jogos e outros recursos didáticos (Soares et al., 2003). A utilização de atividades lúdicas proporciona uma metodologia dinâmica e inovadora para ensinar de forma mais relevante. Essas técnicas são indicadas como recursos didáticos que podem ser utilizadas em diversos momentos, permitindo a interação entre os indivíduos. Ao se utilizar o lúdico, facilita-se a proximidade do aluno com o conteúdo, uma vez que a falta de

motivação é uma das principais causas do desinteresse no aprendizado por parte dos alunos (Cunha, 2004).

As atividades lúdicas no ensino visam ao desenvolvimento pessoal e cognitivo do aluno, propiciando a atuação em cooperação na sociedade e, conseqüentemente, promovem a reflexão e a construção do raciocínio lógico. Tudo isso

leva o estudante a entender, com mais clareza, os assuntos abordados, auxiliando-o na busca por respostas criativas e eficazes para solucionar os problemas.

Outra metodologia a ser trabalhada em sala de aula é a experimentação, uma forma de aprendizagem que permite que os alunos visualizem, de maneira prática, a teoria explicada em sala de aula. Comumente, as atividades de laboratório são orientadas por roteiros predeterminados do tipo receita, dificultando o raciocínio e o questionamento (Ferreira et al., 2010). Contudo, o experimento didático deve promover o caráter investigativo, favorecendo a compreensão das relações conceituais da disciplina (Machado; Mol, 2008), permitindo que os alunos tenham a oportunidade de aprender com os seus erros tanto quanto com os acertos.

A experimentação pode ter um caráter lúdico e dedutivo, em que o aluno pode controlar e descobrir relações funcionais entre os conteúdos e testar o que é dito na teoria. A utilização dessas atividades, quando bem planejada, facilita muito a compreensão da química e é importante na formação de concepções espontâneas dos conceitos científicos (Giordan, 1999).

### Técnicas da química forense

A química forense, sendo uma das áreas da ciência forense, pode ser definida como o ramo da ciência que utiliza os conhecimentos da química e de áreas afins para solucionar problemas de natureza criminal, utilizando-se de métodos analíticos, orgânicos e físico-químicos, fazendo uma intermediação entre os conhecimentos químicos e a realidade social. Entre as principais áreas da química envolvidas na análise pericial, encontramos a química analítica e a química orgânica, as quais desenvolvem procedimentos para identificação da presença ou ausência de compostos químicos na cena do crime.

As técnicas empregadas pelos químicos forenses são inúmeras e variam de acordo com a necessidade da análise, utilizando desde substâncias e vidrarias simples até equipamentos mais sofisticados. Neste artigo, serão abordadas as técnicas de análise da presença de sangue, identificação de DNA e revelação de impressões digitais.

### Identificação da presença de sangue

Quando uma mancha chega ao laboratório forense, ela é sujeita a testes muito sensíveis a fim de determinar se é, de fato, sangue ou não. A esse tipo de análise, dá-se o nome de teste de presunção (Chemello, 2007). Exames presuntivos de sangue são geralmente catalíticos e envolvem o uso de um agente oxidante, como o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), e um indicador luminescente. Dos reagentes de interesse prático na química forense, o luminol é o mais empregado. A reação quimiluminescente de oxidação do 5-amino-2,3-dihidroftalazina-1,4-diona (luminol) é catalisada pelo íon metálico de ferro presente na hemoglobina, resultando em um composto chamado 3-aminofталato, conforme visualizado na Figura 1.

Esse composto, ao ser irradiado com luz negra ( $\lambda = 431\text{nm}$ ), emite luz azul, tornando visíveis os locais onde haja vestígios de sangue. Ao borrifar luminol na amostra, sua eficácia é tão grande que é possível a detecção de sangue até mesmo quando passados seis anos da ocorrência do crime ou quando o suspeito limpa o local a fim de encobrir o acontecido.

### Identificação de DNA

Uma das técnicas utilizadas por peritos criminais na identificação de ácido desoxirribonucléico (DNA) do possível autor de um delito é a eletroforese em gel. O processo que ocorre nessa técnica nada mais é do que a migração de íons ou moléculas submetidas a uma corrente elétrica. As moléculas de DNA, devido aos grupamentos fosfato da sua cadeia (carga negativa), migram para o polo positivo. A eletroforese separa moléculas de diferentes tamanhos, criando padrões de fragmentos moleculares. A eletroforese em gel baseia-se na preparação de um gel de agarose (um polissacarídeo extraído de algas marinhas) que forma uma rede em que se fixam as moléculas durante a migração. O perito coloca a solução de DNA no gel e aplica uma corrente elétrica. Para visualizar a fragmentação (padrão gerado), é adicionado brometo de etídio, que fará o DNA brilhar quando exposto à luz ultravioleta (Chemello, 2007).

Como cada pessoa tem um DNA único, o perito forense realiza uma eletroforese de DNA da cena do crime e uma do DNA do(s) suspeito(s) e, em seguida, compara ambos.

Uma das técnicas utilizadas por peritos criminais na identificação de ácido desoxirribonucléico (DNA) do possível autor de um delito é a eletroforese em gel. O processo que ocorre nessa técnica nada mais é do que a migração de íons ou moléculas submetidas a uma corrente elétrica. As moléculas de DNA, devido aos grupamentos fosfato da sua cadeia (carga negativa), migram para o polo positivo. A eletroforese separa moléculas de diferentes tamanhos, criando padrões de fragmentos moleculares.

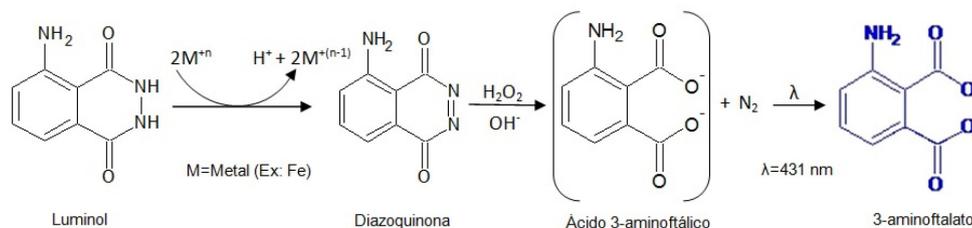


Figura 1: Mecanismo de oxidação do luminol.

Havendo semelhança total nos padrões, fica confirmada a autoria do crime.

### Identificação de impressões digitais

Registros pré-históricos de impressões digitais mostram o interesse humano nessas marcas inconfundíveis dos indivíduos. Inicialmente utilizadas apenas como ferramenta de identificação em documentos, não havendo ainda uma aplicação científica, o primeiro caso autêntico de identificação da autoria de um crime por meio das impressões digitais ocorreu em 1891 na polícia de La Plata (Maia, 2012).

No que se refere à identificação humana para solucionar crimes, a revelação de impressões dérmicas é uma das técnicas mais usadas. Denominada de papiloscopia, ela está subdividida em três áreas: datiloscopia, quiroscopia e podoscopia, as quais se dedicam, respectivamente, às impressões digitais, às impressões deixadas pelas palmas das mãos e às impressões deixadas pelas palmas dos pés, sendo a datiloscopia a mais empregada das três (Farias, 2010). Do ponto de vista biológico, a datiloscopia baseia-se no fato de que, até hoje, não foram encontradas duas pessoas com a mesma impressão digital; e do ponto de vista da química forense, os compostos orgânicos têm um papel importante na revelação da impressão digital e, conseqüentemente, na identificação de determinado indivíduo. Existem várias maneiras de identificar as impressões digitais. Neste trabalho, optou-se pela técnica do vapor de iodo, uma das mais antigas e simples, que consiste na absorção do vapor do iodo pelos compostos gordurosos do suor (Farias, 2010). As impressões digitais reveladas por sua adsorção têm coloração escura, conforme demonstra a Figura 2.



Figura 2: Diferentes tipos de digitais reveladas pela técnica do vapor de iodo.

Assim, abordar conceitos químicos por meio da ciência forense, com a intenção de promover a interdisciplinaridade e a contextualização, mediante a experimentação de forma lúdica, representa um recurso didático diferenciado e importante. Dessa forma, o objeto de estudo deste trabalho foi o de explorar técnicas forenses com alunos do 9º ano para a resolução de uma situação-problema (crime fictício), ilustrando os principais conceitos químicos que as envolvem.

### Procedimento experimental

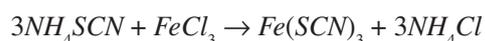
O estudo consistiu em elaborar um experimento de química forense de forma simples, que poderia ser utilizado por qualquer professor em sala de aula, envolvendo a interdisciplinaridade e a contextualização de forma lúdica para o ensino de química. O experimento foi aplicado em três turmas regulares do último ano do ensino fundamental de um colégio da rede privada de Fortaleza, totalizando 120 alunos. A atividade foi apresentada em duas etapas: a primeira consistiu de aulas expositivas teóricas com o propósito de informar os alunos acerca das técnicas utilizadas pela ciência

forense e demonstrar como a química está inserida nesse contexto; na segunda etapa, os alunos de cada turma foram divididos em dois grupos para a realização do experimento.

O experimento foi desenvolvido a partir da investigação de um crime fictício e, para isso, foi elaborada uma suposta história criminosa, na qual os próprios alunos seriam os investigadores e peritos criminais. A história que foi contada antes da realização do experimento foi a seguinte:

*“Ao receber uma joia de presente, Erika decidiu guardá-la em seu cofre escondido no seu quarto, atrás de um quadro de parede. Na noite seguinte, quando ela chegou de um jantar, encontrou a porta do seu quarto aberta. O estado da porta indicava que ela havia sido arrombada. No quarto, havia manchas vermelhas espalhadas pelo chão, sugerindo que, enquanto arrombava, a pessoa poderia ter se ferido. O quadro que camuflava o esconderijo do cofre estava no chão e o cofre estava aberto, indicando que algo havia sido roubado e que o autor sabia exatamente a localização do objeto. Ao olhar no cofre, Erika observou que seu colar não mais se encontrava entre os pertences que lá estavam, concluindo que este fora roubado. Por ter passado o dia fora, Erika lembrou que apenas o motorista, a governanta e o cozinheiro estavam na casa no momento do roubo. Assim, os investigadores decidiram submeter o local a uma análise pericial em busca de provas, e os principais suspeitos foram submetidos a um teste de DNA.”*

Para os alunos iniciarem a investigação do crime, no primeiro experimento, foi apresentada uma simulação do sangue (sangue artificial) e uma demonstração da reação do luminol. O sangue artificial foi representado pelo tiocianato férrico, de coloração vermelho intensa, muito parecido com a do sangue humano. Para a preparação do tiocianato férrico, misturou-se 100 mL de solução 0,1 mol/L de cloreto férrico e 20g de tiocianato de amônio. A reação química envolvida no processo está representada abaixo:



Para demonstração da reação de quimiluminescência do luminol, foi utilizado o oxalato de fenila, composto luminescente presente nas pulseiras *lightstick* (Figura 3). Dentro das pulseiras, há uma ampola de vidro bastante fina, quase imperceptível, que contém peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). Cada aluno cortou uma pulseira na extremidade com a ajuda de uma tesoura, retirando a ampola de vidro e depositando o líquido (que contém éster de oxalato de fenila e corante) em um tubo de ensaio. Em seguida, a ampola de vidro também foi aberta e depositada no mesmo tubo. Quando os dois se misturam, ocorre a reação do éster com o peróxido, formando um peróxido cíclico (1,2-dioxetanodiona) e gerando emissão de luz.

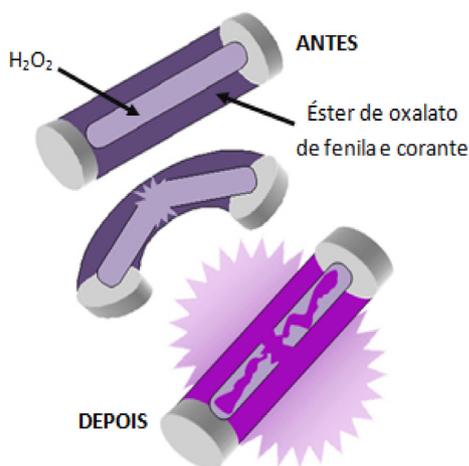


Figura 3: Pulseiras *lightstick*, que brilham no escuro, usadas em eventos artísticos.

Em seguida, os alunos fizeram o teste de identificação de DNA por meio da técnica de eletroforese aplicada de forma lúdica. Foi considerado que a quebra na sequência de bases nitrogenadas do DNA ocorreu na junção entre duas bases AA da fita (Figura 4). Após cortados os fragmentos de DNA, o passo seguinte é complementar com suas respectivas bases nitrogenadas e contar os números de pares de bases nitrogenadas de cada fragmento, organizando os fragmentos obtidos por ordem de tamanho.

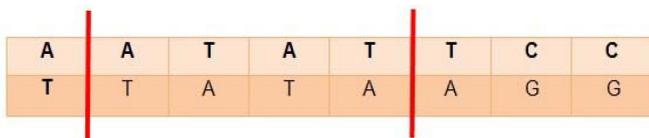


Figura 4: Fragmento formado pela quebra hipotética da sequência de DNA.

Como a eletroforese gera padrões de fragmentos moleculares, criaram-se padrões de fragmentos de DNA em cartelas de papel, cabendo aos grupos construir a fita complementar das bases nitrogenadas, considerando a sequência de cada fragmento e depois preencher a tabela que representa o gel da eletroforese. O material coletado no crime fictício foi representado por quatro fitas de DNA (Figura 5) colocadas em um envelope e entregues para cada grupo. No material

fornecido, havia as amostras de todos os suspeitos, além da amostra do DNA coletado na cena do crime.

SUSPEITO 1	SUSPEITO 2	SUSPEITO 3	CENA DO CRIME
A	A	G	A
G	T	A	C
T	G	T	C
T	G	T	G
G	A	C	T
C	T	G	A
A	C	A	C
T	C	A	T
G	A	G	T
T	G	T	C
A	A	A	G

Figura 5: Fitas representativas de DNA.

Então, o preenchimento da tabela que representa o gel na eletroforese lúdica consistiu em pintar com lápis de cor os quadrados referentes ao número de bases em cada fragmento de DNA na coluna representativa do material de coleta recebido. Por exemplo: se um dos fragmentos do suspeito 1 apresenta três pares de base, o aluno deverá pintar o quadrado relativo a esse e a linha número 3 (Figura 6). Após a montagem do gel (tabela preenchida), deve-se analisar a amostra de DNA dos suspeitos em comparação com o DNA encontrado na cena do crime.



Figura 6: Tabela representativa de um gel de eletroforese.

Por último, foi realizado o experimento de revelação de impressões digitais. A técnica de vapor de iodo foi utilizada da seguinte forma: 1g de cristais de iodo foi colocado junto com o material a ser examinado (papel ofício contendo a impressão digital coletada na cena do crime) em um saco plástico e, em seguida, trituraram-se os cristais dentro do saco selado e esperou-se cerca de 10 minutos para a visualização da impressão digital. Assim que a digital foi totalmente visualizada, os alunos fizeram uma comparação com as impressões digitais dos suspeitos que estavam no mural (Figura 7).



Figura 7: Impressões digitais dos suspeitos.

## Resultados e discussão

O primeiro contato dos alunos do ensino fundamental com a disciplina de química em sala de aula ocorre no 9º ano. A grande maioria considera a disciplina desinteressante ou não gosta dela. Essa falta de interesse pode ser geralmente atribuída à forma como os conteúdos são apresentados aos alunos: cálculos, fórmulas e teorias podem não ser motivadores. É importante ressaltar que, na escola onde este trabalho foi desenvolvido, os alunos, a partir do 9º ano, têm como disciplina obrigatória o laboratório de química, fator bastante positivo para que a química possa ser apresentada de forma mais relevante. O grande desafio está na metodologia a ser utilizada para a demonstração dos experimentos, pois alguns professores sempre tratam a experimentação como uma receita pronta, o que desestimula os alunos, mesmo tendo aulas no laboratório.

Na etapa de aplicação do experimento, o simples relato do suposto crime que eles teriam que investigar e das evidências encontradas gerou uma grande expectativa e aguçou a curiosidade deles. Com isso, os alunos fizeram o papel de investigadores e peritos criminais para desvendar o problema por meio da ciência forense. Todo esse processo de experimentação investigativa e lúdica torna os discentes protagonistas do seu próprio aprendizado.

Os testes realizados pelos estudantes que realmente auxiliaram na resolução do crime foram as técnicas de identificação de DNA e revelação de impressões digitais. No teste de identificação de sangue, apenas os conceitos químicos de luminescência, quimiluminescência e fosforescência foram explorados, aproveitando a situação-problema. Além disso, foi possível abordar outros assuntos relevantes da química tais como: oxidação nas reações orgânicas (pela utilização do  $H_2O_2$ ) e catálise.

Para solucionar a situação-problema, os alunos iniciaram com a técnica de identificação do DNA, utilizando a eletroforese em gel de forma lúdica. Ao preencher a tabela representativa do gel da eletroforese, os discentes são induzidos ao raciocínio lógico e à reflexão, pois ao executarem o procedimento, cria-se uma expectativa de qual será o resultado, gerando uma competição saudável entre eles para saber quem descobrirá primeiro o criminoso. Segundo Soares (2008), a atividade lúdica favorece o aprendizado pela experimentação e estimula a exploração e a resolução de problemas, pois como é livre de pressões e avaliações,

cria um clima adequado para a investigação e a busca por soluções. Contudo, o autor assevera que o professor de química deve estar seguro de que a função lúdica não deve predominar sobre a função educativa da atividade proposta em sala de aula e vice-versa.

