

# química nova

# NA ESCOLA

VOLUME

41

Nº 4, NOVEMBRO 2019

- 320 Prêmio Nobel de Química de 2019 - Láurea pelo Desenvolvimento das Baterias de Íons Lítio  
Nerlso Bocchi, Sonia R. Biaggio e Romeu C. Rocha-Filho
- 327 A Polêmica da Fosfoetanolamina no Ensino de Química: Articulações entre o Planejamento de Ensino e a Comunicação Científica  
Marcelo Giordan, Gabriel S. Gomes, Isabela L. A. Dourado e João G. F. Romeu
- 335 *Alternate Reality Game* (ARG): Breve Histórico, Definições e Benefícios para o Ensino e Aprendizagem da Química  
Maria G. Cleophas
- 344 Humphry Davy e a natureza metálica do potássio e do sódio  
Júlia R. Buci e Paulo A. Porto
- 351 Construção de um biodigestor na escola: um estudo de caso fundamentado numa perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)  
Valéria V. M. Paixão, Carlos H. Batista e Maria C. P. Cruz
- 360 Atividade investigativa teórico-prática de Química para estimular práticas científicas  
Matheus S. B. Silva, Daniel M. Silva e Ana C. Kasseboehmer
- 369 O ambiente natural como recurso para promover um ensino interdisciplinar  
Sidnei de Lima Júnior, Diógenes A. de Almeida, Luciana C. C. de Menezes e Roberto Greco
- 377 Ser ou Não Ser Professor: Duas Faces de Uma Graduação em Química  
Camila L. Miranda, Julio C. F. Lisbôa e Daisy B. Rezende
- 386 Tabela Periódica: concepções de estudantes ao longo do ensino médio  
Nycollas S. Vianna, Camila A. T. Cicuto e Maurício S. Pazinato
- 394 Célula solar na escola: como construir uma célula solar sensibilizada por corantes naturais  
Ivana de S. Christ, Kauana N. de Almeida, Verônica G. de Oliveira, Matheus C. de Oliveira, Marcos J. L. Santos e Nara R. Atz
- 399 A Filosofia na Formação de Professores de Química em Minas Gerais: O que se Mostra nos Componentes Curriculares de Licenciaturas em Química?  
Robson S. de Sousa, Alexandre R. dos Santos e Maria do C. Galiazzi

**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 Aloísio 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**

Telma Rie Doi Ducati  
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 -

Av. Prof. Lineu Prestes, 748, Bloco 3 superior, sala 371

05508-000 São Paulo - SP, Brasil

Fone: (11) 3032-2299,

Endereço-e: sbqsp@iq.usp.br

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

Correspondência deve ser enviada para:

*Química Nova na Escola*

Av. Prof. Lineu Prestes, 748

05508-000 São Paulo - SP, Brasil

Fone: (11) 3032-2299

Fax (11) 3814-3602

Endereço-e: qnesc@sbq.org.br

*Química Nova na Escola* na internet:

<http://qnesc.sbq.org.br>

**Copyright © 2019 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.

**diagramação/capa**

Hermano Serviços de Editoração

# Sumário/Contents

**Atualidades em Química / Chemistry Updates**

- 320 Prêmio Nobel de Química de 2019 - Láurea pelo Desenvolvimento das Baterias de Íons Lítio  
*The Nobel Prize in Chemistry 2019 – Laurel for the Development of Lithium-Ion Batteries*  
Nerilso Bocchi, Sonia R. Biaggio e Romeu C. Rocha-Filho

**Química e Sociedade / Chemistry and Society**

- 327 A Polêmica da Fosfoetanolamina no Ensino de Química: Articulações entre o Planejamento de Ensino e a Comunicação Científica  
*The Phosphoethanolamine in Chemistry Teaching: articulations between teaching planning and science communication*  
Marcelo Giordan, Gabriel S. Gomes, Isabela L. A. Dourado e João G. F. Romeu

**Educação em Química e Multimídia / Chemical Education and Multimedia**

- 335 *Alternate Reality Game* (ARG): Breve Histórico, Definições e Benefícios para o Ensino e Aprendizagem da Química  
*Alternate Reality Game (ARG): Brief History, Definitions and Benefits for the Teaching and Learning Processes of Chemistry*  
Maria G. Cleophas

**História da Química / History of Chemistry**

- 344 Humphry Davy e a natureza metálica do potássio e do sódio  
*Humphry Davy and the metallic nature of potassium and sodium*  
Júlia R. Buci e Paulo A. Porto

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

- 351 Construção de um biodigestor na escola: um estudo de caso fundamentado numa perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)  
*Construction of a biodigester in school: a case study based on a science, technology and society perspective (STS)*  
Valéria V. M. Paixão, Carlos H. Batista e Maria C. P. Cruz

- 360 Atividade investigativa teórico-prática de Química para estimular práticas científicas  
*Theoretical-practical inquiry chemistry activity stimulating scientific practices*  
Matheus S. B. Silva, Daniel M. Silva e Ana C. Kasseboehmer

- 369 O ambiente natural como recurso para promover um ensino interdisciplinar  
*The natural environment as a resource for promoting interdisciplinary teaching*  
Sidnei de Lima Júnior, Diógenes A. de Almeida, Luciana C. C. de Menezes e Roberto Greco

**Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus**

- 377 Ser ou Não Ser Professor: Duas Faces de Uma Graduação em Química  
*Being or Not Being a Teacher: Two Faces of a Bachelor of Chemistry*  
Camila L. Miranda, Julio C. F. Lisbôa e Daisy B. Rezende

**O Aluno em Foco / The Student in Focus**

- 386 Tabela Periódica: concepções de estudantes ao longo do ensino médio  
*Periodic Table: students' conceptions through high school*  
Nycollas S. Vianna, Camila A. T. Cicuto e Maurício S. Pazinato

**Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments**

- 394 Célula solar na escola: como construir uma célula solar sensibilizada por corantes naturais  
*Solar cell in the school: how to build a dye sensitized solar cell using natural pigments*  
Ivana de S. Christ, Kauana N. de Almeida, Verônica G. de Oliveira, Matheus C. de Oliveira, Marcos J. L. Santos e Nara R. Atz

**Cadernos de Pesquisa / Research Letters**

- 399 A Filosofia na Formação de Professores de Química em Minas Gerais: O que se Mostra nos Componentes Curriculares de Licenciaturas em Química?  
*Philosophy In Teachers' Education In Minas Gerais State: What Is Shown In Curricular Components Of Chemistry Undergraduate Courses?*  
Robson S. de Sousa, Alexandre R. dos Santos e Maria do C. Galiazzi

## Novas Diretrizes, velhos problemas

As más notícias para a educação brasileira parecem não ter fim. No dia 7 de novembro, o Conselho Nacional de Educação aprovou uma resolução que define novas Diretrizes Curriculares para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica. Importante lembrar que essa medida vem apenas quatro anos depois da Resolução CNE/CP 02/2015, que trata do mesmo assunto. Ou seja, mal houve tempo para que as Instituições de Ensino Superior se adaptassem às Diretrizes anteriores, e tudo muda novamente. Pior do que sua extemporaneidade, porém, é o próprio conteúdo das novas Diretrizes.

O Parecer que trata das novas Diretrizes inclui um diagnóstico de algumas das mazelas da educação brasileira. Entre elas, se aponta a falta de professores de Química e Física com formação adequada, ou seja, com Licenciatura nessas áreas. Também se menciona o “baixo valor social da carreira do magistério no Brasil”, acompanhado de dados sobre a defasagem salarial dos professores em relação a outras carreiras de nível superior e de comentários sobre a migração de licenciados para outras profissões. São citados dados estatísticos segundo os quais mais de 40% dos professores do ensino médio no Brasil trabalham em duas ou mais escolas, o que evidentemente prejudica seu compromisso com os projetos pedagógicos de cada instituição escolar. Nesse contexto, podemos mencionar um dado do Censo Escolar 2018 que não consta do referido Parecer, mas que é relevante: 40% dos professores das redes estaduais de ensino são temporários, o que contribui para a rotatividade de docentes nas escolas, desvalorização salarial, inexistência de carreira para esses profissionais e impossibilidade de construção de projetos pedagógicos consistentes.

Diante desses e de outros conhecidos problemas da educação brasileira (como a falta de infraestrutura básica nas escolas públicas, por exemplo), não deixa de ser curioso que um trecho do Parecer afirme: “a formação docente é o fator mais importante para a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem escolar dos estudantes.” Daí se justificaria a necessidade de novas Diretrizes, na peculiar lógica que orienta o Parecer.

Um dos aspectos que mais chama a atenção nas novas Diretrizes é seu caráter restritivo e impositivo, que contraria até mesmo o que seria um dos fundamentos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a saber, a possibilidade de os currículos se adequarem às diferentes realidades locais existentes no território brasileiro. O Parecer impõe uma distribuição única dos conteúdos curriculares e das horas de estágio ao longo dos quatro anos de curso, retirando das instituições de ensino superior a liberdade de organizarem seus currículos de acordo com projetos pedagógicos próprios e adequados à realidade de seus públicos.

Muitas outras críticas poderiam ser dirigidas a essas Diretrizes, como as que foram produzidas com muita propriedade pela ANPED (Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação) e por entidades como a Associação Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências (ABRAPEC), a Sociedade Brasileira de Ensino de Química (SBEnQ), a

Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), a Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio), entre muitas outras que se manifestaram contra essa reformulação da Resolução CNE/CP 02/2015.

A educação deve acompanhar a dinâmica da sociedade, e revisões curriculares periódicas são saudáveis e necessárias. O que não se pode concordar é que mudanças sejam feitas de maneira apressada e sem justificativas sólidas, ou motivadas por interesses outros que não os da maioria da população brasileira, de maneira a apenas desorganizar o sistema educacional.