A interdisciplinaridade também esteve inserida nesse contexto, uma vez que conceitos de biologia foram lembrados para que os alunos pudessem complementar as fitas da eletroforese com suas respectivas bases nitrogenadas (timina é a base complementar da adenina e a citosina, da guanina). Com esse teste, os alunos já poderiam identificar o suposto autor do crime, que só seria confirmado com a técnica de identificação de digital. Além disso, o docente poderia trabalhar em sala de aula os conceitos químicos de carga iônica e mobilidade de íons.

Para finalizar de forma definitiva e solucionar o crime, os alunos utilizaram a técnica de identificação de impressões digitais. É importante destacar que, em cada turma, as digitais dos suspeitos foram trocadas para manter o suspense e o mistério da história. Segundo Farias (2010), somente será considerada a impressão em análise como pertencente a um determinado indivíduo, quando, entre a impressão digital analisada e a da pessoa a ser identificada, apresentarem-se de 12 a 20 pontos característicos coincidentes. Propositadamente, em nenhum momento da aula teórica foi informado aos alunos que eles deveriam fazer as análises dos pontos entre as digitais. Isso os levou a raciocinar e a comparar os traços revelados com pontos dos suspeitos, visando encontrar o culpado com mais empenho e interesse.

A técnica de vapor de iodo permite ao docente trabalhar conceitos como o fenômeno físico da sublimação, pontos de fusão e ebulição das substâncias, apresentação da classe de elementos químicos dos halogênios, adsorção física e forças intermoleculares.

Durante a realização do experimento forense, pôde-se observar uma interação significativa da turma com as atividades propostas e nenhum tipo de constrangimento por parte dos alunos em responder às questões levantadas pelo professor, concordando com o objetivo proposto de apropriação do conhecimento por meio de desafios. Os resultados apontam que o uso de novas metodologias de ensino contribui para o aprendizado dos alunos e proporciona o desenvolvimento de uma visão crítica do mundo que os cerca, tornando os conteúdos de química menos abstratos e mais relevantes.

Um ponto que merece destaque é que, na escola onde o trabalho foi executado, o sucesso foi tanto que a instituição já incorporou essa prática nas suas aulas de laboratório, o que demonstra que, quando bem trabalhados, os conteúdos de química são atrativos e contribuem significativamente para a compreensão dos fenômenos no nosso entorno.

## Conclusão

A maioria dos estudantes tem uma visão da química

como uma ciência descritiva, baseada em símbolos, regras, fórmulas e reações, pois se esqueceram de lhes mostrar o real papel dessa ciência no cotidiano. A interdisciplinaridade e a contextualização da ciência forense, por meio da experimentação lúdica, tornaram o conteúdo menos teórico e motivou a participação dos alunos. Com esse trabalho, foi possível demonstrar que o professor, ao desenvolver atividades práticas e lúdicas em sala de aula, ajudará o aluno a observar a relevância dos conteúdos estudados, incentivando-o a aprender química de forma simples, relevante e duradoura, que poderá ser comprovada pela curiosidade, pela participação

em aula e, conseqüentemente, pela melhoria do desempenho nas avaliações.

## Referências

CHEMELLO, E. Ciência forense: exame de DNA. *Química Virtual*. Jan. 2007. Disponível em: [http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007mar\\_forense4.pdf](http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007mar_forense4.pdf). Acessado em: ago. 2014.

CUNHA, M.B. Jogos de química: desenvolvendo habilidades e socializando o grupo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 12., 2004. *Resumos ENEQ* – 028. Goiânia, 2004.

FARIAS, R.F. *Introdução à química forense*. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.R.; OLIVEIRA, R.C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 43-49, 1999.

MACHADO, P.F.L.; MOL, G.S. Experimentando química com segurança. *Química Nova na Escola*, n. 27, p. 57-60, 2008.

MAIA, F.S. *Criminalística geral*. Fortaleza, 2012. Disponível em: [http://www.mpce.mp.br/esmp/apresentacoes/I\\_Curso\\_de\\_Investigacao\\_Criminal\\_Homic%3%ADdio/02\\_Criminalistica\\_Geral\\_29\\_11\\_2012.pdf](http://www.mpce.mp.br/esmp/apresentacoes/I_Curso_de_Investigacao_Criminal_Homic%3%ADdio/02_Criminalistica_Geral_29_11_2012.pdf). Acessado em: maio 2014.

SOARES, M. *Jogos para o ensino de química: teoria, métodos e aplicações*. Guarapari: Ex-Libris, 2008.

**Antônio Alvernes Carneiro Cruz** (alve1986@hotmail.com), licenciado em Química pela UFC, é mestrando em Química na UFC. Fortaleza, CE – BR. **Viviane Gomes Pereira Ribeiro** (vivianegpribeiro@live.com) é licenciada, mestre e doutoranda em Química pela UFC. Fortaleza, CE – BR. **Elisane Longhinotti** (elisane@ufc.br), licenciada em Química pela UEM, mestre e doutora em Química pela UFSC, é professora de Química Analítica na UFC. Fortaleza, CE – BR. **Selma Elaine Mazzetto** (selma@ufc.br), bacharel em Química pela USP, licenciada em Química pela UFC, mestre em Ciências pela USP, doutora em Química pela USP, é professora de Química na UFC. Fortaleza, CE – BR.

SOARES, M.H.F.B; OKUMURA, F.; CAVALHEIRO, E.T.G. Proposta de um jogo didático para ensino do conceito de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 13-17, 2003.

SOUZA, C.M. *Ciências forenses em sala de aula*. 2008. Disponível em: <http://www.webartigos.com/artigos/ciencias-forenses-em-sala-de-aula/9772/>. Acessado em: abr. 2014.

## Para saber mais

ALBERTIN, R.; ARRIBAS, M.A.G.; BASTOS, E.L.; RÖPKE, S.; SAKAI, P.N.; SANCHES, A.M.M.; STEVANI, C.V.; UMEZU, I.S.; YU, J.; BAADER, W.J. Quimiluminescência orgânica: alguns experimentos de demonstração para a sala de aula. *Química Nova*, v. 21, n. 6, p. 772-779, 1998.

OLIVEIRA, M.F. Química forense: a utilização da química na pesquisa de vestígios de crime. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 17-19, 2006.

SEBASTIANY, A.P.; PIZZATO, M.C.; DEL PINO, J.C.; SALGADO, T.D.M. A utilização da ciência forense e da investigação criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. *Educación Química*, v. 24, n. 1, p. 49-56, 2013.

**Abstract:** *Forensic science in the teaching of chemistry by means of investigative experimentation.* Interest in forensic science has grown in recent years, due largely to TV series that depict the daily life of forensic experts. Chemistry is directly related to the activities of these experts in resolution of crimes. The playful experimentation of forensic techniques, such as fingerprint revelation, DNA and blood analyses were used by students in the 9th grade to solve a fictional crime. The Interdisciplinarity and the contextualization of forensic science have made the content less theoretical and have motivated the participation and student learning.

**Keywords:** Learning games, Experimentation, Forensic Chemistry.



## Análise de Uma Estratégia de Estudo de Caso Vivenciada por Licenciandos de Química

Ana A. M. Sampaio, Douglas L. Bernardo e Edenia M. R. Amaral

Este artigo traz uma investigação de natureza qualitativa que envolve a aplicação de estratégia de ensino com estudo de caso com objetivo de analisar como licenciandos de química mobilizam conceitos científicos e constroem argumentos e posicionamentos diante de um caso real. Em geral, os estudos de caso são utilizados a partir da narrativa de um problema a ser solucionado pelos estudantes com base em conhecimentos científicos. Para este trabalho, estruturamos um caso denominado Termelétrica Suape III, com uma problematização acerca dos impactos ambientais e sociais causados por esse tipo de usina. A pesquisa envolveu licenciandos de uma turma do 4º período de licenciatura em química da UFRPE na disciplina de Prática Pedagógica para o Ensino de Química I. O estudo de caso favoreceu a pesquisa e possibilitou ao estudante um aprendizado de conteúdos científicos básicos relacionados ao tema e o desenvolvimento da capacidade de argumentação e tomada de decisão.

► estudo de caso, temas sociocientíficos, ensino de química ◀

Recebido em 19/06/2014, aceito em 27/11/2014

173

**P**esquisas apontam que as aulas de química ainda são desenvolvidas em muitas escolas por meio de atividades nas quais há predominância de um verbalismo teórico/conceitual desvinculado das vivências dos estudantes. Isso vem contribuindo para a construção e propagação de ideias/conceitos químicos que parecem não expressar as relações existentes entre conhecimento científico, ambiente, ser humano e tecnologia (Silva, 2003). Essa situação ocorre tanto na educação básica quanto no ensino superior.

Nesse contexto, fazem-se necessárias propostas de inovação no ensino de química a partir da utilização de estratégias didáticas que contribuam para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Tais estratégias podem incluir o uso de recursos didáticos variados como: atividades experimentais, situações-problema, jogos didáticos, vídeos, teatro e outros. Neste trabalho, foi utilizado um dos métodos propostos

**O nosso objetivo foi analisar como os licenciandos mobilizam conceitos científicos, constroem argumentos e tomam posições quando envolvidos na discussão de um caso real. Acreditamos que o uso dessa estratégia pode estabelecer uma nova dinâmica em sala de aula, estruturando o ensino e facilitando a aprendizagem dos estudantes.**

na literatura que pode contribuir para desenvolver novas estratégias no processo de ensino e aprendizagem, o estudo de caso. Segundo Sá et al. (2007, p. 11), “trata-se de uma metodologia desenvolvida com o intuito de possibilitar aos alunos o contato com problemas reais”.

Este artigo traz a análise de uma estratégia de ensino com o uso de estudos de caso, vivenciada em uma turma do curso de licenciatura em química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O nosso objetivo foi analisar como os licenciandos mobilizam conceitos científicos, constroem argumentos e tomam posições quando envolvidos na discussão de um caso real. Acreditamos que o uso dessa estratégia pode estabelecer uma nova dinâmica em sala de aula, estruturando o ensino e facilitando a aprendizagem dos estudantes. Sendo vivenciada por futuros professores, poderá contribuir para uma ação docente inovadora destes.

## O método do estudo de caso e suas origens

A aprendizagem baseada em problemas (ABP) consiste na aprendizagem de novos conhecimentos por meio da resolução de problemas em que estudantes realizam investigação para resolver problemas. Dessa forma, estes assumem um papel ativo no processo de ensino-aprendizagem enquanto o professor cria contextos problemáticos e os orienta nas atividades propostas, tais como pesquisa, análise e elaboração de informações. Esse tipo de ensino é considerado adequado para o desenvolvimento de competências de natureza diversa, que os estudantes podem utilizar nas suas vidas pessoais e sociais (Leite; Esteves, 2005).

O método de estudo de caso é uma variante do método ABP e, assim como outras variantes, oferece aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem enquanto exploram a ciência envolvida em situações relativamente complexas. Enquanto o objetivo do modelo original do ABP é principalmente a aprendizagem do conteúdo científico, os casos são mais comumente usados para ensinar habilidades para tomada de decisão (Silva; Queiroz, 2010). Sendo assim, o professor é o facilitador que possibilita ao estudante mobilizar o conhecimento para argumentar diante de uma problemática sociocientífica apresentada no caso, buscando imprimir significados aos conhecimentos que foram aplicados no processo de resolução do caso.

O ABP teve origem na Escola de Medicina da Universidade de McMaster (Ontário, Canadá) e logo se difundiu por faculdades de medicina de diversos países como Holanda (Universidade de Newcastle) e Estados Unidos (Escola de Medicina de Harvard). Esse método foi desenvolvido com o intuito de colocar os estudantes em contato com problemas reais com o propósito de estimular o desenvolvimento do pensamento crítico, a habilidade de resolução de problemas e a aprendizagem de conceitos da área em questão. Ele possui a característica de enfatizar o aprendizado autodirigido, centrado no estudante, que passa a ser o principal responsável por seu aprendizado (Sá; Queiroz, 2010).

Segundo Herreid (1994), aparentemente foi o químico James B. Conant, da Universidade de Harvard, o primeiro educador científico a tentar organizar um curso inteiro em torno de estudos de caso. Conant começou a utilizar um novo método em aulas de ciências, que chamou de ensino de estudo de caso, no qual os conteúdos eram apresentados em torno de histórias muito bem elaboradas de casos que ilustravam como as grandes descobertas foram feitas (Herreid, 1998a). As aulas de Conant foram publicadas, mas o uso de casos naquele formato parece não ter tido grande repercussão. Em escolas de negócios e direito, os casos foram usados para

conduzir discussões, e houve grande êxito com o método, resultando em uma tradição de estudos de casos reais ou simulados. Como afirmado anteriormente, em Ontário, estudos de casos foram aplicados com base na aprendizagem por resolução de problemas, e casos reais deveriam ser solucionados por pequenos grupos de estudantes. Assim, para Herreid (1998a), estudos de caso foram usados a partir de diferentes abordagens ao ensino.

No Brasil, o método de estudo de casos no ensino de química tem sido discutido em trabalhos desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química da Universidade de São Carlos. Esse grupo elabora casos de caráter científico e sociocientífico e os disponibiliza no endereço eletrônico <http://www.es.lanccs.ac.uk/casestud/>. A publicação de trabalhos que utilizam o método do estudo de caso tem contribuído para a divulgação desse método, bem como para discutir a sua eficácia no processo de ensino-aprendizagem.

### Estruturação de um caso

Herreid (1998b) sugeriu que os casos poderiam ser explorados no ensino de ciências por meio da utilização de uma tarefa individual, proposta pelo professor. Nessa perspectiva, o caso tem o caráter de um problema que o estudante deve solucionar, implicando na elaboração posterior de uma explicação histórica dos eventos que conduziram à sua resolução. Indo em uma direção semelhante, os casos podem ser explorados por meio do formato utilizado por James Conant nas suas aulas de história da química com o objetivo de apresentar aos estudantes a maneira como o conhecimento científico é construído

[...] o caso tem o caráter de um problema que o estudante deve solucionar, implicando na elaboração posterior de uma explicação histórica dos eventos que conduziram à sua resolução. Indo em uma direção semelhante, os casos podem ser explorados por meio do formato utilizado por James Conant nas suas aulas de história da química com o objetivo de apresentar aos estudantes a maneira como o conhecimento científico é construído ao longo do tempo.

ao longo do tempo. Nesse sentido, o caso tem a característica de uma história contada pelo professor aos seus estudantes de maneira muito elaborada e com objetivos específicos bem definidos.

Douglas Allchin (2011, p. 2, tradução nossa) afirma que “as ideias de estudos de caso de James Conant devem ser atualizadas e revisadas para atender às necessidades dos estudantes do século 21 e à sociedade”. Para Sá e Queiroz (2010), diversas são as fontes de inspiração que podem ser usadas para a produção dos casos, entre as quais se destacam: artigos de revistas, artigos originais de pesquisas e filmes comerciais.

Herreid (1998b) propôs características de como estruturar um bom caso e estas orientaram a estruturação do caso proposto para aplicação e análise neste trabalho. Citamos aqui de forma resumida algumas características propostas por ele: um bom caso deve ser curto, narra uma história, concentra-se numa questão que possa despertar interesse, deve ser atual,

promove a empatia com os personagens centrais, inclui citações, é relevante para o leitor, deve provocar conflito e deve forçar uma decisão. Além de todos os pontos citados, um bom caso deve ter utilidade pedagógica e o professor deve refletir: Qual será a função do caso? E o que ele faz para o curso e os estudantes?

Compreendemos que tais características nos levam necessariamente à abordagem de temas de relevância social e ambiental e, nesse sentido, consideramos que o método de estudo de caso se insere em uma discussão já bem estabelecida na pesquisa em ensino de ciências, principalmente no que se refere à perspectiva ciência-tecnologia-sociedade (CTS) para o ensino, visto que um dos enfoques da abordagem CTS é a solução de problemas e tomada de decisão sobre temas práticos de importância social, utilizando o conhecimento científico e o planejamento tecnológico (Santos; Mortimer, 2002).

### **Tema sociocientífico: a implantação de uma usina termelétrica**

No caso proposto para este trabalho, foi feita uma abordagem sobre implantação de uma usina termelétrica. Um caso real sobre o qual havia uma grande discussão em curso nos jornais da cidade do Cabo de Santo Agostinho, região metropolitana do Recife em Pernambuco. A obra seria o maior empreendimento de energia de Pernambuco e, por isso, existia na região a expectativa da geração de vários empregos durante as obras e também depois que a usina entrasse em operação. Em contrapartida, havia protestos contra a sua instalação devido aos impactos ambientais negativos desse tipo de empreendimento, e essas manifestações estavam sendo organizadas por alguns movimentos sociais como, por exemplo, o Movimento Popular do Cabo de Santo Agostinho.