Cumprindo com seus objetivos e dentro de suas possibilidades, *Química Nova na Escola* oferece neste número algumas contribuições positivas à formação docente na área de química, seja pela disseminação de resultados de pesquisas, seja pelo compartilhamento de experiências docentes. Nossa seção *Relatos de sala de aula* apresenta três artigos que oferecem exemplos bem sucedidos de inovações no ensino, abrangendo tendências atuais, como o uso da argumentação (no artigo “Atividade investigativa teórico-prática de Química para estimular o desenvolvimento de habilidades argumentativas e resolução de problemas”), a interdisciplinaridade (“O ambiente natural como recurso para promover um ensino interdisciplinar”) e a experimentação contextualizada (“Biogás na escola: laboratório sustentável e desenvolvimento crítico numa perspectiva CTS”). A experimentação auxiliando a reflexão sobre fontes de energia também está presente no artigo “Célula solar na escola: como construir uma célula solar sensibilizada por corantes naturais”. Além disso, outros artigos exploram as potencialidades de recursos como jogos multimídia e história da ciência (respectivamente, nos artigos “*Alternate reality game* [ARG]: breve histórico, definições e benefícios para os processos de ensino e aprendizagem da química” e “Humphry Davy e a natureza metálica do potássio e do sódio”) para o ensino. Questões da atualidade são objeto de investigação e podem motivar reflexões muito úteis para professores e alunos, nos artigos “A polêmica da fosfoetanolamina no ensino de química: articulações entre planejamento de ensino e a comunicação científica” e “Prêmio Nobel de Química de 2019 – laurea pelo desenvolvimento das baterias de íons lítio”. Outro exemplo de como resultados de pesquisa podem fornecer elementos para que os professores de química repensem o que ensinam e como ensinam pode ser encontrado no artigo “Tabela Periódica: concepções de estudantes ao longo do ensino médio”. Finalmente, a própria formação de professores é objeto de estudo em dois artigos: “A filosofia na formação de professores de química em Minas Gerais: o que se mostra nos componentes curriculares de licenciaturas em química?” e “Ser ou não ser professor: duas faces de uma graduação em Química”.

Que a leitura de mais esta edição sirva de inspiração e alento a todos os educadores em química do Brasil!

Paulo Alves Porto  
Salette Linhares Queiroz  
Editores de QNEsc



Foto: Claus Ableiter (Wikipedia)

## Prêmio Nobel de Química de 2019 Láurea pelo Desenvolvimento das Baterias de Íons Lítio

**Nerilso Bocchi, Sonia R. Biaggio e Romeu C. Rocha-Filho**

O Prêmio Nobel de Química de 2019 foi outorgado aos pesquisadores que desenvolveram as baterias de íons lítio. Neste artigo, além de se relatar breves biografias dos laureados, são explicadas as contribuições de cada um deles que levaram à comercialização dessas baterias a partir de 1991.

► Prêmio Nobel, baterias de íons lítio, baterias recarregáveis, compostos de intercalação ◀

Recebido em 01/11/2019, aceito em 05/11/2019

320

**N**este ano, o Prêmio Nobel de Química foi outorgado a pesquisadores que se dedicaram a investigar uma versão de bateria recarregável que revolucionou a comunicação e o trabalho em nossa sociedade, desde que ela foi introduzida pela primeira vez no mercado em 1991. Essa bateria, conhecida como *bateria de íons lítio*, fornece maior quantidade de energia se comparada às baterias já existentes e é, ao mesmo tempo, mais leve e miniaturizável, podendo ser utilizada tanto em equipamentos portáteis (celulares, computadores pessoais, equipamentos médicos, etc.) quanto em outros de maior escala, como, por exemplo, os carros elétricos.

Essa premiação ocorre em um momento em que muito se destaca, na mídia nacional e internacional, a importância de se diminuir a emissão de gases oriundos da combustão de derivados de petróleo para tentar controlar o aquecimento global. Nesse aspecto, as baterias recarregáveis são peças fundamentais para o fornecimento de energia limpa, de emissão zero (em princípio), para manter

Essa premiação ocorre em um momento em que muito se destaca, na mídia nacional e internacional, a importância de se diminuir a emissão de gases oriundos da combustão de derivados de petróleo para tentar controlar o aquecimento global.

nosso planeta mais saudável. Ao mesmo tempo, a energia limpa que é gerada por células solares e moinhos de vento pode ser armazenada pelas baterias de íons lítio.

Os laureados com o Prêmio Nobel de Química de 2019 foram os cientistas John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham e Akira Yoshino, que, nas décadas de 1970 e 1980, trouxeram inovações à tecnologia conhecida na época

para as baterias de lítio convencionais. Alguns detalhes sobre suas biografias são apresentados no Quadro 1.

### Baterias recarregáveis

O emprego dos termos pilha e bateria tem sido feito indistintamente para descrever sistemas eletroquímicos fechados que armazenam e liberam energia. Porém, a rigor, uma “pilha” é um dispositivo que é constituído unicamente de dois eletrodos (condutores de elétrons) separados por um eletrólito (condutor de íons) – as pilhas alcalinas comuns são exemplos disso. Em contrapartida, uma “bateria” refere-se a um conjunto de pilhas que podem ser agrupadas em série ou em paralelo, para um maior fornecimento de potencial ou de corrente, respectivamente (Bocchi *et al.*, 2000).

A seção “Atualidades em Química” procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária revisão de conceitos.

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Cockrell School of Engineering, The University of Texas at Austin</p> 	<p><b>John B. Goodenough</b>                  Nasceu em 1922, em Jena, na Alemanha, de pais americanos. Após se formar em Matemática (1944) pela Universidade de Yale, fez mestrado (1951) e doutorado (1952) na Universidade de Chicago. Em seguida, por 24 anos foi cientista pesquisador e líder de pesquisas no Laboratório Lincoln do Instituto de Tecnologia de Massachussets (MIT), no qual participou de uma equipe multidisciplinar que estabeleceu as bases para o desenvolvimento das memórias de acesso aleatório (RAM, do Inglês: <i>random access memory</i>), fundamentais para os computadores digitais. Nesse período, esteve envolvido com investigações sobre as propriedades de diferentes óxidos de metais de transição, o que seria importante em sua etapa profissional seguinte. Em 1976, aceitou um convite para se tornar professor e líder do Laboratório de Química Inorgânica na Universidade de Oxford, na Inglaterra. Foi aí que o seu grupo de pesquisa demonstrou que cerca de 50% dos íons lítio podiam ser extraídos/inseridos do/no cobaltato de lítio ou niquelato de lítio sem que suas estruturas se deformassem, sendo, portanto, excelentes candidatos a material do catodo de baterias de lítio. Em 1986, ao se aposentar da Universidade de Oxford, ele passou a ser professor nos departamentos de Engenharia Mecânica e de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia Cockrell da Universidade do Texas em Austin, onde continua ativo pesquisando materiais para baterias. Ao ser laureado com o Prêmio Nobel de Química de 2019, aos 97 anos de idade, tornou-se a pessoa mais idosa a receber um prêmio Nobel. Anteriormente, recebeu inúmeros outros prêmios e honrarias, sendo membro da Academia Nacional de Engenharia dos EUA, desde 1976, por “conceber materiais para componentes eletrônicos e explicar as relações entre propriedades, estrutura e química”, e da Academia Nacional de Ciências daquele país desde 2012.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Binghamton University/State University of New York</p> 	<p><b>M. Stanley Whittingham</b>                  Nasceu em 1941, em Nottingham, Inglaterra. Formou-se em Química (1964) na Universidade de Oxford, onde também fez o mestrado (1967) e o doutorado (1968). Em seguida, de 1968 a 1972, esteve envolvido em pesquisas na área de eletroquímica do estado sólido na Universidade de Stanford. De 1972 a 1984, Whittingham foi cientista pesquisador da empresa Exxon, na qual, na década de 1970, foi pioneiro em investigações sobre o uso de compostos de intercalação como material de catodo para baterias de lítio. Após ser diretor da área de ciências físicas da Schlumberger, a maior empresa prestadora de serviços em campos petrolíferos, em 1984 passou a ser professor de Química, Ciência dos Materiais e Engenharia na Universidade Estadual de Nova Iorque em Binghamton, comumente referida como Universidade de Binghamton. Nessa instituição é o diretor do Centro do Nordeste para Armazenamento Químico de Energia, um centro de pesquisas de fronteira em energia financiado pelo Departamento de Energia do governo dos EUA. Nele, continua liderando, entre outras, pesquisas sobre materiais de intercalação para baterias, com foco em reações de intercalação multieletrônicas que possam aumentar significativamente a capacidade específica ao viabilizar a inserção de vários íons lítio (por exemplo, <math>\text{LiVOPO}_4/\text{VOPO}_4</math>, em que o estado de oxidação do vanádio pode variar na faixa de <math>\text{V}^{3+}</math> a <math>\text{V}^{5+}</math>). Recebeu diversos prêmios e honrarias, sendo membro da Academia Nacional de Engenharia dos EUA desde 2108 “por ter sido pioneiro na aplicação de materiais de intercalação como materiais de armazenamento de energia”.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">©2019 Asahi Kasei Corporation</p> 	<p><b>Akira Yoshino</b>                  Nasceu em 1948, em Suita, Japão. Formou-se em Engenharia (1970) na Universidade de Kyoto, onde também fez o mestrado em Engenharia (1972). Só obteve o seu título de doutor em Engenharia em 2005, na Universidade de Osaka. Ainda em 1972, passou a fazer parte do grupo de pesquisadores da empresa Asahi Kasei, na qual ocupou diversas posições e, desde abril de 2010, é o presidente do Centro de Avaliação e Tecnologia de Baterias de Íons Lítio (LIBTEC), sendo confrade (<i>fellow</i>) honorário da empresa, desde outubro de 2017. Na década de 1980, liderou investigações para criar uma nova bateria recarregável e prática com eletrólito não aquoso, o que levou à concepção da bateria de íons lítio, culminando em um protótipo funcional em 1986, com material de intercalação de carbono (coque) no anodo. Yoshino é professor da Escola de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Universidade Meijo, desde julho de 2017, e mais recentemente (desde junho de 2019) tornou-se professor visitante do Centro de Pesquisa e Educação para Tecnologias Verdes da Universidade Kyushu. Recebeu diversos prêmios e honrarias no Japão e no exterior. Após ser laureado com o prêmio Nobel, suas contribuições à ciência e tecnologia foram reconhecidas novamente com sua admissão à Ordem da Cultura, honraria conferida pelo imperador japonês.</p>