Empreendimentos termelétricos provocam uma série de impactos ambientais. Em geral, a maior parte destes ocorre durante a fase de operação como consequência da emissão de gases provenientes da queima dos combustíveis para a atmosfera, o que pode contribuir para o agravamento de fenômenos já amplamente discutidos pela comunidade científica e divulgados para a sociedade como efeito estufa, aquecimento global e chuva ácida. A emissão de poluentes para a atmosfera é considerada a principal ação impactante de usinas termelétricas (Medeiros, 2006).

Baseado na situação apresentada no caso, o estudante necessita do conhecimento científico para compreender o funcionamento desse tipo de usina, bem como os seus impactos ambientais, sociais e econômicos para dar suporte a suas argumentações, levando-o a decidir de maneira crítica sobre a instalação da usina. Diante disso, julgamos necessário apresentar aqui algumas questões importantes relacionadas ao funcionamento básico de uma usina termelétrica, assim

como os conceitos fundamentais da termodinâmica que podem ser discutidos a partir desse tema.

### **Aspectos conceituais de uma usina termelétrica**

A termodinâmica é o estudo das transformações de energia, provenientes de processos químicos e físicos. Dentro da termodinâmica, existem dois conceitos importantes, o trabalho e o calor, que podem ser compreendidos como uma maneira de troca de energia entre sistema e vizinhança, contudo, no caso do calor, a troca de energia ocorre em consequência da diferença de temperatura entre sistema e vizinhança. A direção preferencial do fluxo de calor de uma fonte mais quente para uma fonte mais fria pode ser compreendida a partir da 2ª lei da termodinâmica (Atkins; Paula, 2008).

Podemos ainda destacar outros conceitos importantes a serem discutidos com o tema proposto como, por exemplo, o conceito de reação de combustão, os combustíveis e os materiais orgânicos. É importante ressaltar que toda combustão é um processo exotérmico e a energia liberada pode ser aproveitada em diversos sistemas. As usinas termelétricas são unidades de geração de energia elétrica a partir da energia

liberada sob forma de calor, geralmente, por meio da queima de algum tipo de combustível, sendo os mais utilizados carvão mineral, óleo diesel, óleo combustível e o gás natural, que são todos de origem fóssil.

Nas usinas termelétricas, a água é bombeada para uma caldeira, recipiente no qual ela vaporizará. A caldeira fica em contato com

a fornalha, que é o local onde ocorre a queima do combustível a partir da qual é liberado calor. O calor aquece a água da caldeira, transformando-a em vapor. O vapor de água realiza trabalho sobre uma turbina, na qual ocorre a conversão de energia térmica em energia cinética. Como a turbina está acoplada a um gerador, quando o vapor de água movimenta a turbina, o gerador é acionado, provocando a conversão de energia cinética em energia elétrica. Depois desse processo, a água deve passar por um condensador para retornar ao estado líquido e ser bombeada novamente para a caldeira. Contudo, é importante ressaltar que mesmo que o processo ocorra em um ciclo fechado, é necessária a adição regular de água para suprir as perdas ocorridas.

### **Metodologia**

O método de estudo de caso foi utilizado em uma turma do quarto período do curso de licenciatura em química da UFRPE, na disciplina de Prática Pedagógica no Ensino de Química I, que visa promover discussões sobre estratégias didáticas, associadas a conceitos químicos específicos, que possam contribuir para a construção de uma prática

pedagógica inovadora no ensino de química. Na turma, estavam matriculados 17 estudantes que frequentavam regularmente as aulas. O tempo para a aplicação do método foi de quatro encontros, em um total de oito horas-aula, e as atividades realizadas pelos estudantes foram avaliadas para compor uma das notas.

A proposição do método de estudo de caso foi feita como uma possibilidade de inovação da ação docente em sala de aula. Considerando que o caso proposto era real e estava em discussão na mídia naquele momento, foi possível analisar a contribuição desse método para a mobilização de conceitos, o desenvolvimento de argumentação e a tomada

de posição pelos licenciandos. Os instrumentos utilizados para a construção dos dados e posterior análise foram os seguintes: gravação das aulas em áudio e análise de relatório elaborado pelos estudantes.

Para propor o caso, levamos em consideração alguns dos critérios de elaboração de um bom caso como descritos por Herreid (1998b) e também utilizados por Sá e Queiroz (2010). O caso elaborado tem como título: Termelétrica Suape III e foi baseado na discussão real da implantação de uma usina termelétrica. Na Figura 1, está descrito o caso proposto, no qual são destacadas algumas das características de um bom caso, apresentando uma temática sociocientífica.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**  
**DISCIPLINA DE PRÁTICA PEDAGÓGICA NO ENSINO DE QUÍMICA I**

**ESTUDO DE CASO: TERMELETRICA SUAPE III**

A proposta de instalar uma usina termelétrica em Suape III no Cabo de Santo Agostinho tem gerado discussões na cidade, as pessoas não sabem bem como é uma termelétrica, nem como funciona, e se preocupam com os possíveis benefícios ou malefícios que podem ser causados por conta dessa instalação.

Algumas pessoas dizem que a instalação da usina poderá beneficiar um grande número de pessoas, pelo fato de gerar empregos nesta região. Por outro lado, existe a preocupação com os impactos ambientais, pois serão lançadas na atmosfera grandes quantidades de poluentes.

Gleyce uma estudante de química que mora na região recebeu o panfleto em anexo para participar de um ato público contra a instalação da usina.

Gleyce resolveu então convidar seus colegas do Curso de Licenciatura em Química para estudar OS PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DE USINAS TERMELETRICAS, OS BENEFÍCIOS E OS MALEFÍCIOS QUE PODERIAM SER CAUSADOS AO AMBIENTE E ÀS PESSOAS para decidir se seria contra ou a favor da instalação da usina em SUAPE. Além disso, ela sugeriu que poderia ajudar os moradores na tomada de suas decisões. A fim de deixar seus colegas mais informados dos fatos, Gleyce levou o panfleto e a seguinte reportagem que leu na internet:

**Representantes do setor defendem termelétrica Suape III**

*A base da matriz energética no País são as hidrelétricas, e as usinas térmicas são utilizadas como fontes de reserva. Ou seja, o óleo combustível é queimado apenas se houver demanda. “Como temos facilidade em conseguir o combustível, por termos refino de petróleo no País, além de serem máquinas de fácil instalação, torna-se viável instalar uma usina termelétrica.”*

*O nível de poluição de uma termelétrica traz consequências ambientais mínimas, já que opera apenas quando precisa ser ativada, além de depender da tecnologia das plantas industriais, que estão se modernizando e diminuindo os impactos contra o meio ambiente.*

*A expectativa é de que 2.500 empregos, entre diretos e indiretos, sejam gerados quando a unidade entrar em operação, e outros quatro mil sejam abertos durante as obras.*

*Texto adaptado: disponível em <http://blogs.ne10.uol.com.br/peinvestimento/2011/09/20/>*

---

Agora, imaginem que vocês são colegas de Gleyce e precisam ajudá-la nos estudos e se informar sobre as consequências da instalação da Usina para os moradores da região, para que eles possam se posicionar a FAVOR ou CONTRA a sua implantação. Para isso, vocês terão que pesquisar e construir uma argumentação baseada em informações sobre conceitos químicos e de outras áreas de conhecimento, buscando ser convincente para fundamentar a opinião do seu grupo. É DESEJÁVEL QUE VOCÊS LEVANTEM ARGUMENTOS FAVORÁVEIS E DESFAVORÁVEIS À INSTALAÇÃO DA USINA PARA DEPOIS SE DEFINIREM POR UM POSICIONAMENTO.

**AO FINAL DA DISCUSSÃO, ELABOREM UM RELATÓRIO DE NO MÍNIMO DUAS PÁGINAS APRESENTANDO O POSICIONAMENTO DO GRUPO.**

Figura 1: Caso Termelétrica Suape III.

Como pode ser verificado na Figura 1, é possível destacar nesse caso as seguintes características: o caso é atual, é relevante para os estudantes, desperta interesse pela questão, narra uma história, força uma decisão, provoca um conflito e produz empatia com os personagens (Herreid, 1998b).

#### *Aplicação do estudo de caso nas aulas da disciplina*

A aplicação do caso ocorreu em quatro momentos, nos quais estiveram presentes dois dos autores deste trabalho, sendo um deles a professora da disciplina. No primeiro encontro, explicamos o que é um estudo de caso e suas origens, informamos aos estudantes como seriam realizadas as atividades, incluindo o tempo de decorrência. Foi distribuído um texto com considerações sobre a produção de um bom caso, incluindo o caso *Ameaça nos laranjais*, do artigo *Estudos de caso em química* (Sá et al., 2007) para que os estudantes tivessem um primeiro contato e interação com o método proposto. Após as discussões, como tarefa, os estudantes elaboraram casos e apresentaram na turma.

No segundo encontro, foram levantados questionamentos acerca da temática termelétrica e cópias do caso a ser estudado foram distribuídas para as oito duplas formadas. Os estudantes foram orientados a identificar conceitos químicos envolvidos no tema, apresentar uma discussão sobre os problemas existentes na implantação de uma usina termelétrica e apresentar um posicionamento argumentado sobre esse fato. Para isso, foi solicitada a elaboração de um relatório escrito justificando o posicionamento da dupla, que seria apresentado a todos os colegas no quarto encontro. É importante ressaltar que, como discutido anteriormente, os objetivos da disciplina estavam mais voltados para a apresentação do método do que para a discussão aprofundada dos conceitos químicos em questão, considerando que estes são objetos de estudo em outras disciplinas do curso.

No terceiro encontro, a professora da disciplina exibiu dois vídeos sobre usinas termelétricas (vídeo 1: <http://www.youtube.com/watch?v=UJDAFL7w6Is>; vídeo 2: funcionamento de usinas termelétricas, esquemas e imagens editados pelas autoras no Movie Maker®), levantou questões sobre o processo do seu funcionamento, apontando as vantagens e desvantagens, e mostrou reportagens sobre o caso em foco. Durante a aula, também foi realizada uma sondagem para saber como os estudantes estavam desenvolvendo os estudos para a apresentação do caso e a construção de um posicionamento das duplas.

No quarto encontro, foram realizadas as apresentações das duplas e entrega dos relatórios, sendo a discussão sobre o tema gravada em áudio. As transcrições do áudio e os relatórios escritos foram analisados, buscando avaliar os argumentos construídos pelos estudantes, os conceitos químicos apresentados e o posicionamento tomado pela dupla.

## **Resultados e discussão**

Ao propor o caso Termelétrica Suape III, de uma forma geral, verificamos que o problema foi identificado pelos estudantes e, a partir de pesquisas, eles buscaram informações sobre o funcionamento básico de uma termelétrica, sendo possível perceber na apresentação de todas as duplas a mobilização de conceitos articulados a outros aspectos referentes ao caso em foco.

#### *Aspectos conceituais sobre o tema*

Na apresentação das duplas, foi possível verificar o domínio de alguns conceitos químicos importantes como a combustão, o calor, as trocas de calor (energia), a mudança de estado físico da água e os combustíveis fósseis, estando alguns desses conceitos citados no trecho abaixo, retirado de um dos relatórios.

*“A usina termelétrica é uma instalação industrial que serve para gerar energia através da queima de combustíveis fósseis. Funcionam da seguinte maneira: aquece-se a água, essa água será transformada em vapor, cuja força irá movimentar as pás de uma turbina que por sua vez movimentará o gerador”.* (relatório dupla 5)

**Além dos conceitos básicos apresentados, emergiram na pesquisa conceitos correlatos como os vários tipos de combustíveis utilizados como, por exemplo, aqueles que são menos poluentes. Esses conceitos propiciaram um melhor embasamento para a tomada de decisão por parte do estudante.**

Além dos conceitos básicos apresentados, emergiram na pesquisa conceitos correlatos como os vários tipos de combustíveis utilizados, apontando, por exemplo, aqueles que são menos poluentes. Esses conceitos propiciaram um melhor embasamento para a tomada de decisão por parte do estudante. Essa é uma característica da estratégia de estudo

de caso que, sendo uma variante da ABP, foi usada neste trabalho para desenvolver habilidade em tomar decisão, conforme declarado por Silva e Queiroz (2010).

#### *A articulação de aspectos conceituais, sociais e ambientais implicados no tema*

Na análise dos dados, verificamos que, de uma forma geral, os estudantes se mostraram bem embasados a respeito do tema, pois para construir um posicionamento final, eles buscaram informações sobre as desvantagens e vantagens da implantação de uma usina termelétrica, mostradas na Tabela 1, sendo essa busca de grande importância para ajudar na decisão a respeito da instalação da usina. Dessa forma, os alunos mobilizaram o conhecimento científico para construir argumentos diante de uma problemática sociocientífica apresentada no caso (Herreid, 1998b).

A partir do método do estudo de caso, percebemos que foi possível discutir vários conceitos científicos, principalmente os relacionados com impactos ambientais. Na fala transcrita

Tabela 1. Vantagens e desvantagens apresentadas pelos estudantes nas várias duplas.

Desvantagem	Vantagem
Aquecimento global	Crescimento do parque industrial do estado
Chuva ácida	Utilizar óleo combustível da refinaria de petróleo Abreu e Lima
Emissões de gases poluentes	Instalação de novas indústrias
A saúde da população que vive em torno dos polos industriais seria gravemente afetada	Geração de empregos
Água utilizada nas termelétricas é devolvida mais quente aos mares e rios	A usina será de caráter emergencial, o que evitaria apagões
Doenças respiratórias	Podem ser construídas onde são mais necessárias, economizando, assim, o custo das linhas de transmissão.

da gravação em áudio, os estudantes citaram a emissão de gases responsáveis pela chuva ácida.

*“Devido à queima de combustíveis fósseis, como usados na termelétrica, são liberados óxidos de enxofre que reagem com água formando a chuva ácida”.*  
(fala de um estudante da dupla 4)

No trecho citado, a dupla 4 associou a emissão de enxofre na queima de combustíveis fósseis à formação da chuva ácida, mostrando a compreensão desses alunos sobre conceitos de tipos de óxidos, reações de óxidos e ainda de combustão do enxofre, indicando o potencial do método em estimular o aprofundamento de conteúdos.

#### Apresentação do posicionamento das duplas

Na discussão que se sucedeu a cada apresentação, os estudantes foram capazes de apresentar seus posicionamentos, na maioria das vezes, consensual na dupla e em um único caso divergente, ou seja, cada estudante apresentou um posicionamento diferente a partir de um mesmo relatório. Esse fato caracteriza a situação de conflito que o caso traz.

Com base nas informações levantadas, os estudantes chegaram às suas conclusões e argumentos. No último encontro, sete duplas se posicionaram contra a implantação da usina, e uma dupla, a favor. A seguir, é apresentado um trecho retirado do relatório de uma das duplas que se posicionou contra a instalação da usina, ilustrando os argumentos usados para justificar tal posicionamento:

*“Diante do cenário atual do nosso planeta (agravamento do efeito estufa, catástrofes ambientais terríveis...), Pernambuco não deve buscar formas de poluir mais, já que a termelétrica utiliza combustíveis fósseis que são queimados e lançados na atmosfera, mas sim buscar investir em pesquisas científicas e*

*convênios com empresas que desenvolvam novas tecnologias para o uso de matrizes energéticas menos poluentes, como por exemplo hidroelétricas, energia eólica, solar etc. Acreditamos que existem outras formas de produção de energia que causam menos impactos ambientais e que por esse motivo se enquadram melhor na proposta de diminuir a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.”* (relatório dupla 2)

Os estudantes puderam desenvolver suas habilidades argumentativas, e isso caracteriza um dos propósitos do método, que é possibilitar ao estudante a capacidade

de argumentar diante de uma problemática sociocientífica (Sá et al., 2007). Dessa forma, apresentaram possíveis soluções que poderiam substituir o projeto da usina termelétrica, conforme podemos constatar no trecho a seguir tirado da transcrição das falas durante as apresentações:

*“A gente achou que apesar dos benefícios que podem ser trazidos, com o impacto ambiental, a gente achou que não valeria a pena a implantação da usina. Por isso que a gente achou que não seria viável por que, como a gente mora numa região litorânea, outras alternativas seriam viáveis para gerar energia como maremotriz, energia solar ou até mesmo energia eólica.”* (dupla 2)

O trecho a seguir foi retirado do relatório da dupla que se posicionou a favor da usina termelétrica:

*“A implantação de uma termelétrica envolve muitos fatores que devem ser analisados para que se possa amenizar os impactos ambientais envolvidos no processo de obtenção de energia e fazer com que a energia gerada obtenha um lucro satisfatório para o empreendedor, para o consumidor e os demais envolvidos.”* (relatório dupla 6)

Com base nas informações levantadas, os estudantes chegaram às suas conclusões e argumentos. No último encontro, sete duplas se posicionaram contra a implantação da usina, e uma dupla, a favor.

Durante a discussão, os estudantes levantaram, além das questões sociais, científicas e ambientais, questões políticas relacionadas ao uso da verba direcionada para implantação da usina e registraram as opiniões dos políticos. Em relação à verba, muitos estudantes sugeriram que ela poderia ser investida em educação, porém a maioria concordou que ela deveria ser aplicada para a geração de energia, já que fora destinada para esse fim. Com o uso do caso, percebemos que o estudante pode ampliar a discussão sobre o tema, articulando diferentes perspectivas associadas a um problema real (Sá et al., 2007).