Quando os terminais dos eletrodos de uma pilha ou bateria são conectados a um aparelho elétrico, uma corrente flui pelo circuito externo (vide Figura 1), pois o material de um dos eletrodos (**anodo** ou eletrodo negativo) oxida-se espontaneamente liberando elétrons, enquanto o material do outro eletrodo (**catodo** ou eletrodo positivo) reduz-se espontaneamente utilizando esses elétrons. Um material microporoso, embebido no eletrólito, é utilizado como separador para impedir que ocorra curto-circuito entre os eletrodos.

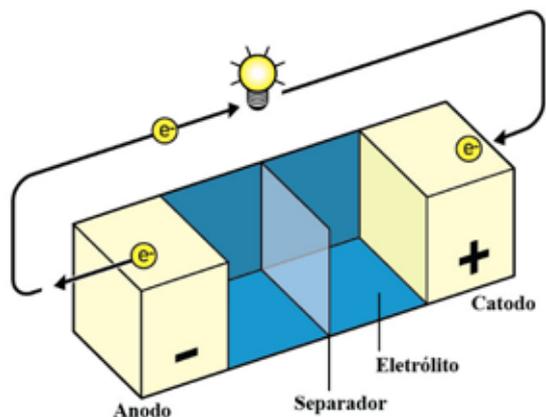


Figura 1: Elementos que definem uma pilha ou bateria em regime espontâneo de descarga: anodo ou eletrodo negativo; catodo ou eletrodo positivo; eletrólito; separador microporoso; circuito externo que permite a utilização do fluxo de elétrons. (Adaptação de figura de ©Johan Jarnestad/Academial Real Sueca de Ciências, 2019).

Baterias recarregáveis são aquelas que podem ser reutilizadas muitas vezes pelos usuários. Isso é possível quando os processos de oxidação e redução que ocorrem nos eletrodos são reversíveis. Como regra geral, como ressaltado por Bocchi *et al.* (2000), uma bateria pode ser considerada recarregável quando é capaz de suportar no mínimo 300 ciclos completos de carregamento e descarregamento, com pelo menos 80 % da sua capacidade de armazenamento de carga elétrica inicial. Em nosso cotidiano, como exemplos mais comuns temos as baterias recarregáveis de chumbo/óxido de chumbo (chumbo/ácido, comumente usada nos automóveis de motor a combustão), de hidreto metálico/óxido de níquel, de sódio/enxofre, de íons lítio, etc.

Essas baterias apresentam diferentes capacidades de armazenamento e fornecimento de carga/energia elétrica (para contextualização, lembre que a carga de um mol de elétrons é  $\sim 96,5$  kC). Por exemplo, considerando 1 kg do dispositivo, as atuais baterias chumbo/ácido comerciais podem fornecer até 25 A h (90 kC) de carga elétrica e 50 W h (180 kJ) de energia, enquanto que esses valores chegam a 62,5 A h (225 kC) e 250 W h (900 kJ), respectivamente, para as baterias de íons lítio. Vale lembrar que a *energia específica* ( $\text{W h kg}^{-1}$ ) de um dispositivo eletroquímico é dada pelo produto da *carga elétrica específica*,

**Baterias recarregáveis são aquelas que podem ser reutilizadas muitas vezes pelos usuários. Isso é possível quando os processos de oxidação e redução que ocorrem nos eletrodos são reversíveis.**

mais frequentemente denominada de *capacidade específica* ( $\text{A h kg}^{-1}$ ), pelo *potencial de célula médio* (V), cujos valores são 2,0 V e 4,0 V para as baterias chumbo/ácido e de íons lítio, respectivamente.

Um breve histórico sobre como surgiram as baterias de íons lítio, o princípio de seu funcionamento e a evolução em tecnologia para garantir maior fornecimento de energia, segurança ao usuário e ao meio ambiente é feito a seguir.