#### *Avaliando o envolvimento dos estudantes com o método*

Analisando as apresentações e a discussão no final das atividades, percebemos alguns passos em comum nas ações das duplas ao buscar as informações. A maioria das duplas pesquisou o que é uma termelétrica, como funciona esse tipo de usina, os aspectos positivos e negativos a respeito de sua implantação, possíveis soluções para os problemas encontrados e, por fim, expressaram seu ponto de vista. Durante as apresentações, percebemos a motivação dos estudantes ao levantar questionamentos às duplas que apresentavam o seu relatório, enriquecendo a discussão.

Analisar as situações acerca do caso apresentado com base nas informações pesquisadas, levantar hipóteses, avaliar as possíveis consequências do problema e tomar decisão de ser contra ou a favor de uma determinada situação requer habilidades que podem ser desenvolvidas durante o estudo de caso. O trecho a seguir revela como esses processos foram vivenciados pelos estudantes:

*“A gente começou pesquisando qual o combustível usado e o que era esse combustível. O óleo combustível é um derivado do petróleo que é obtido a partir da destilação fracionada por que ele refina o petróleo para retirar várias coisas, aí tem vários produtos diferentes, aí depois que a gente pesquisou o óleo, a gente foi pesquisar como funciona a usina a óleo.”*

Percebemos, ao analisar as referências citadas nos relatórios, que as diferentes fontes de pesquisa foram livros, jornais e internet. É relevante frisar que a pesquisa em fontes diversas (seguras) enriquece o debate e cria uma ruptura com a tendência de que sejam colocados argumentos do senso comum ou aqueles que são mais veiculados ou defendidos na grande mídia.

Entendemos que mesmo tendo apenas quatro encontros para o desenvolvimento do método do estudo de caso, podemos inferir que ele contribuiu de forma significativa para o processo de ensino e aprendizagem. A busca por informações fundamentadas a respeito do tema enriqueceu o conhecimento sociocientífico dos estudantes. Percebemos isso por meio da análise dos momentos da discussão e dos relatórios apresentados. Os estudantes tiveram que se aprofundar no

tema, buscando informações, a fim de obter conhecimento que ajudasse na tomada de decisão. Dessa forma, suas argumentações foram bem feitas e também questionadas pelas outras duplas.

A análise dos relatórios produzidos pelas duplas indicou que os estudantes se engajaram na pesquisa, analisaram dados e informações, refletiram sobre as prováveis vantagens e desvantagens que uma usina termelétrica pode originar e tomaram suas decisões.

#### **Considerações finais**

Este trabalho teve como objetivo analisar como licenciandos de química mobilizam conceitos científicos e constroem argumentos e posicionamentos diante de um caso real. A aplicação do método de estudo de caso possibilitou uma ruptura com estratégias de ensino voltadas para a memorização dos conceitos e das fórmulas, que não se mostram eficazes na aproximação do conhecimento químico com a realidade.

Verificamos que o método de estudo de caso promoveu uma dinâmica de ensino e aprendizagem em sala de aula, na qual destacamos os seguintes aspectos: a pesquisa sobre o tema; a análise articulada de aspectos conceituais, sociais, políticos e ambientais; e a construção de um posicionamento argumentado diante de uma situação real. Os estudantes conseguiram identificar o problema e, a partir daí, perceberam que precisariam pesquisar sobre os conceitos que envolvem o funcionamento de uma termelétrica. Durante a pesquisa, eles buscaram entender as vantagens e desvantagens da implantação da usina. Desse modo, mobilizaram conceitos químicos implicados em processos de produção de energia, articulando pontos de vista ambiental, social e político. Uma vez compreendidos conceitos importantes, os estudantes puderam desenvolver habilidades argumentativas e críticas, posicionando-se contra a instalação da usina ou a favor desta.

Consideramos que o método de estudo de caso é um recurso apropriado e eficaz na introdução de temas socio-científicos no ensino de química e de ciências, possibilitando a ampliação da discussão na sala de aula. Ressaltamos a importância de que esse e outros métodos sejam introduzidos na formação inicial para que futuros professores vivenciem experiências inovadoras no ensino de química e possam incluí-las na sua prática docente.

---

**Ana Alice Mano Sampaio** (analice\_mano@hotmail.com), licenciada em Química (UFRPE), é professora de química do ensino médio da rede privada de ensino de Pernambuco. Recife, PE – BR. **Douglas Lopes Bernardo** (dougpc1@hotmail.com), licenciado em Química (UFRPE), mestrando em Química (DQF/UFPE), é professor de química do ensino médio da rede privada de ensino de Pernambuco. Recife, PE – BR. **Edenia Maria Ribeiro do Amaral** (edsamaral@uol.com.br), engenheira química (UFPE), mestre em Ciências Nucleares (UFPE), doutora em Educação (UFMG), atua no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (UFRPE) e é professora do curso de licenciatura em Química (UFRPE). Recife, PE – BR.

## Referências

ALLCHIN, D. The Minnesota case study collection: new historical inquiry case studies for nature of science education. *Science & Education*, v. 21, n. 9, p. 1263-1281, 2012.

ATKINS, P.; PAULA, J. *Físico-química*. Trad. E. C. Silva et al. 8. ed. v. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HERREID, C.F. A novel method of science education. *Journal of College Science Teaching*, v. 23, n. 4, 1994.

\_\_\_\_\_. Sorting potatoes for Miss Bonner. *Journal of College Science Teaching*, v. 27, n. 4, 1998a.

\_\_\_\_\_. What makes a good case? *Journal of College Science Teaching*, v. 27, n. 3, 1998b.

LEITE, L.; ESTEVES, E. Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas na licenciatura em ensino de física e química. In: SILVA, B.; ALMEIDA, L. (Coords.). *Actas do Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia*, v. 8, Braga, Portugal: Universidade do Minho, 2005. [Cd-Rom].

MEDEIROS, A.M. *Bases metodológicas para a incorporação da variável ambiental no planejamento da expansão termelétrica no Brasil*. 2006. 126f. Dissertação (Mestrado em Planejamento energético) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia,

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SÁ, L.P.; FRANCISCO, C.A.; QUEIROZ, S.L. Estudos de caso em química. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

SÁ, L.P.; QUEIROZ, S.L. *Estudos de caso no ensino de química*. 2. ed. São Paulo: Átomo, 2010.

SANTOS, W.L.P.; MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, 2002.

SILVA, O.B.; QUEIROZ, S.L. Estudos de caso com enfoque sociocientífico: aplicação no ensino médio de química. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS. 2., 2010, Brasília. *Resumos*. Brasília: UnB, 2010.

SILVA, R.M.G. Contextualizando aprendizagens em química na formação escolar. *Química Nova na Escola*, n. 18, 2003.

## Para saber mais

HERREID, C.F. *Start with story: the case study method of teaching college science*. United States: NSTA Press, 2007.

**Abstract:** Analysis of a case study approach performed with chemistry teachers in initial training. This article presents a qualitative research that involves a teaching approach with a case study, aiming to analyze how undergraduates for teachers of Chemistry apply scientific concepts e arguments and take positions on a real case. In general, case studies are used from the narrative of a problem to be solved by students based on scientific knowledge. For this work, we designed a case named Thermoelectric Suape III, with a questioning regarding with environmental and social impacts of this type of plant. The research involved undergraduates for teachers of Chemistry, at UFRPE, Recife, Brazil in a class of 4th period, in the discipline of Pedagogical Practice for Teaching of Chemistry I. The case study favored the research and allowed the student a learning of fundamentals scientific concepts related to the theme and developing capacity for reasoning and decision making.

**Keywords:** case study, socio-scientific issues, teaching chemistry.

# Espectrofotometria no Ensino Médio: Construção de Um Fotômetro de Baixo Custo e fácil Aquisição

Paulo C. C. Oliveira e Marcos A. P. Leite

Ao longo dos anos, a espectrofotometria tem sido fundamental para a análise química, determinando a composição de várias substâncias e permitindo a criação de dispositivos que hoje são fundamentais em várias áreas do conhecimento. Este artigo apresenta uma proposta de construção e aplicação de um fotômetro de baixo custo e fácil aquisição para introduzir os conceitos da espectrofotometria e os fenômenos da interação da luz com a matéria em aulas experimentais de química na educação básica.

► fotômetro, espectrofotometria, ensino médio ◀

Recebido em 18/06/2014, aceito em 21/02/2015

181

O ensino de química deve estar relacionado à formação do cidadão, apresentando ao estudante uma concepção de ciência como atividade humana em construção, que leve em consideração o papel social da ciência. Diante disso, o ensino experimental tem sido utilizado como uma estratégia eficaz para promover a aprendizagem no ensino de química.

Dessa forma, o ensino da espectrofotometria no ensino médio pode, além de levar a experimentação às salas de aula, estimular o interesse dos estudantes pela química. O estudo desse tema também pode mostrar a utilização prática dos princípios de interação da luz com a matéria.

Por isso, nas últimas décadas, devido ao custo relativamente alto dos equipamentos usados na espectrofotometria, foram publicados trabalhos, artigos científicos, dissertações e teses focando a construção de fotômetros e espectrofotômetros com materiais de baixo custo. Entre essas pesquisas,

podemos destacar algumas como Gaião et al. (2005); Knagge; Raftery (2002); Mota (2010); e Lüdke (2010).

Esses trabalhos serviram de referência para a construção do fotômetro proposto neste trabalho, no que diz respeito aos componentes essenciais para sua elaboração como, por exemplo, a utilização de diodos emissores de luz (LED) como fonte emissora de radiação, resistores dependentes de luz (LDR) como transdutores de radiação e multímetros como instrumento para leitura.

[...] o ensino da espectrofotometria no ensino médio pode, além de levar a experimentação às salas de aula, estimular o interesse dos estudantes pela química. O estudo desse tema também pode mostrar a utilização prática dos princípios de interação da luz com a matéria.

## Entendendo a radiação eletromagnética

A radiação eletromagnética é o produto da interação de campos elétricos e magnéticos oscilantes perpendicularmente que atravessam o vácuo a uma velocidade de 1080 milhões de quilômetros por hora ou  $3 \times 10^8$  m/s. Essa velocidade é chamada velocidade da luz e pode ser representada pelo símbolo  $c$ . Quando um feixe de luz encontra um elétron, seu campo elétrico oscila em direção e intensidade. O número de ciclos por segundo é chamado de frequência  $n$  da radiação, e sua unidade é o hertz (Hz), definida como um ciclo por segundo. A frequência da radiação eletromagnética que é

A seção "Experimentação no ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.

percebida como luz visível é de cerca de 1015 Hz, isso que dizer que seu campo magnético muda de direção cerca de 1015 vezes por segundo ao passar por um determinado ponto (Atkins; Jones, 2006).

A faixa de comprimentos de onda da região do visível no espectro eletromagnético é da ordem de 400 nm, sendo que faixas de comprimentos de ondas diferentes correspondem a regiões diferentes do espectro eletromagnético. Nossos olhos detectam a radiação eletromagnética entre os comprimentos de onda entre cerca de 800 nm (luz vermelha) e 400 nm (luz violeta). Nesse intervalo, a radiação é chamada de luz visível. O comprimento de onda e a frequência relacionam-se entre si pela equação  $\lambda \cdot \nu = c$  (Atkins; Jones, 2006)

### Fotometria: usos e conceitos

Na análise fotométrica, utiliza-se uma fonte que emite radiação na faixa de comprimento de onda na região do UV-visível, escolhendo-se uma faixa de comprimento de onda bem definida. A principal faixa de comprimento de onda utilizada está situada na região em que o olho humano é sensível, que está localizada entre aproximadamente 400 nm e 800 nm no espectro eletromagnético e denominada de região do visível. Ainda é possível explorar a região entre 200 e 400 nm, pois a região entre 200 e 800 nm (UV-visível) corresponde a uma faixa de energia de fótons responsáveis pela excitação molecular, ou seja, nessa faixa de comprimento de onda, ocorrem as transições eletrônicas nas moléculas, seja no estado gasoso ou em solução (Mendham et al., 2002).

A percepção visual da cor de uma solução depende da absorção da radiação. Dessa forma, uma solução aquosa contendo os íons  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$  é vermelha porque absorve o verde da luz branca que penetra no recipiente e transmite o vermelho como cor complementar no espectro, ou seja, o comprimento de onda da radiação escolhido em uma análise colorimétrica deve corresponder ao comprimento de onda da cor complementar ao apresentado quando olhamos para a solução (Skoog et al., 2006).

A espectrofotometria é um método bastante conhecido para determinação de concentração de espécies químicas presentes em uma solução. Para executar essas determinações, podemos usar dispositivos conhecidos como fotômetros que são constituídos basicamente dos seguintes componentes: uma fonte de energia radiante (luz), um monocromador ou seletor de comprimento de onda que incide sobre a amostra (em alguns casos, filtros de interferência podem ser utilizados para isolar um comprimento de onda específico), um compartimento onde é colocada a amostra e finalmente um dispositivo para medir a atenuação da radiação incidente (radiante que incide sobre a amostra) (Holler; Skoog; Crouch, 2009).

### Materiais para construção do fotômetro

Relacionamos, a seguir, os materiais necessários e o custo atual aproximado de cada um. O custo total do fotômetro pode chegar a cerca de R\$ 76,00.

#### Loja de componentes eletrônicos

- 2 Conectores tipo borne (R\$ 5,00): para conexão dos terminais do multímetro;
- Chave liga-desliga tipo alavanca (média) com 1 interruptor e 2 posições, ligado/desligado (R\$ 4,00);
- Regulador de tensão CI 7808 (R\$ 1,50): para manter a tensão constante de 8V corrente contínua (cc) no circuito do fotômetro;
- Conector para LED (R\$ 2,00): servirá para facilitar a substituição dos LED, garantindo maior versatilidade na hora da troca dos LED e ampliando a faixa de uso espectral do fotômetro com LED de cores diferentes, podendo assim utilizar o fotômetro para medidas em comprimentos de ondas diferentes;
- Conector fêmea para fonte chaveada (R\$ 4,00): serve para conectar a fonte de alimentação ao fotômetro;
- Fonte chaveada 12V (R\$ 19,00): funciona como fonte de alimentação externa cuja tensão de entrada pode variar desde 100V a 240 V corrente alternada (ac) e é capaz de fornecer uma corrente de até 1000 mA (poderá ser substituída por outras fontes como por exemplo, carregadores de celular);
- LDR (resistor dependente de luz) (R\$ 3,50): funcionando como transdutor de radiação, é um fotorresistor que varia sua resistência de acordo com a intensidade de incidência de luz.
- 1 LED (diodo emissor de luz) (R\$ 1,50): funciona como fonte de radiação;
- Multímetro digital (R\$ 13,00): serve como dispositivo de leitura;
- 2 potenciômetros, um de 1k $\Omega$  e outro de 10k $\Omega$  (R\$ 3,50): funcionam como divisor resistivo para ajustes de sensibilidade (ajuste fino e grosso);
- Suporte para LED (R\$ 0,30);
- 30 cm de fio de cobre esmaltado (R\$ 2,00).

#### Lojas de material de construção

- Caixa de passagem de PVC (de dimensões 15x15x7) (R\$ 11,00);
- 2 conexões de PVC tipo luva soldável com rosca de meia polegada (R\$ 1,20);
- 10 cm de cano de PVC de meia polegada (R\$ 0,50).

#### Lojas de equipamentos para laboratório

- Tubo de ensaio de vidro medindo 16x150 mm com tampa roscada (R\$ 4,00).

### Procedimento para montagem do fotômetro

Para a fixação da fonte de radiação, do recipiente para amostra e do transdutor de radiação, utilize a caixa de passagem de PVC. Esta tem a vantagem de ser toda fechada e não possuir frestas para entrada de luz externa. Esse tipo de caixa pode ser encontrado facilmente em qualquer loja de material para construção. Na Figura 1, temos a caixa de passagem já com os componentes fixados.

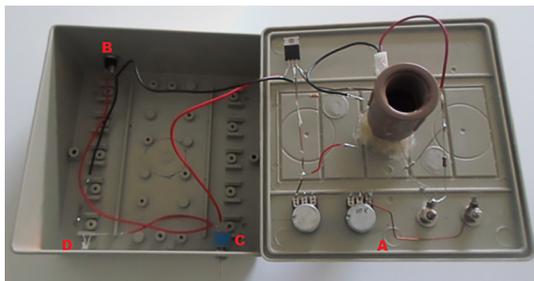


Figura 1: Imagem superior interna do fotômetro desmontado.

Para facilitar a montagem do fotômetro, o circuito eletrônico é exibido na Figura 2. O circuito deve ser montado na tampa da caixa de PVC. Os potenciômetros de  $1k\Omega$  e  $10k\Omega$  para o ajuste fino e grosso do sinal de saída e ao lado dos potenciômetros devem ser fixados nos bornes, um preto e um vermelho, para conexão com os terminais do multímetro. No centro da tampa de PVC, deve ser feito um furo com o mesmo diâmetro do cano de PVC, fixa-se esse cano com cola quente que funcionará como suporte para o recipiente da amostra a ser analisada que, no caso, é um tubo de ensaio.

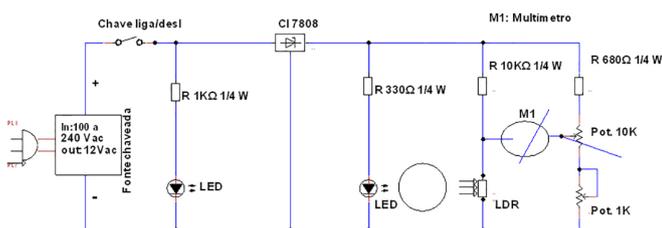


Figura 2: Esquema do circuito eletrônico do fotômetro construído.