### Baterias de lítio e de íons lítio

Em meados do século XX, as limitações das baterias então utilizadas inspiraram a busca por outras configurações que pudessem fornecer maiores valores de capacidade específica e de energia específica e, assim, o lítio tornou-se um alvo importante. Isso porque esse metal apresenta excelentes propriedades para aplicação como um dos eletrodos de bateria: é o mais leve dos metais (densidade  $0,53 \text{ g cm}^{-3}$ ) e seu potencial de eletrodo padrão é bastante negativo ( $-3,05 \text{ V vs. EPH}$  – eletrodo padrão de hidrogênio), o que o tornou atraente para ser empregado como anodo em baterias com altos valores de potencial de célula e energia específica. Entretanto, o lítio metálico é muito reativo, não podendo estar em contato com a água ou com o ar. Consequentemente, eletrólitos não aquosos tiveram que ser desenvolvidos.

O princípio de funcionamento das **baterias recarregáveis de lítio** envolve, durante seu descarregamento/carregamento, processos de inserção/extração de íons lítio para/de uma matriz hospedeira (material de eletrodo), também denominada de composto de intercalação (ou inserção). Esse processo de inserção/extração de íons lítio, acompanhado por um fluxo de íons lítio através do eletrólito, decorre de uma reação de redução/oxidação da matriz hospedeira com consumo/liberação de elétrons de/para um circuito externo. Esse conceito foi primeiramente demonstrado por Whittingham, em 1976, para uma bateria recarregável de lítio constituída por um catodo de dissulfeto de titânio ( $\text{TiS}_2$ ), um anodo de lítio metálico (Li) e um eletrólito não aquoso (Whittingham, 1976). A Figura 2 apresenta um esquema dessa primeira versão de uma bateria recarregável de lítio.

O dissulfeto de titânio é um composto de intercalação, já que apresenta estrutura lamelar. Durante o descarregamento (espontâneo) da bateria proposta por Whittingham, ocorre a reação de redução de íons  $\text{Ti}^{4+}$  para  $\text{Ti}^{3+}$  e, consequentemente, íons lítio ( $\text{Li}^+$ ) são inseridos entre as camadas de sulfeto na estrutura do composto para a devida compensação de carga elétrica no material. Durante o carregamento (não espontâneo), ocorre o processo inverso, isto é, a reação de oxidação de íons  $\text{Ti}^{3+}$  para  $\text{Ti}^{4+}$  com a consequente extração de íons lítio da estrutura do  $\text{TiS}_2$ . A manutenção da estrutura lamelar do  $\text{TiS}_2$  intata ao longo de vários ciclos de carregamento/descarregamento garante a reversibilidade deste processo. O potencial de célula dessa primeira bateria

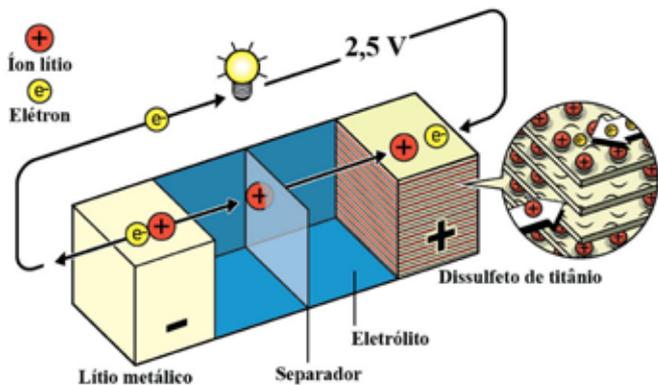


Figura 2: Representação esquemática da bateria de lítio proposta por Whittingham, em 1976, na qual o anodo era lítio metálico, o catodo um monocristal de dissulfeto de titânio (um composto de intercalação), e o eletrólito uma solução de hexafluorofosfato de lítio ( $\text{LiPF}_6$ ) em carbonato de propileno. (Adaptação de figura de ©Johan Jarnestad/Academial Real Sueca de Ciências, 2019).

de lítio proposta por Whittingham, dado pela diferença entre os potenciais de eletrodo dos materiais usados como catodo ( $\text{TiS}_2$ ) e anodo (Li), era da ordem de 2,5 V.