Após fixar na tampa da caixa os componentes descritos anteriormente, perfura-se o cano de PVC em dois pontos diametralmente opostos (um de frente para o outro), onde são fixados o suporte para o LED e, na outra extremidade, o LDR. O circuito elétrico deve ser montado ligando com fio de cobre os componentes (LDR, LED, potenciômetros e bornes) com o regulador de tensão CI7808. Para concluir o circuito elétrico fixo na tampa da caixa de PVC, devem ser ligadas as resistências de  $330\Omega$  para o LED,  $10k\Omega$  para o LDR e  $680\Omega$  para o potenciômetro de  $10k\Omega$ . Na parte interna da caixa de PVC, é fixado um conector para a fonte de alimentação (ponto B da Figura 1), uma chave do tipo liga/desliga (ponto C da Figura 1) e um LED (ponto D da Figura 1) para indicar que o instrumento está ligado.

A Figura 3 mostra o fotômetro montado com todos os seus componentes.

### Determinação da concentração de permanganato de potássio presente em uma solução aquosa de concentração desconhecida

Para realização dessa atividade, é necessário que o professor anteriormente prepare em um laboratório as soluções aquosas de permanganato de potássio nas concentrações de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  para construir a curva de



Figura 3: Imagem do fotômetro montado e fechado.

calibração. O professor também deve preparar antecipadamente uma solução aquosa de permanganato de potássio com concentração de aproximadamente  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ , que simulará a solução-problema a ser distribuída aos grupos. Após preparar as soluções, o professor construirá antes da aula prática as curvas de calibração usando cada um dos LED, utilizando, para isso, uma planilha eletrônica para os cálculos.

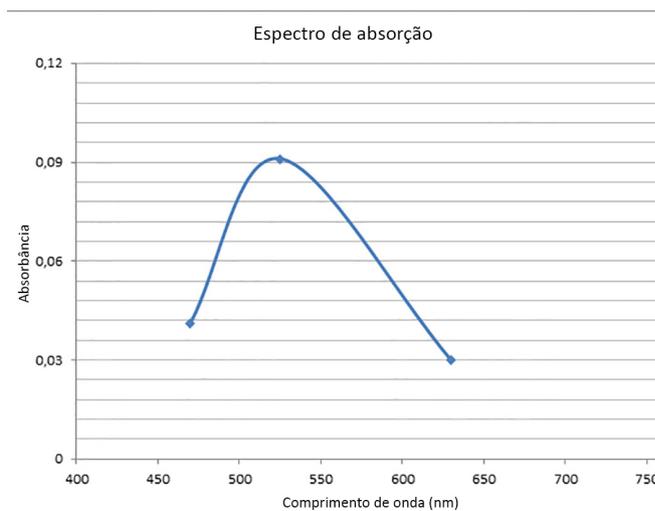


Figura 4: Espectro de absorção  $\text{KMnO}_4$  utilizando o fotômetro.

Materiais necessários: fotômetro proposto; uma garrafa tipo pet com capacidade de 2,0 L com água destilada; pastilhas de permanganato de potássio 100 mg (comprimido de permanganato de potássio encontrado em farmácias); tubos de ensaio com tampa rosca; copos de vidro; pipetas (poderá ser substituído por seringas descartáveis); estante para os tubos de ensaio (poderá ser substituído por outro recipiente que possa guardar estes).

1º momento: o professor deve dividir a sala em grupos de até quatro alunos e demonstrar o funcionamento e como utilizar o fotômetro para realizar as medidas.

2º momento: em seguida, entregará a cada grupo a solução-problema (amostra) de permanganato de potássio que foi previamente preparada. Cada grupo realizará a medida de transmitância da solução-problema recebida, utilizando diferentes comprimentos de onda. Para isso, os estudantes

utilizarão diferentes LED (azul, verde, vermelho e amarelo). Orientar os alunos para anotar os valores obtidos para os diferentes LED e depois analisar os resultados.

3º momento: os alunos já serão capazes de deduzir qual dos LED testados (comprimentos de onda) causou menor transmitância, ou seja, maior absorção de luz pela solução-problema. A seguir, disponibilizar as curvas de calibração para cada comprimento de onda (cor do LED), deixando que os alunos escolham que curva é a mais adequada para analisar a amostra.

4º momento: solicitar aos alunos que elaborem uma pequena apresentação com os resultados obtidos na atividade experimental e informações que acharem pertinentes em suas pesquisas. Nesse momento, será informada aos alunos qual a concentração da solução-problema que eles receberam. A discrepância eventual encontrada entre resultados poderá surpreender os estudantes que, sem dúvida, terão como expectativa resultados exatos ou exatamente iguais. Para que os estudantes não fiquem desmotivados com os resultados, é importante que o professor explique que, nos métodos analíticos, sempre existem erros, que vão desde erros pessoais até erros indeterminados, e que o mais importante é a análise do resultado e não o resultado em si, contudo, a análise do erro em relação a um valor verdadeiro ou exato é que vai dizer se o erro observado é aceitável ou não. Essa discussão deve possibilitar ao estudante conhecer e compreender como um analista avalia os resultados obtidos em uma análise, ao mesmo tempo em que lhes mostra as possibilidades de erros durante uma análise química e obviamente os cuidados mínimos necessários para que os resultados obtidos não sejam tão influenciados por erros mais grosseiros.

### Questões para discussão

As questões a seguir podem ser utilizadas pelo professor para que os conceitos abordados durante o experimento sejam discutidos com os alunos.

- 1) Por que as coisas são coloridas?
- 2) Por que o sinal de leitura do multímetro muda quando substituímos o LED de diferente cor?
- 3) Por que a leitura do sinal observado em uma solução diluída é menor que o observado em uma solução concentrada? Há algum limite nesse comportamento?

### Considerações finais

Apresentamos neste trabalho a construção de um fotômetro com materiais de baixo custo, fácil aquisição e construção como alternativa para falta desse equipamento nas escolas da educação básica, permitindo que o professor possa abordar vários temas como ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético, estrutura atômica, interação da luz com a matéria, estudo de concentração das soluções etc. Uma vez construído o fotômetro, a quantidade de experimentos e análises de diferentes espécies químicas em solução aquosa que podem ser exploradas pelo professor juntamente com os alunos são inúmeras.

### Nota

Leia os rótulos das embalagens de todos os reagentes, atentando para as informações sobre periculosidade. Mantenha o equipamento e os reagentes químicos fora do alcance de crianças. Use técnicas analíticas apropriadas.

**Paulo César Costa de Oliveira** (pcco@qui.ufal.br), graduado em Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará (UFC), mestrado e doutorado em Química Analítica pela Universidade de São Paulo (USP), é professor do Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, AL – BR. **Marcos Antonio Pessôa Leite** (marcospleite@hotmail.com), licenciado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), especialista em Ensino de Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE, mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), é professor do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) Campus Garanhuns-PE. Garanhuns, PE – BR.

### Referências

ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

GAIÃO, E. N. et al. Um fotômetro multiled microcontrolado, portátil e de baixo custo. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 1102-1005, 24 ago. 2005.

HOLLER, F.J.; SKOOG, D.A.; CROUCH, S.R. *Princípios de análise instrumental*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

KNAGGE, K.; RAFTERY, D. Construction and evaluation of a LEGO spectrophotometer for student use. *The Chemical*

*Educator*, Boise, v. 7, n. 6, p. 371-375, out. 2002.

LÜDKE, E. Um espectrofotômetro de baixo custo para laboratórios de ensino: aplicações no ensino da absorção eletrônica e emissão de fluorescência. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 1506-1-1506-3, 14 maio 2010.

MENDHAM, J. et al. *Voguel: análise química quantitativa*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

MOTA, F.A.C. *Desenvolvimento de um fotômetro com fins didáticos*. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010.

SKOOG, D.A. et al. *Fundamentos de química analítica*. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

**Abstract:** *Spectrophotometry in high school: construction of a low cost, easy assembling photometer.* Over the years Spectrophotometry has been fundamental to chemical analysis by determining the composition of various substances and allowing the creation of devices that are now essential in many knowledge areas. This paper describes the construction of a low-cost, easy assembling spectrophotometer with the purpose of introducing the concepts of spectrophotometry and the phenomena of the light-matter interaction in experimental Chemistry classes in Basic Education.

**Keywords:** photometer, spectrophotometry, high school.

# Revisão no Campo: O Processo de Ensino-Aprendizagem dos Conceitos Ácido e Base entre 1980 e 2014

## A review of the teaching and learning approach of the acid and base concepts between 1980 and 2014

*Albino Oliveira Nunes, Josivânia Marisa Dantas, Ótom Anselmo de Oliveira e Fabiana Roberta G. e Silva Hussein*

**Resumo:** Ácido e base são conceitos muito antigos, cuja origem se confunde com a própria origem da química e para os quais, ao longo dos séculos, foram propostas novas teorizações. Neste artigo, apresenta-se uma revisão sobre a abordagem de ácidos e bases em periódicos classificados nos estratos superiores do Qualis nas áreas de ensino e educação. Para tanto, foram selecionados os artigos que abordam o processo de ensino-aprendizagem desses conceitos em 16 periódicos entre 1980 e 2014, categorizando-os por análise de conteúdo. Os resultados mostram que cada periódico possui um estilo de publicação, percebendo-se que os textos publicados em periódicos brasileiros se concentram em propostas experimentais, enquanto os demais apresentam maior diversidade de abordagem didática. Em oposição, um aspecto compartilhado entre os periódicos é a predominância de artigos sobre os conceitos de Arrhenius ou Bronsted-Lowry e a pouca presença de propostas que abordem aspectos sociais, ambientais e tecnológicos.

**Palavras-chave:** revisão no campo, ensino-aprendizagem, ácidos e bases, abordagem de conceitos

**Abstract:** Acid and Base are very old concepts, whose origin intertwine with Chemistry's itself, and for which, through the ages, were proposed many new theorizations. This article presents a review on the approach on acids and bases in national and international journals classified in the higher range of Qualis in the areas of Teaching and Education. Therefore, there was a selection of papers that approach the teaching and learning of this concepts in sixteen journals dated between 1980 and 2014, categorizing them by content analysis. The results show that each journal possesses a style on publishing, realizing that Brazilian journals focus on experimental proposals, while the others show bigger diversity on didactic approach. However, a shared aspect between the journals is the prevalence of articles regarding the Arrhenius or Bronsted-Lowry concepts and the lack of presence of proposals addressing social, environmental and technological aspects.

**Keywords:** Review, Teaching and Learning, Acid and base, Concepts approach

**Albino Oliveira Nunes** (albino.nunes@ifrn.edu.br), licenciado em química (UERN), mestre em Ensino de Ciências e Matemática, doutor em Química (Ensino de Química) (UFRN), é docente do IFRN/Campus Mossoró. Mossoró, RN – BR. **Josivânia Marisa Dantas** (josivaniamd@yahoo.com.br), licenciada em Química, mestre em Físico-Química (UFRN), doutora em Ciências (UNICAMP), é docente do Centro de Educação da UFRN. Natal, RN – BR. **Ótom Anselmo de Oliveira** (otom@ufrnet.br), graduado em Farmácia (UFRN), doutor em Química (UNICAMP), é docente da UFRN. Natal, RN – BR. **Fabiana Roberta Gonçalves e Silva** (fabianah@utfpr.edu.br), bacharel em Química, doutora em Química (UFPE), pós-doutora pelo Institut de Chimie Minérale et Analytique da Université de Lausanne (Suíça), é docente da UTFPR. Curitiba, PR – BR.  
Recebido em 16/08/2015, aceito em 12/02/2016

A seção “Cadernos de Pesquisa” é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.

Ácidos e bases são conceitos<sup>1</sup> de especial interesse na química, cuja história remonta a períodos anteriores à própria institucionalização dessa ciência, e que, ao longo do tempo, têm sido definidos a partir de diferentes referenciais químicos.

Assim como salientam Silva e Santiago (2012), substâncias ácidas e básicas já eram conhecidas pelos egípcios na Antiguidade, que dominavam a fermentação alcoólica e acética para a produção de vinho e vinagre.

Segundo Szabadvary (1966), o único ácido conhecido pelos povos da antiguidade (período pré-helênico) era o acético, enquanto os únicos álcalis eram a cal e os hidróxidos de metais alcalinos, produzidos a partir da caustificação da soda ou potassa. Nesse período, também se produzia potassa a partir de cinzas vegetais e se utilizava o ácido acético para a produção de acetatos de metais. Simultaneamente, os álcalis foram identificados com o sabor amargo presente em alguns alimentos.

Fora isso, há pouca referência aos ácidos na Antiguidade. Um exemplo é a classificação dos tipos de água que foi feita nessa época por Plínio em sulfurosas, ácidas, ferrosas e salinas (Szabadvary, 1966). Esse naturalista romano, Caio Plínio Segundo – também conhecido como Plínio, o velho –, teria vivido entre 23 e 79 d.C. Sua obra *Naturalis Historia*, na qual faz a menção aos tipos de águas ácidas, teria sido publicada entre 77 e 79 de nossa era.

No entanto, de onde viria a propriedade gustativa dos ácidos e álcalis, já percebida pelas civilizações antigas e usada para a sua primeira classificação? Somente muitos anos depois, chegou-se à explicação que as áreas da química e das ciências biológicas apresentam atualmente. Sobre o assunto, Retondo e Farias (2008) afirmam que a sensação de sabor está relacionada com as composições das moléculas e suas interações com receptores gustativos que se encontram distribuídos na língua, assim os seres humanos são capazes de distinguir quatro sabores básicos, o azedo, o doce, o amargo e o salgado. Sobre a relação entre a estrutura e o sabor, os autores comentam que cada sabor é evocado por uma classe característica de moléculas. Por exemplo, ao se analisar moléculas que evocam o sabor doce e amargo, podemos notar que elas são poliatômicas, e dentre os elementos que a compõem, há dois em posições próximas cujos valores de eletronegatividade são mais altos do que os dos demais elementos, sendo que um deles está diretamente ligado a um átomo do elemento hidrogênio. Já os compostos que evocam sabor azedo, em geral, são ácidos orgânicos ou inorgânicos. Por outro lado, os que evocam sabor salgado, em geral, são sais.

Particularizando o sabor ácido, Atkins (2006, p. 110) descreve a explicação atualmente aceita para esse fenômeno:

Especula-se que os botões gustativos do lado da língua contêm moléculas proteicas ricas em grupos carboxilato ( $-\text{CO}_2^-$ ) – grupos carboxílicos que perderam o íon hidrogênio; em meio ácido, são novamente convertidos a grupos carboxilas e consequentemente causam mudança na forma das moléculas de proteína, o que dispara impulsos para o cérebro.

Ainda sobre os sabores, esse autor explica que o sabor amargo é muitas vezes associado à presença de alcaloides (compostos orgânicos nitrogenados e que possuem basicidade acentuada). Nesse sentido, Retondo e Farias (2008) explicam que a diferença entre compostos que provocam o sabor doce e o amargo está no tipo de ligação de hidrogênio estabelecida entre os compostos e os receptores. Quando a ligação entre o hidrogênio do composto e o átomo de alta eletronegatividade do receptor tem intensidade próxima à da ligação entre o hidrogênio do receptor com o átomo de alta eletronegatividade do composto, sente-se o sabor doce. Quando há uma diferença acentuada entre as intensidades de ligação, em função de diferenças de eletronegatividade, o sabor percebido é o amargo.

Dessa forma, o paladar configurou-se como uma primeira possibilidade de classificação das substâncias entre essas duas classes de compostos. No entanto, o conhecimento sobre tais classes foi progressivamente incrementado ao longo da Idade Média pelos estudos alquímicos. Enquanto os alquimistas árabes tinham particular conhecimento sobre os ácidos fracos de origem orgânica, os alquimistas europeus começaram, a partir do século XIII, a isolar e utilizar os ácidos minerais, sendo o primeiro deles o ácido nítrico, obtido a partir da destilação de salitre (nitrito de sódio e potássio), seguido pelo óleo de vitríolo, nome original do ácido sulfúrico, gerado pela destilação de sulfatos metálicos (sulfato de cobre, o vitríolo azul – sulfato de alumínio e potássio, ou alúmen) (Frunz, 1989).

É importante ressaltar que, nesse período, a maior parte das informações e elaborações teóricas eram feitas por alquimistas e, a depender do período e da localidade, os escritos eram redigidos com forte conteúdo místico e com linguagem metafórica, o que dificulta sua compreensão. Apesar disso, encontram-se já no início da Idade Média referências aos ácidos e álcalis como nos escritos de Olympiodoros ao referir-se ao nitronoil, que teria a capacidade de dissolver metais, o que seria condizente com o comportamento do ácido nítrico (Szabadvary, 1966).

Há ainda uma questão relevante a se analisar do ponto de vista da história dos ácidos e bases na Idade Média. Três das mais importantes substâncias descobertas nesse período (o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água régia) estão presentes no livro *Summa perfectionis magisterii* do alquimista árabe Jâbir Ibn

<sup>1</sup>No escopo desse artigo optou-se pelo termo *conceito* em detrimento de *teoria* e *definição* para referir-se a ácidos e bases. Tem-se conhecimento que outros autores usam termos distintos tais como Chagas (1999) ao referir-se às teorias ácido-base do século XX, mas no contexto desse trabalho, acredita-se ser mais adequada a caracterização como conceito. Para tanto, usamos a definição de conceito segundo o descrito por Ribeiro e Nuñez (2004) ao referirem-se a este como uma classe logicamente definida.