Com a demonstração do conceito de bateria recarregável de lítio usando  $\text{TiS}_2$  como catodo, diversos outros sulfetos, selenetos e teluretos foram investigados como material de catodo, ainda na década de 1970, como revisado por Whittingham e Jacobson (1982). Entretanto, a grande maioria desses materiais apresentou valor de potencial de célula

menor que 2,5 V em relação ao anodo de Li em solução não aquosa contendo íons  $\text{Li}^+$ . Consequentemente, com o intuito de aumentar a energia específica fornecida por uma bateria de lítio, ou seja, maiores valores de potencial de célula e capacidade específica, diversos pesquisadores, dentre eles Goodenough, estudaram alguns óxidos como material de catodo no início da década de 1980 (Goodenough *et al.*, 1980), e mais extensivamente na década de 1990. Com isso, foram propostas diversas matrizes hospedeiras de óxidos de metais de transição (geralmente com estados de oxidação variados) com estruturas bi e tridimensionais que também permitem a intercalação de íons lítio. Valores de potencial de célula de até cerca de 5 V em relação ao  $\text{Li}/\text{Li}^+$  foram obtidos, como ilustrado na Figura 3. Dela, por exemplo, pode-se inferir que o cobaltato de lítio,  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$ , originalmente sugerido como possível material de catodo pelo grupo de Goodenough (Mizushima *et al.*, 1980), pode apresentar um potencial de célula de até cerca de 4,5 V e capacidade específica próxima de  $150 \text{ A h kg}^{-1}$ .

Apesar das baterias recarregáveis de lítio fornecerem altos valores de capacidade específica ao se usar óxidos metálicos como material do catodo, a sua comercialização apresentou problemas devido ao anodo de lítio metálico. Dada a reatividade química desse metal, depósitos não uniformes (dendríticos) de lítio tendem a ser formados durante o carregamento da bateria. Tais depósitos podem provocar o fim da vida da bateria por curto-circuito (dendritos do

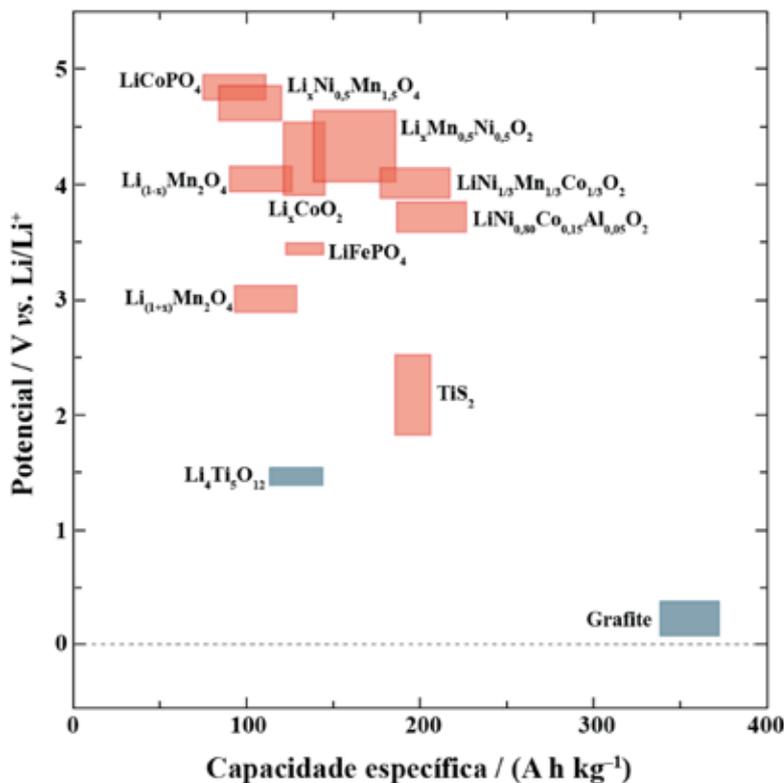


Figura 3: Ilustração esquemática de diferentes materiais de eletrodo em termos de potencial de célula e capacidade específica, que podem ser usados na montagem de baterias de lítio ou de íons lítio: mais positivos (em vermelho) para catodo, e menos positivos (em azul) para anodo. Para melhor clareza da ilustração, nela não foram incluídos o lítio metálico e o coque litiado ( $\text{Li}_x\text{C}$ ) por apresentarem altos valores de capacidade específica ( $3861 \text{ A h kg}^{-1}$  e  $600 \text{ A h kg}^{-1}$ , respectivamente); os valores de potencial de célula desses materiais são 0 V e  $\sim 0,4 \text{ V}$  vs.  $\text{Li}/\text{Li}^+$ . (Adaptação de figura do artigo de Goodenough e Kim, 1980).

depósito atingem o catodo), bem como sérios problemas de segurança devido ao demasiado aquecimento local e a possibilidade de ocorrerem incêndios (Academia Real Sueca de Ciências, 2019).

Essas dificuldades associadas à utilização de lítio metálico como anodo impulsionaram o desenvolvimento das **baterias recarregáveis de íons lítio**, constituídas por compostos de intercalação tanto para o material de catodo como para o material de anodo. Além disso, na década de 1980, a busca pela indústria de eletroeletrônicos no Japão por baterias mais leves e recarregáveis motivou as pesquisas sobre materiais carbonáceos para o anodo.