Hayyân (Geber – na forma latinizada). Esse alquimista teria vivido entre o século VIII e IX, contudo não há registro da versão original do livro, e as primeiras referências a ele datam do século XIII. Assim, especula-se que o livro seja na verdade fruto dos trabalhos de vários alquimistas europeus que publicaram suas invenções sob um nome conhecido para dar maior projeção ou para fugir à proibição da igreja católica às práticas alquimistas.

O fato é que esses ácidos ganham destaque nesse período histórico em função das propriedades de dissolver metais. Como destaca Greenberg (2007), a água régia tem a propriedade de dissolver ouro e permitir sua recuperação depois.

Anos mais tarde, no século XVII, surge uma das primeiras tentativas de teorizar os conceitos de ácido e base, feita por Johann Baptista Van Helmont (1579-1644) em um sistema holístico cujo objetivo era unificar por meio de analogias os conhecimentos alquímicos e fisiológicos (Silva; Santiago, 2012; Greenberg, 2009).

Esse esforço está registrado nos estudos médicos de Van Helmont que foram publicados postumamente por seu filho com o título de *Ortus medicinae* (1648). Essa obra trazia várias considerações a respeito dos ácidos como, entre elas, o reconhecimento de um ácido e da bile na digestão e o papel de um ácido na inflamação e produção do pus (Greenberg, 2009).

Contudo, outro alquimista, Sylvius (François Dubois) (1614-1672), propôs uma nova classificação para a bile. Segundo este, apesar de a bile apresentar um gosto ácido, ela se comporta como um álcali. Para além dessa contribuição, Sylvius imaginou a interação dos ácidos e das bases nos organismos vivos como uma batalha, uma vez que essas duas classes de compostos, quando em contato, produzem efervescência e liberam calor. Às contribuições de Sylvius, seu discípulo Otto Tachenius (1610-1680) inseriu a ideia de sal como o produto de uma reação ácido-álcali, o que representou um avanço em relação à definição meramente sensorial que havia sido proposta anteriormente (Greenberg, 2009).

No entanto, somente com Robert Boyle (1627-1691) surgiram os primeiros referenciais químicos para classificar tais compostos. Na sua obra, *Reflexions upon the hypothesis of alcali and acidum*, publicada em 1675, este define que substâncias ácidas eram aquelas capazes de tornar vermelho o tornassol e álcali as que tornavam azul (Szabadváry, 1964).

As primeiras conceituações que buscaram definir ácido e base com sua estrutura química são atribuídas a Antoine Lavoisier (1743-1794) que em seus estudos concluiu que as substâncias ácidas seriam portadoras do princípio oxigênio. Anos mais tarde, essa conceituação foi refutada por Claude L. Berthollet ao indicar que o ácido prússico (HCN) não possuía oxigênio. Contudo, por se tratar de um ácido fraco, a maior parte dos químicos da época considerou que o ácido prússico não seria um ácido verdadeiro e, portanto, mantiveram sua confiança na formulação de Lavoisier. Apenas em 1810, com a argumentação de Humphry Davy sobre análises de hidrácidos, esse conceito perde adeptos.

Segue-se a isso a elaboração da teoria eletrolítica de Arrhenius, que veio a ser uma das mais conhecidas definições de ácido-base. Tal teoria recebeu contribuições de distintos cientistas como Humphry Davy, que sugeriu o hidrogênio como fator de acidez, e Jons Jacob Berzelius, que propôs um sistema dualístico, considerando que todo sal seria formado pela junção de um ácido com uma base. Essas conceituações e os estudos eletrolíticos formaram as bases para que Arrhenius viesse a propor anos depois aquela que hoje é uma das mais conhecidas conceituações para essas funções químicas (Silva; Santiago, 2012).

Por volta de 1905, E. C. Franklin e outros químicos perceberam que não apenas a água, mas outros solventes apresentavam um comportamento parecido em sua autoionização. Das observações iniciais com amônia líquida e outros solventes, surgiu a conceituação, segundo os sistemas solventes, na qual seria ácida toda substância que promovesse o aumento da concentração do cátion e básica toda substância que promovesse o aumento da concentração do ânion (Chagas, 1999), resultantes da autoionização do solvente considerado. Mesmo com essa grande contribuição, os conceitos de ácido e base permaneciam restritos à condição de existência de um solvente.

Em 1923, trabalhando de maneira independente, dois químicos (o dinamarquês Johannes Nicolaus Brønsted [1879-1947] e o físico-químico inglês Thomas Martin Lowry [1874-1936]) propuseram os conceitos referenciados à teoria protônica, em que ácido seria toda substância capaz de doar e base toda substância capaz de receber próton. Essa conceituação tinha a vantagem de independe do meio, porém era restrita aos processos em que pelo menos uma das espécies químicas dispusesse de prótons que pudessem migrar para outra espécie química. No mesmo ano, Lewis propôs, com a conceituação protônica, a do par eletrônico, que interpretava a acidez e a basicidade em termos de recepção e doação de pares de elétrons, ampliando a definição de reações ácido-base para substâncias que não continham hidrogênio em sua estrutura.

Em 1939, dois novos conceitos de ácidos e bases foram publicados. O primeiro proposto por Hermann Lux (1904-1999) e posteriormente aprimorada por Håkon Flood (1905 - 2001), diferente da proposição de Brønsted-Lowry, tinha sua ênfase no íon superóxido ( $O_2^-$ ), sendo classificadas como ácidas as substâncias que recebem óxido, e básicas as substâncias doadoras de óxido. Segundo Chagas (1999, p. 29), esse conceito “*mostrou-se bastante útil para tratar de reações envolvendo líquidos iônicos (sais e óxidos fundidos) que ocorrem na metalurgia, na fabricação de vidro e cerâmica, nos sistemas geoquímicos [...]*”.

No mesmo ano, Michail Illyich Usanovich (1894-1981) publicou uma conceituação que inclui todos os anteriormente citados e amplia a relação das espécies químicas que podem ser classificadas como ácidas ou básicas. Por essa conceituação, Usanovich (*apud* Chagas, 1999, p. 29-30)

Definia ácido como a espécie que reage com a base para formar sais, doando cátions ou aceitando ânions ou elétrons, e base como a espécie que reage com o ácido para formar sais, doando ânions ou elétrons ou combinando-se com cátions. Essas definições são de certo modo semelhantes aos conceitos de reagentes eletrofilicos e nucleofilicos de Ingold. Apesar de constar por algum tempo em vários textos, e ser eventualmente mencionada, praticamente não gerou nenhuma linha de pesquisa.

Por fim, em 1954, I. Lindqvist e V. Gutmann tentaram unificar as conceituações de Lux-Flood, a protônica e a dos sistemas solventes, propondo a teoria ionotrópica. Contudo, essa conceituação não despertou o interesse da comunidade científica nem gerou novas linhas de pesquisas.

Essas particularidades tornam esses conceitos um tema fascinante e complexo para o processo de ensino-aprendizagem da química, uma vez que mesmo em livros voltados ao ensino superior, o uso de diferentes definições sem a explicitação para os termos ácido e base tem contribuído para dificultar a aprendizagem de estudantes em diversos níveis (Liso; Torres; Lopéz, 2002).

Neste trabalho tem-se como objetivo contribuir com a área de pesquisa em ensino de química e a prática docente ao analisar a produção em ensino-aprendizagem dos conceitos de ácido e base nos artigos publicados em periódicos da área de ensino de ciências/química no período de 1980 a 2014. Ele poderá contribuir sobremaneira para trabalhos futuros ao mapear as possibilidades dessa temática, indicando as abordagens recorrentes e as lacunas sobre o tema. Assim, pesquisadores da área poderão fazer uso desta revisão em suas investigações com o intuito de orientar suas atividades para níveis, abordagens e

conceituações pouco exploradas na literatura. Em paralelo, docentes poderão fazer uso do texto como guia para a escolha de propostas e abordagens a serem utilizadas em suas salas de aula.

Destaca-se que neste trabalho foi realizada uma ampla revisão bibliográfica constituída de duas etapas: um estudo sistemático e um assistemático, de nível nacional e internacional, em periódicos, teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso. Entretanto, por limitação de espaço neste veículo de divulgação científica, optamos por apresentar apenas os resultados e as discussões da análise sistemática de periódicos. Além disso, nos periódicos pesquisados, foi encontrado maior número de contribuições para o campo de pesquisa.

A seguir, é apresentado o percurso metodológico adotado nessa pesquisa.

### Percurso metodológico

O estudo foi desenvolvido em três etapas:

- 1 - Seleção dos periódicos para estudo sistemático;
- 2 - Seleção dos artigos nos periódicos selecionados;
- 3 - Seleção e categorização dos trabalhos encontrados.

Inicialmente foram selecionados 16 periódicos que constam na Tabela 1, mediante a consulta ao aplicativo WebQualis-Capes nas áreas química, ensino de ciências e educação, durante o mês de agosto de 2012. Neste mesmo ano, a classificação sofreu alterações e atualmente encontra-se diferente da apresentada. Outro parâmetro para escolha foi a disponibilidade dos periódicos, optando-se pelos de livre acesso, com exceção da revista *Educación Química*, que foi incluída neste estudo por sua importância na pesquisa em educação química na América Latina.

Nesses periódicos, foram analisados todos os artigos publicados desde o ano de lançamento da revista como pode ser visto na Tabela 2. No entanto, na revista *Química Nova*, foram

**Tabela 1.** Periódicos da amostra.

Periódico/conceito Qualis	Química	Ensino	Educação
Química Nova na Escola (Qnesc)	B3	B1	B2
Química Nova – Seção Educação (QN)	B2	B3	B2
Educación Química (EQ)	C	B1	B1
Educació Química (EdQ)	-	-	B4
Chemistry Education Research and Practice (CERP)	-	-	A2
Eureka (Eu)	-	B1	B4
Ensaio (Em)	C	A2	B2
Alexandria (Al)	-	B2	B3
Ciência e Ensino (CE)	-	B2	B2
Ciência e Cognição (CC)	C	B3	B2
Enseñanza de las Ciencias (EC)	C	A1	A1
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)	C	A2	A2
Ciência e Educação (CEd)	C	A1	A1
Experiências em Ensino de Ciências (EEC)	C	B2	B2
Investigações em Ensino de Ciências (IEC)	C	A2	A2
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)	C	A2	A2

**Tabela 2.** Período, país e número de artigos.

Periódico	Nacionalidade	Período Analisado	Nº de artigos
Química Nova	Brasil	1980-2014	37
Educación Química	México	1989-2014	25
Química Nova na Escola	Brasil	1995-2014	24
Chemistry Education	Inglaterra	1997-2014	12
Educació Química	Espanha	2008-2014	7
Eureka	Espanha	2004-2014	8
Enseñanza de las Ciencias	Espanha	1983-2014	8
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	Espanha	2002-2014	2
Investigações em Ensino de Ciências	Brasil	1996-2014	2
Ciência e Cognição	Brasil	2004-2014	1
Experiências em Ensino de Ciências	Brasil	2006-2014	2*
Alexandria	Brasil	2008-2014	-
Ciência e Ensino	Brasil	1996-2014	-
Ciência e Educação	Brasil	1998-2014	-
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	Brasil	2001-2014	-
Ensaio	Brasil	1999-2014	-

\* Um dos artigos foi publicado igualmente em dois números da revista volume 7, número 3 e volume 8, número 1.

analisados apenas os artigos da seção Educação, cujo primeiro artigo data de 1980.

A escolha dos artigos ocorreu mediante a leitura de título, resumo e palavras-chave em cada artigo, nos quais foram buscadas as palavras: ácido, base, pH, acidez, basicidade e neutralização. Os textos que apresentaram o termo equilíbrio químico foram lidos com maior detalhamento, tendo sido inseridos no estudo somente quando incluíam discussões sobre o equilíbrio ácido-base.

Por fim, procedeu-se a etapa de categorização segundo elemento de análise de conteúdo (Bardin, 1977) com categorias determinadas *a priori*: 1) Conceitos ácido-base utilizados; 2) Modalidade/nível de ensino a qual se destina; 3) Estratégia/abordagem proposta para o ensino.

Essa etapa constituiu-se de uma leitura inicial flutuante sobre o *corpus* de análise para verificar a validade das categorias escolhidas e de uma posterior leitura aprofundada na qual se buscou identificar a presença das categorias escolhidas.

### Abordagens sobre ácidos e bases em periódicos selecionados

Na análise sistemática nos 16 periódicos pesquisados, foram encontrados um total de 128 artigos que direta ou indiretamente abordavam os conceitos de ácidos e bases como é mostrado na Tabela 2.

Como pode ser percebido, o tema em questão é frequente nos periódicos específicos de ensino/educação química, nos quais foram encontrados 105 artigos, correspondendo a 82% das publicações referentes ao tema. Revistas gerais sobre ensino de ciências que foram incluídas no estudo apresentaram

um número pequeno de publicações sobre o tema, merecendo destaque as Revistas Eureka com 8 (6,2%) e Enseñanza de las Ciencias com o mesmo número.

No Gráfico 1, podemos ver a distribuição dos artigos por década e o número total publicado em cada periódico no período analisado.

Como se pode perceber, ao longo das últimas quatro décadas, o tema tem sido frequentemente abordado, notando-se um incremento de artigos motivado pelo surgimento de novos periódicos em cada espaço de tempo analisado.

Outra informação que se pode encontrar é que um pequeno número de revistas concentra a maior parte dos artigos sobre o tema, principalmente as revistas específicas de ensino de química.

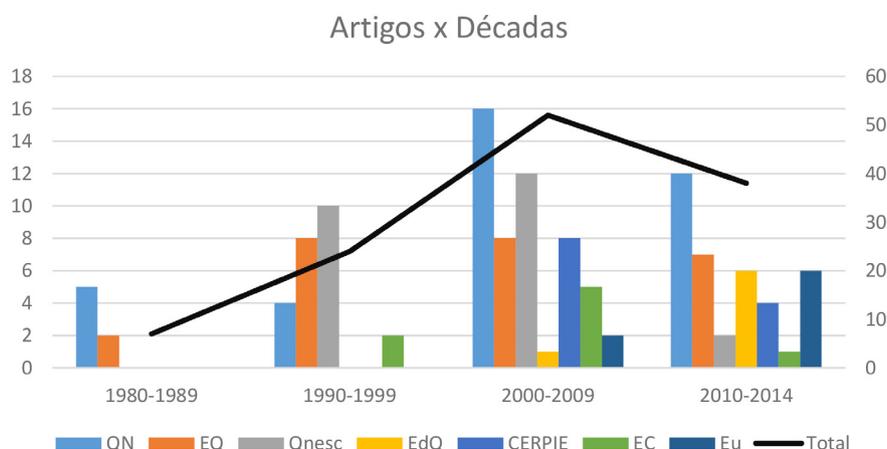
### Periódicos específicos de educação química

Dentre as revistas que compuseram a amostra, quatro merecem destaque pelo número de artigos que abordam o tema: Química Nova (37), Química Nova na Escola (24), Educación Química (25) e Chemistry Education Research and Practice (12). A seguir, são analisados os artigos publicados em cada um desses periódicos.

#### Química Nova – Seção Educação

A Química Nova (QN) é um reconhecido periódico da Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Com início em 1978, essa revista apresenta como principal foco a publicação de artigos originais em todas as áreas da química.

A partir de 1980, esse periódico passa a ter uma seção denominada *Educação*, na qual, segundo as normas editoriais, almeja-se publicar trabalhos de pesquisa sobre o ensino de



**Gráfico 1.** Artigos publicados sobre ácidos e bases em periódicos selecionados.

química na graduação e experiências inovadoras no ensino de graduação e pós-graduação.

Contudo, essa postura editorial parece ter sido tomada apenas alguns anos mais tarde, tendo-se em vista que, quando se analisa o público-alvo das propostas encontradas nesse periódico, apesar de notar-se a predominância de proposições para o ensino superior, que corresponde a 25 dos 32 artigos, foram encontrados três cuja temática é voltada para o ensino médio e quatro que não especificam a qual nível de ensino se destinavam.

Um aspecto relevante encontrado com base na análise de conteúdo dos artigos publicados nesse periódico é que a quase totalidade dos trabalhos não explicita a qual conceito de ácido e/ou base está se referindo, apesar de a leitura dos textos revelar que são as definições de Arrhenius e/ou Bronsted-Lowry.

Outro aspecto a ser destacado é que os únicos artigos que utilizam as definições de ácido/base propostas por Lewis são os que abordam o desenvolvimento das teorias ácido-base (Chagas, 2000; Vichi; Chagas, 2008), uma proposta de experimento (Bastos et al., 2008; Vasconcelos; Lima Júnior, 2009) e um artigo que discute a basicidade no âmbito da química orgânica (Ferreira; Arroio; Rezende, 2011). As demais definições aparecem apenas nos textos que apresentam algum caráter histórico (Chagas, 2000; Vichi; Chagas, 2008) e no texto de Vasconcelos (2014) que aborda o conceito de ácidos de Pearson para alunos da disciplina de química orgânica por meio de ferramentas computacionais.

Quanto à orientação didática das propostas, nota-se que 22 (59,4 %) dos 37 artigos apresentam propostas de experimento sem qualquer fundamentação teórica do ponto de vista didático, 7 (18,9 %) apresentam discussões conceituais dentro da própria química e 1 (2,7 %) descreve o desenvolvimento histórico das teorias. Os seis artigos que apresentam orientações didáticas têm referenciais teóricos distintos, entre os quais, vê-se referências a: contextualização, interdisciplinaridade, resolução de problemas, material didático, cotidiano e pesquisa orientada.

Deve ser enfatizado o foco principal dessa análise, cujo objetivo é compreender a abordagem usada e as contribuições

oferecidas para o estudo do tema. Nesse quesito, o periódico em questão (QN) apresenta uma forte tendência à apresentação de experimentos, sem explicitar um referencial norteador ou marco teórico educacional para embasar as propostas apresentadas. Ressalta-se, no entanto, que os textos apresentam sólido embasamento em conceitos químicos (Rezende; Pizarro; Millán, 2007; Silva; Simoni, 2000; Cunha; Santana, 2012) e que são coerentes, sobretudo, com a proposta da linha editorial de publicar novas práticas no ensino superior e na pós-graduação.

### Química Nova na Escola

A Química Nova na Escola (QNEsc) é outro periódico da SBQ, voltado exclusivamente para a área de educação química, objetivando fornecer os subsídios à comunidade de educadores químicos do país. Sendo publicada desde 1995, constituiu-se em um importante veículo de discussão sobre pesquisa em ensino de química no país.

Quanto à análise dos artigos publicados nesse periódico, à semelhança do que acontece na QN, na QNEsc, predominam artigos sobre experimentos. De 24 trabalhos publicados sobre a temática escolhida, 15 abordam atividades práticas em seu escopo. Contudo, há duas marcantes diferenças entre os dois periódicos: a) o primeiro volta-se predominantemente para o público do ensino superior, enquanto o segundo apresenta forte tendência para o ensino médio. Ainda que nem todos os artigos o tragam explicitamente, a leitura leva a crer que as propostas apresentadas são destinadas a esse nível de ensino; b) a maior parte dos artigos apresenta, ainda que minimamente, alguma orientação didática associada ao experimento. É o que se percebe, por exemplo, no trabalho de Maia, Gazotti e Canela (2005), em que a proposta de experimento situa-se num contexto socioambiental de discussões sobre chuva ácida.

A preocupação em apresentar experimentos com materiais alternativos, de baixo custo ou ligados ao cotidiano dos estudantes, está presente em um percentual significativo das propostas (50%).

É nesse contexto que Suarez, Ferreira e Fatibello-Filho (2007) apresentam a padronização de uma solução básica usando o ácido

acetilsalicílico, presente em fármacos de ação anti-inflamatória antipirética e analgésica, como padrão primário.

Destaca-se ainda a relativa importância dada ao contexto social nos artigos publicados nessa revista: com Fiorucci, Soares e Cavalheiro (2003) abordando a história, a importância e o processo industrial de obtenção da vitamina C; Fiorucci, Soares e Cavalheiro (2002) analisando o contexto histórico e social dos ácidos orgânicos; e Coelho e Marques (2007) avaliando a compreensão dos professores sobre o contexto social e visando propor uma unidade baseada em princípios da química verde para ser utilizada em programas de ensino.

No entanto, à semelhança do primeiro periódico (QN), os artigos do segundo (QNEsc) não especificam qual a compreensão de ácidos e bases é utilizada. Dentre os artigos encontrados, apenas Chagas (1999) descreve as teorias ácido-base do século XX, suas limitações e seu desenvolvimento ao longo desse período.

### Educación Química

A revista *Educación Química* (EQ) é um periódico da Faculdade de Química da Universidad Nacional Autónoma de México com objetivos muito similares à QNEsc no tocante à pesquisa em educação química e no apoio aos docentes dessa ciência. É publicada trimestralmente desde 1989, sendo o terceiro periódico mais antigo analisado nessa pesquisa e o mais antigo dedicado exclusivamente ao ensino-aprendizagem da química.

Da análise dos artigos, percebe-se que em oposição à QNEsc e QN, a EQ apresenta um maior número de artigos conceituais e propostas que não utilizam experimentos (48%). Nesse periódico, foram publicadas as traduções dos artigos originais nos quais Pearson descreve suas definições para ácidos duros e moles (Pearson, 1997; Pearson, 1998).

Ainda no mesmo periódico, Liso, Torres e López (2002) analisam os conceitos e as abordagens de ácidos e bases em livros de ensino secundário e ensino superior, tanto textos históricos como atuais, chegando à conclusão de que os livros-texto históricos utilizados no ensino secundário espanhol apresentavam uma abordagem mais coerente do ponto de vista conceitual. Segundo os mesmos pesquisadores, os autores dos livros (tanto históricos quanto atuais) usam os termos ácido e base indistintamente para referir-se a qualquer uma das conceituações, o que se constitui em obstáculos à aprendizagem e causa algumas dificuldades de compreensão por parte dos alunos.

Outro elemento a ser considerado nos artigos publicados na EQ é a inserção de orientações pedagógicas provenientes da pesquisa atual no campo da didática das ciências. Assim, Martinez e Espinoza (2009) utilizam mapas conceituais e a estratégia de resolução de problemas para discutir as dificuldades de aprendizagem sobre ácidos e bases. Guerra et al. (2008) apresentam uma unidade didática para ensinar tais conceitos a partir do enfoque ciência-tecnologia-sociedade (CTS) com

uma orientação baseada na modelização. Cachapuz e Gonçalves (2004) apresentam uma unidade didática com orientação CTS em uma proposta de investigação-ação a partir da determinação da acidez em vinhos.

À semelhança da QN, os artigos publicados na EQ são em sua maioria voltados ao ensino superior (76%). Observa-se ainda que, na maior parte das propostas, são usados os conceitos de ácido e base de Arrhenius e Bronsted/Lowry, ainda que em quase nenhum trabalho isso fique explícito. Exceções são os artigos de Pearson (1997; 1998) e Silva (1997), nos quais os dois primeiros tratam dos conceitos de ácidos e bases duros e moles e o terceiro traz uma proposta experimental para ensinar esses conceitos; Frunz (1989) descreve o histórico da elaboração dos diversos conceitos/definições; e Liso, Torres e López (2002) abordam os diversos conceitos ao analisarem os livros didáticos.

### Chemistry Education Research and Practice

Outro periódico voltado ao ensino de química que apresenta um número significativo de artigos sobre o tema é o *Chemistry Education Research and Practice* (CERP), que surge da fusão, em 2005, de dois periódicos: o *Chemistry Education: Research and Practice in Europe* (CERPIE), publicado originalmente pela University of Ioannina (Grécia), e o *University Chemistry Education*, editado pela Royal Society of Chemistry (Inglaterra).

Nesse veículo, nota-se uma ênfase diferenciada em relação aos periódicos iberoamericanos por apresentar menor incidência de propostas de experimentos e uma maior diversidade de enfoques teóricos.

Sisovic e Bojovic (2000) avaliam uma proposta de aprendizagem colaborativa e diferentes formatos de trabalho em grupo, enquanto Tarhan e Sesen (2012) utilizam o *jigsaw* – jogo de quebra-cabeça – como estratégia de aprendizagem colaborativa para trabalhar os conceitos ácido-base com 38 estudantes do departamento de educação química da Universidade de Izmir (Turquia).

Demircioğlu, Ayas e Demircioğlu (2005) propõem uma unidade didática composta por oito aulas, visando proporcionar mudança conceitual em estudantes do ensino médio na Turquia; e Cheung (2011) apresenta em seu estudo as concepções alternativas apresentadas por licenciandos e professores de Hong Kong sobre a bateria ácida de chumbo, propondo uma atividade experimental com vistas à mudança conceitual desse público.

Drechsler e Schmidt (2005) analisam os modelos de ácido e base apresentados nos livros de química adotados para o ensino médio sueco e a compreensão dos professores de química sobre estes; e Drechsler e Driel (2009) usam uma escala de Likert para avaliar o conhecimento dos professores sobre os modelos de ácidos e bases, o conhecimento das dificuldades de aprendizagem dos estudantes e os livros usados na Suécia.

Dois outros artigos ainda trabalham na perspectiva das concepções alternativas. Sheppard (2006) entrevistou 16

estudantes do ensino médio norte-americano sobre o entendimento de titulações ácido-base e de conceitos correlatos como pH e neutralização, enquanto Tan et al. (2010) entrevistaram 217 licenciandos em Singapura sobre seus entendimentos em relação à cinética das reações ácidas.

Pode-se ainda citar o trabalho de Bhattacharyya (2006) que, usando o *model-eliciting activity*, investiga os modelos mentais de 10 doutorandos em química orgânica da Universidade de Oregon sobre ácidos e bases orgânicos, focado no conceito de Bronsted-Lowry. Cita-se ainda Cartrette e Mayo (2011) que usam entrevistas com resolução de problemas para identificar a compreensão dos estudantes em cursos de química orgânica sobre ácidos e bases no contexto orgânico com ênfase no conceito elaborado por Lewis.

No tocante ao nível de ensino aos quais os trabalhos referidos nessa revista estão voltados, percebe-se uma equivalência entre o ensino médio e superior, respectivamente 60 e 50% – um dos artigos apresenta resultados sobre os dois níveis de ensino. No entanto, o que chama mais atenção nessas publicações é que, em sua maioria, são feitas referências explícitas aos conceitos ácido-base com as quais trabalha (oito entre dez) e a preocupação em trabalhar com grupos controles para garantir a validade dos resultados apresentados quando se trata de propostas de intervenção. Esses resultados são condizentes com a linha editorial que afirma não aceitar relatos de experiência, objetivando apenas a publicação de pesquisas no âmbito da educação química com o foco no ensino-aprendizagem.

### Educació Química

Fechando o ciclo de periódicos específicos de ensino de química, tem-se a Educació Química (EdQ). A mais nova dentre as revistas pesquisadas, a EdQ é um periódico publicado desde 2008 pela Societat Catalana de Química (SCQ) com objetivos muito similares aos da QNesc.

Nessa revista catalã, foram encontrados sete artigos relativos ao tema em estudo. Dentre os quais, seis propostas de experimentos: Aymerich e Riveros (2011) apresentam resultados sobre o experimento global do pH da água durante o ano Internacional da Química com um grupo de estudantes espanhóis; Segura e Valls (2009) descrevem experimentos investigativos com produtos de limpeza propostos para estudantes da educação secundária; Rossi e Shimamoto (2010) propõem um experimento contextualizado com a utilização de antocianinas presentes em extratos de frutas nativas, incluindo a jussara (espécie da Mata Atlântica), para determinação de pH de uma solução; Rovira e González (2010) apresentam os resultados de uma unidade didática com estudantes do ensino técnico, na qual se buscou proporcionar o entendimento sobre a titulação ácido-base e a compreensão sobre a escolha de indicadores ácido-base para as referidas titulações; Castells (2012) apresenta uma série de atividades experimentais desenvolvidas em um curso de formação continuada para professores na Espanha; e Farusi (2012), um experimento

histórico de produção de vidro para estudantes entre 14 e 15 anos de idade na Itália.

Abordagem diferente da que é feita nos demais artigos, Alvarado-Zamorano et al. (2011) apresentam uma unidade didática com enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) a partir do processo de acidificação dos oceanos.

Em relação ao nível a que se direcionam, apenas Alvarado-Zamorano et al. (2011) e Castells (2012) voltam-se aos cursos de formação de professores de química, os demais são voltados para o ensino médio. É notório, nesses artigos, a mesma ambiguidade percebida nos periódicos anteriormente analisados no tocante a não preocupação em explicitar o conceito ácido-base implícito na proposta didática.

### Periódicos gerais de ensino de ciências

Dentre as revistas gerais de educação em ciências, a Enseñanza de las Ciencias (EC) e a Eureka (Eu) são as que apresentam maior número de trabalhos envolvendo ácidos e bases, cada uma com sete artigos publicados. Todos os artigos na Eu são propostas de experimentos para trabalhar os conceitos, semelhante aos artigos apresentados pelas revistas de ensino de química brasileiras.

### Enseñanza de las Ciencias

A EC é uma publicação do Institut de Ciències de l'Educació - Universitat Autònoma de Barcelona e do Vicerectorat d'investigació - Universitat de València. Tem como objetivo a publicação de investigações no âmbito das ciências naturais e matemática e teve seu primeiro número impresso em 1983 e, a partir de 2015, tornou-se exclusivamente eletrônica e de livre acesso.

Talvez por ser uma revista mais antiga e voltada ao ensino de ciências em geral, os artigos da EC apresentam maior diversidade de proposições. Assim, Borsese (1992), com ênfase completamente conceitual, trata da força de ácidos e bases; Bardaca, Nieto e Rodriguez (1993) estudam a evolução das concepções ácido-base no ensino médio no Uruguai; Torres e García (1997) propõem uma unidade didática para a aprendizagem por investigação em que os solos são tema para a aprendizagem do conceito ácido-base de Lewis; Liso et al. (2000) analisam os sentidos atribuídos ao pH pelos comerciais e as possíveis correlações com as concepções apresentadas por estudantes do ensino médio; Liso e Torres (2002) investigam o termo neutralização em seu sentido etimológico e os significados atribuídos ao termo ao longo da história e dentro de cada conceito ácido-base; Liso, Torres e Lopéz (2003) investigam as concepções alternativas de estudantes do ensino superior sobre o equilíbrio ácido-base, apontando que um dos problemas encontrados é o raciocínio sequencial, que provavelmente deriva da abordagem dos livros universitários; Moreno (2013) descreve o planejamento e a implementação de uma atividade de investigação orientada, contextualizada na saúde, para ensinar

sobre soluções-tampão a alunos do ensino médio, analisando a aprendizagem dos estudantes.

### Eureka

Por fim, o último periódico analisado nesse estudo é a Revista Eureka (Eu) sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, publicada desde 2004 pela Universidad de Cádiz e a Asociación de Profesores APAC-EUREKA, o que confere a revista um perfil muito próximo da escolaridade básica e de relatos de experiências.

Assim, foi observado que a Eu apresenta, em maior proporção, trabalhos voltados ao ensino médio ou pesquisas realizadas nesse nível de ensino. Nessa linha, Avalos (2006) propõe uma atividade prática com extratos naturais; Mateus et al. (2009) revisitam o mesmo tema, questionando os resultados anteriormente apresentados por Avalos; Liarte e Martínez (2011) apresentam uma proposta de atividade experimental lúdica com amônia em contato com diferentes reagentes (sulfato de cobre II, nitrato de chumbo e fenolftaleína) para demonstração com mudanças de coloração; Liarte (2010) apresenta o experimento sifão químico, no qual o ácido nítrico reage com o cobre, desencadeando a liberação de gás que posteriormente, a partir do resfriamento, é utilizado para a inversão do fluxo de líquido dentro do sifão. Ainda com a ideia de impacto visual com alterações de cor, Torres e Muñoz (2011) propõem o experimento arco-íris químico, em que uma série de reações provoca alterações na coloração de determinadas soluções, incluindo-se entre elas reações ácido-base na presença de indicadores.

Rodríguez e Bonán (2011) usam doces como matéria-prima para reações químicas, incluindo alterações de coloração quando indicadores entram em contato com os doces dissolvidos em água. O único artigo que apresenta um caráter diferenciado é o de Rodrigues (2011), no qual este propõe experimentos que abordem os ciclos biogeoquímicos com ênfase no tema chuva ácida.

De maneira geral, todos os artigos apresentados na Eu são da mesma natureza: experimentos voltados ao ensino médio que buscam trabalhar com materiais alternativos, sem uma

preocupação maior em detalhar qual conceito ácido-base pode ser trabalhado com as práticas descritas ou sobre a orientação didático-pedagógica da proposta.

### Demais revistas

As demais revistas apresentam poucos artigos sobre o tema. A Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias (REEC) publicou dois artigos no período analisado. Teixeira Júnior e Silva (2009) investigaram as dificuldades de aprendizagem de 47 licenciandos em química do estado de Minas Gerais (Brasil), concluindo que estes apresentam as mesmas dificuldades que os alunos do ensino médio. Cokelz e Dumon (2010) realizaram uma pesquisa comparativa entre os modelos de ácido e de base utilizados no ensino médio na Turquia e na França. Para tanto, realizaram um estudo com 286 estudantes franceses e 242 estudantes turcos, chegando à conclusão que o ensino francês usa preferencialmente os conceitos elaborados por Bronsted-Lowry, enquanto o sistema turco usa preferencialmente os conceitos desenvolvidos por Arrhenius.

A revista Investigações em Ensino de Ciências (IEC) apresenta dois trabalhos que versam sobre o tema: Gouveia e Valadares (2004) expõem uma discussão sobre o impacto do ambiente construtivista para a aprendizagem dos conceitos em química, descrevendo os resultados de um estudo do tipo experimental realizado com 52 estudantes do 10º ano de escolaridade português, divididos em duas turmas (grupo controle e experimental). Nesse estudo, chegaram à conclusão de que um ambiente construtivista promoveu melhor aprendizagem dos conceitos ácido e base, melhorou as relações educacionais e desenvolveu atitudes positivas quanto à autoestima e interações com demais estudantes; e Pinheiro e Giordan (2010) analisaram, sob o ponto de vista da etnografia, a preparação de sabão com cinzas feitas por mulheres no interior do estado de Minas Gerais, propondo uma aproximação dos conhecimentos populares com o conhecimento dos estudantes do ensino médio, usando uma hipermídia como um elemento mediador.

Em seguida, na Tabela 3, é apresentado o perfil dos principais periódicos pesquisados.

**Tabela 3.** Perfil predominante dos periódicos – estudo sistemático.

Periódico	Conceitos	Nível	Estratégia
QN	Não explícita	Superior	Experimentação (sem fundamentação didática)
Qnesc	Não explícita	Médio	Experimentação (com fundamentação didática)
Chemistry Educ.	Explícita	Médio e superior	Didática das ciências
Educación Quim.	Explícita	Médio e superior	Didática das ciências
Enseñanza	Explícita	Médio e superior	Didática das ciências
Eureka	Não explícita	Médio	Experimentação (sem fundamentação didática)
Educació Química	Não explícita	Médio	Experimentação (sem fundamentação didática)

Nota-se, a partir dessa tabela, que os perfis de publicação dos periódicos estão muito bem consolidados e nos indicam lacunas na pesquisa e produção nacional de conhecimento sobre o tema. A QN e QNEsc apresentam perfis complementares, estando a primeira voltada principalmente para a proposição de experimentos direcionados ao ensino superior (sem orientação didática) e a segunda, para experimentos orientados ao ensino médio. Contudo, nota-se uma ausência de pesquisas e propostas fundamentadas em outros referenciais teóricos que não a experimentação. Há que se dar destaque também à não explicitação do conceito abordado, o que não se percebe nos periódicos internacionais analisados, cuja maior parte dos artigos tem a preocupação de delimitar o conceito com o qual está trabalhando.

### Considerações finais

Pelo estudo ora relatado, percebe-se que os conceitos de ácido e base são assuntos comuns na literatura específica de ensino de ciências/ensino de química. No entanto, cada periódico apresenta seu próprio perfil de publicação. Enquanto os periódicos nacionais que fizeram parte do estudo sistemático têm como foco propostas de atividades experimentais, periódicos como o *Chemistry Education Research and Practice* e *Educación Química* apresentam maior diversidade de abordagem e diferentes referenciais teóricos.

Uma constatação que cabe particularmente aos periódicos brasileiros é a falta de preocupação em delimitar os conceitos trabalhados em cada proposta, mesmo problema que tende a se repetir nos livros de ensino superior e médio. Ainda sobre essa categoria analisada, ressalta-se o pequeno número de artigos abordando os conceitos de Lewis e demais conceituações.

Nota-se que, no conjunto dos periódicos, há predominância de trabalhos para o ensino médio, seguido por trabalhos voltados ao ensino superior e a quase inexistência de trabalhos para o ensino fundamental.

No tocante ao referencial teórico, há uma grande quantidade de artigos cujo objetivo é discutir aspectos conceituais, muitas proposições de experimentos e propostas/investigações no âmbito do movimento das concepções alternativas e mudança conceitual. A concentração nesses três focos justifica-se em parte porque um dos periódicos analisados é voltado à divulgação de pesquisas na área de química (*Química Nova*) e não diretamente na área de ensino; e também pela própria origem da área de ensino de ciências que se consolidou em nível mundial como área de conhecimento próprio em um período de grande efervescência dos estudos em concepções alternativas, que aparecem com maior frequência em artigos mais antigos.

Por fim, o que desperta a atenção nesta revisão é a limitada ou escassa presença de discussões sobre aspectos sociais, industriais, econômicos e tecnológicos envolvendo os conceitos, a despeito de toda a influência que os ácidos e as bases possuem nesses processos. Apesar da emergência de enfoques como

relações CTS, discussão de questões sociocientíficas (QSC) e abordagens em contexto no ensino de química, parece claro que esses conceitos são temas a serem ainda explorados dentro dessas perspectivas.

Ao traçar o perfil de publicação dos periódicos, no estudo tentou-se contribuir com a comunidade de educadores químicos, indicando fontes de pesquisa para a preparação de aulas, mediante os interesses específicos do docente.

Assim, o estudo demonstra que há um número significativo de propostas às quais os docentes de ensino médio e superior podem recorrer, tanto em periódicos nacionais quanto em periódicos internacionais, quando desejarem realizar uma atividade experimental sobre o tema ou para discutirem aspectos conceituais. Em paralelo, aponta lacunas importantes que emergem dessa análise e para as quais trabalhos futuros devem apontar: a) o ensino fundamental; b) conceitos de Lewis e Pearson; c) abordagem de aspectos históricos, sociais, industriais e ambientais.

### Referências

- ALVARADO-ZAMORANO, C.; GARRITZ, A.; GUERRA-SANTOS, G.V.; SOSA, A.M.; TERESA, C. Enseñanza y aprendizaje de ácidos y bases en contexto: acidificación de los océanos. *Educación Química*, n. 10, p. 4-10, 2011.
- ATKINS, P.W. *Moléculas*. São Paulo: EdUSP, 2006.
- AVALOS, S.H. Experiencias sorprendentes de química con indicadores de pH caseros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 3, n. 1, p. 89-103, 2006.
- AYMERICH, M.I.; RIVEROS, B.C.L. 'aigua, sempre aigua? Una proposta indagativa per al Global Experiment de l' AIQ 2011 of the IYC 2011. *Educación Química*, n. 9, p. 49-57, 2011.
- BARDACA, M.; NIETO, M.; RODRIGUEZ, M.C. Evolución de los conceptos ácido-base a lo largo de la enseñanza media. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, p. 125-129, 1993.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BASTOS, R.S.; CUNHA, A.S.; SILVA, L.C.; OLIVEIRA, C.C.P.; REZENDE, C.M.; PINTO, A.C. Preparo da para-cloroanilina: um experimento simples, rápido e barato. *Química Nova*, v. 31, n. 1, p. 172-173, 2008.
- BHATTACHARYYA, G. Practitioner development in organic chemistry: how graduate students conceptualize organic acids. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 7, n. 4, p. 240, 2006.
- BORSESE, A. Fuerza de los ácidos y de las bases y criterios de cálculo del ph. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 10, n. 1, p. 86-88, 1992.
- CACHAPUZ, A.F.; GONÇALVES, M. B. De la teoría a la práctica: la investigación/acción como estrategia para la innovación en la formación del profesorado de Química Un ejemplo en la enseñanza en laboratorio del tema ácido/base. *Educación Química*, v. 15, n. 1, p. 8-14, 2004.
- CARTRETTE, D.P.; MAYO, P.M. Students' understanding of acids/bases in organic chemistry contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 12, p. 29-39, 2011.

- CASTELLS, P. Els colors dels aliments. *Educació Química*, n. 12, p. 47-54, 2012.
- CHAGAS, A.P. Teorias ácido-base do século XX. *Química Nova na Escola*, 1999.
- CHAGAS, A.P. O ensino de aspectos históricos e filosóficos da química e as teorias ácido-base do século XX. *Química Nova*, v. 23, n. 2, p. 126-133, 2000.
- CHEUNG, D. Using diagnostic assessment to help teachers understand the chemistry of the lead-acid battery. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 12, n. 2, p. 228-237, 2011. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=c1rp90028e>>. Acessado em: 10 fev. 2013.
- COELHO, J.C.; MARQUES, C.A. A chuva ácida na perspectiva de tema social: um estudo com professores de química. *Química Nova na Escola*, n. 25, p. 14-19, 2007.
- COKELEZ, A.; DUMON, A. Une étude comparative des idées des élèves français et turcs sur les concepts acide et base: la transposition didactique. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 1, p. 67-87, 2010.
- CUNHA, S.; SANTANA, L. L. B. Condensação de knoevenagel de aldeídos aromáticos com o ácido de meldrum em água: uma aula experimental de química orgânica verde. *Química Nova*, v. 35, n. 3, p. 642-647, 2012.
- DEMIRCIOĞLU, G.; AYAS, A.; DEMIRCIOĞLU, H. Conceptual change achieved through a new teaching program on acids and bases. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 6, n. 1, p. 36-51, 2005.
- DRECHSLER, M.; SCHMIDT, H.J. Textbooks' and teachers' understanding of acid-base models used in chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 6, n. 1, p. 19, 2005. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=b4rp90002b>>. Acessado em: 10 fev. 2013.
- DRECHSLER, M.; DRIEL, J. Teachers' perceptions of the teaching of acids and bases in Swedish upper secondary schools. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 10, n. 2, p. 86, 2009.
- FARUSI, G. Preparazione di tessere di vetro con acido bórico preparació de tessell · les de vidre amb àcid bòric. *Educació Química*, n. 11, p. 40-44, 2012.
- FERREIRA, C.; ARROIO, A.; REZENDE, D. B., Uso de modelagem molecular no estudo dos conceitos de nucleofilicidade e basicidade. *Química Nova*, v. 34, n. 9, p. 1661-1665, 2011.
- FIORUCCI, A.R.; SOARES, M.H.F.B.; CAVALHEIRO, É.T.G. Alguns ácidos orgânicos do nosso cotidiano. *Química Nova na Escola*, n. 15, p. 6-10, 2002.
- \_\_\_\_\_. A importância da vitamina C na sociedade através dos tempos. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 3-7, 2003.
- FRUNZ, J.L.C. Ácidos y bases. *Educación Química*, p. 33-36, 1989.
- GOUVEIA, V.; VALADARES, J. A aprendizagem em ambientes construtivistas: uma pesquisa relacionada com o tema ácido-base. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9, n. 2, p. 199-220, 2004.
- GREENBERG, A. *From alchemy to chemistry in picture and story*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.
- \_\_\_\_\_. *Uma breve história da química: da alquimia às ciências moleculares modernas*. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.
- GUERRA, G.; ALVARADO, C.; ZENTENO-MENDOZA, B. E.; GARRITZ, A. La dimensión ciencia-tecnología-sociedad del tema de ácidos y bases em un aula del bachillerato. *Educación Química*, p. 277-288, 2008.
- LIARTE, D.Á.G. Un sifón a partir de una reacción química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 7, n. 1, p. 142-150, 2010.
- LIARTE, D.Á.G.; MARTÍNEZ, M.P. Azul, blanco, rojo. Homenaje a Lavoisier. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 8, n. extraordinario, p. 437-445, 2011.
- LISO, M.R.J.; TORRES, E.D.M.; LÓPEZ, F.S. El razonamiento causal secuencial em los equilibrios ácido-base múltiples. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 2, p. 223-242, 2003.
- LISO, M.R.J.; TORRES, E.M. La neutralización ácido-base. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n. 3, p. 451-464, 2002.
- LISO, M.R.; TORRES, E.M.; LÓPEZ, F.S. Los procesos ácido-base em los textos actuales y antiguos (1868-1955). *Educación Química*, v. 13, n. 2, p. 90-100, 2002.
- LISO, M.R.J.; TORRES, E.M.; GARCÍA, F.G.; LÓPEZ, F.S. Investigación didáctica la utilización del concepto de ph em la publicidad y su relación com las ideas que manejan los alumnos: aplicaciones em el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 18, n. 3, p. 451-461, 2000.
- MAIA, D.J.; GAZOTTI, W.A.; CANELA, M.C. Chuva ácida: um experimento para introducir conceitos de equilíbrio químico e acidez no ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 44-46, 2005.
- MARTÍNEZ, M.; ESPINOZA, A. Correlación entre mapas conceptuales y habilidad para la resolución de problemas em la unidad de Equilibrio Iónico em la asignatura de química general. *Educación Química*, v. 20, n.2, p. 198-208, 2009.
- MATEUS, J.A.C.; DAZA, H.J.C.; HILARIÓN, J.M.N.; PARADA, A.N.P.; VALBUENA, R.L.R. Elaboración de papel indicador a base de extractos naturales: una alternativa fundamentada em experiencias de laboratorio para el aprendizaje del concepto de pH. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 9, n. 2, p. 302-314, 2009.
- MORENO, M.T. Aprendizaje sobre disoluciones reguladoras de pH mediante indagación guiada utilizando sensores. *Enseñanza de las ciencias*, v. 31, n. 1, p. 189-211, 2013.
- PEARSON, R.G. Ácidos y bases duros y blandos: segunda parte, teorías suyacentes. *Educación Química*, v. 9, n. 2, p. 112-118, 1998.
- \_\_\_\_\_. Ácidos y bases duros y blandos \* Primera parte: Principios fundamentales. *Educación Química*, v. 8, n. 4, p. 208-215, 1997.
- PINHEIRO, P.C.; GIORDAN, M. O preparo do sabão de cinzas em Minas Gerais, Brasil: do status de etnociência à sua medição para a sala de aula utilizando um sistema hipermídia etnofigura. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 2, p. 355-383, 2010.
- RETONDO, C.G.; FARIAS, P. *Química das sensações*. Campinas: Átomo, 2008.
- REZENDE, M.C.; PIZARRO, C.; MILLAN, D. Preparation, spectroscopic and acidity properties of two hydrazones: an organic lab experiment. *Química Nova*, v. 30, n. 1, p. 229-231, 2007.
- RIBEIRO, R.P.; NUÑEZ, I.B. A aprendizagem significativa e o ensino

- de ciências naturais. In: NUÑEZ, I.B.; RAMALHO, B.L. (Orgs.). *Fundamentos do ensino aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio*. Porto Alegre: Sulina, 2004.
- RODRIGUES, A.P.L. De la geosfera a la biosfera : circulación de matéria em la naturaleza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 8, n. extraordinario, p. 495-499, 2011.
- RODRÍGUEZ, J.M.R.; BONÁN, J.A.N.T. Aprendiendo química con golosinas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 8, n. extraordinario, p. 476-486, 2011.
- ROSSI, A.V.; SHIMAMOTO, G. G. Antocianinas e gelo seco para visualizar equilíbrios ácido/base numa abordagem contextualizada. *Educació Química*, n. 7, p. 31-36, 2010.
- ROVIRA, L.D.I.; GONZÁLEZ, M.P.I. Quin indicador utilizaré en una valoració àcid-base? *Educació Química*, n. 7, p. 52-58, 2010.
- SEGURA, M.; VALLS, J.M. Els misteris dels productes de neteja. *Educació Química*, n. 3, p. 4-10, 2009.
- SHEPPARD, K. High school students' understanding of titrations and related acid-base phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 7, n. 1, p. 32, 2006.
- SILVA, L.G. Ácidos y bases duros y blandos: descubriendo el principio en el laboratorio. *Educación Química*, v. 8, n. 4, p. 205-207, 1997.
- SILVA, M.P.; SANTIAGO, M.A. Proposta para o ensino dos conceitos de ácidos e bases: construindo conceitos através da história da ciência combinada ao emprego de um software interativo de livre acesso. *História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces*, v. 5, p. 48-82, 2012.
- SILVA, C.R.; SIMONI, J.A. Avaliação da capacidade tamponante - um experimento participativo. *Química Nova*, v. 23, n. 3, p. 405-409, 2000.
- SISOVIC, D.; BOJOVIC, S. Approaching the concepts of acids and bases by cooperative learning. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 1, n. 2, p. 263-275, 2000.
- SUAREZ, W.T.; FERREIRA, L.H.; FATIBELLO-FILHO, O. Padronização de soluções ácida e base empregando materiais do cotidiano. *Química Nova na Escola*, n. 25, p. 36-38, 2007.
- SZABADVARY, F. *History of analytical chemistry*. Londres: Pergamon, 1966.
- \_\_\_\_\_. Development of the pH concept: a historical survey. *Journal of Chemical Education*, v. 41, n. 2, p. 105-107, 1964.
- TAN, K.C.D.; TREAGUST, D.F.; CHANDRASEGARAN, A.L.; MOCERINO, M. Kinetics of acid reactions: making sense of associated concepts. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 11, n. 4, p. 267, 2010.
- TARHAN, L.; SESEN, B. A. Jigsaw cooperative learning: acid-base theories. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 13, n. 3, p. 307, 2012.
- TEIXEIRA JR., J.G.; SILVA, R.M.G. Investigando a temática sobre equilíbrio químico na formação inicial docente. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 2, p. 571-592, 2009.
- TORRES, C.D.; MUÑOZ, M.L.A. Reacciones encadenadas: del reloj de yodo al arco iris químico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 8, n. 1, p. 105-110, 2011.
- TORRES, L.E.S.; GARCÍA, J.J.G. Los suelos en la enseñanza de la teoría ácido-base de Lewis. Una estrategia didáctica de aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 15, n. 1, p. 59-71, 1997.
- VASCONCELLOS, M.L.A.A. A teoria de Pearson para a disciplina de química orgânica: um exercício prático e teórico aplicado em sala de aula. *Química Nova*, v. 37, n. 1, p. 171-175, 2014.
- VASCONCELLOS, M.L.A.A.; LIMA JR., C.G. Cloração do anisol, tolueno e nitrobenzeno com ácido tricloroisocianúrico (ATCI): aspectos computacionais sobre a reatividade e regioselectividade. *Química Nova*, v. 32, n. 1, p. 244-249, 2009.
- VICHI, E.J.S.; CHAGAS, A.P. Sobre a força de ácidos e bases: algumas considerações. *Química Nova*, v. 31, n. 6, p. 1591-1594, 2008.