Nessa época, quando Akira Yoshino pensou em produzir uma bateria recarregável funcional, utilizou  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$  como catodo e testou vários materiais de carbono como anodo. Sabia-se que íons  $\text{Li}^+$  poderiam ser intercalados nas camadas moleculares da grafite, mas esta se mostrou instável no eletrólito da bateria (a intercalação concomitante de espécies do eletrólito levava à esfoliação e destruição dos anodos de grafite). Nesse contexto, o grande

As dificuldades associadas à utilização de lítio metálico como anodo impulsionaram o desenvolvimento das baterias recarregáveis de íons lítio, constituídas por compostos de intercalação tanto para o material de catodo como para o material de anodo.

avanzo proposto por Yoshino e colaboradores ocorreu em 1985, quando reduziram eletroquimicamente uma amostra de coque (comumente, um subproduto da indústria de petróleo) e os íons lítio foram atraídos para dentro do material. Na sequência, ao usar o coque litiado como anodo da bateria, os elétrons e os íons lítio fluíram espontaneamente em direção ao óxido de cobalto no catodo, dando origem assim a uma bateria leve, estável, com alta capacidade específica e com um potencial de célula de incríveis 4 V (Yoshino et al., 1985). Os domínios cristalinos do coque teriam sido protegidos da esfoliação pelas regiões amorfas no seu entorno e, assim, os

íons lítio puderam ser intercalados de maneira repetitiva e eficiente no material.

Alguns anos depois, descobriu-se que a grafite também poderia ser utilizada como material de anodo, desde que combinada com um eletrólito adequado (Fong *et al.*, 1990). Ao empregar solventes contendo carbonato de etileno, uma interfase de eletrólito sólido (SEI, do Inglês: *solid electrolyte interphase*) era formada na superfície do anodo de grafite durante os primeiros ciclos de carregamento/descarregamento, a qual passava a proteger o material de carbono da esfoliação e consequente decomposição. Essa descoberta foi rapidamente adotada pela comunidade e, conseqüentemente, uma nova geração de baterias de íons lítio foi desenvolvida, baseada na grafite como material de anodo (baterias com potencial de célula de 4,2 V e energia específica de aproximadamente  $150 \text{ W h kg}^{-1}$ ).

A primeira bateria de íons lítio comercial foi lançada pela Sony em 1991, tendo o cobaltato de lítio ( $\text{Li}_x\text{CoO}_2$ ) como material de catodo e grafite litiada ( $\text{Li}_y\text{C}$ ) como material de anodo. Essa

estratégia exigiu escolhas cuidadosas de pares de materiais de catodo e anodo da bateria, a fim de se obter um potencial de célula de pelo menos 3 V e uma razoável energia específica, sem aumentar indevidamente sua massa ou seu volume (Manthiram, 2009). Dentre os diversos compostos de intercalação, o cobaltato de lítio ( $\text{Li}_x\text{CoO}_2$ ), o niquelato de lítio ( $\text{Li}_x\text{NiO}_2$ ), o manganato de lítio ( $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ ), ou combinações destes últimos, bem como o fosfato de lítio e ferro ( $\text{Li}_x\text{FePO}_4$ ), com potenciais de célula no intervalo de 3 a 5 V vs.  $\text{Li}/\text{Li}^+$  (vide Figura 3), são os mais comumente empregados como material de catodo.

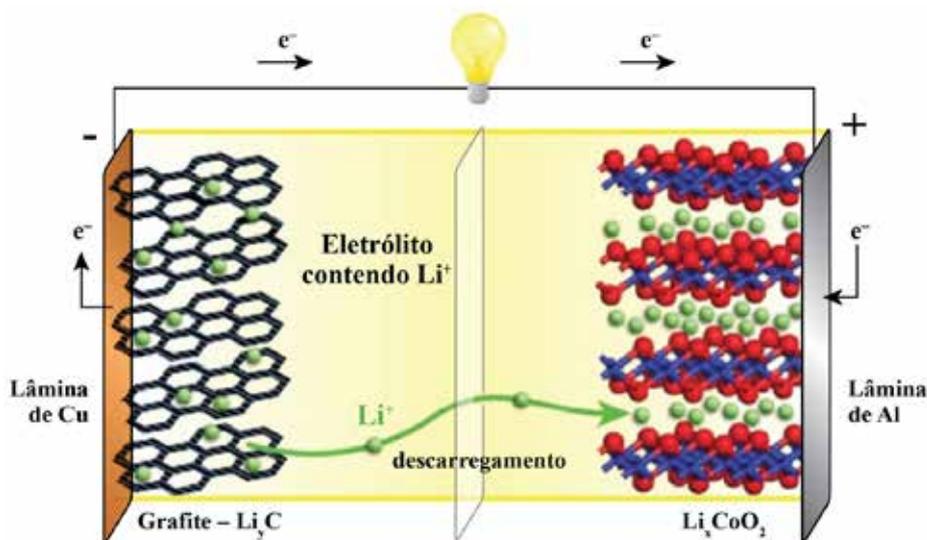
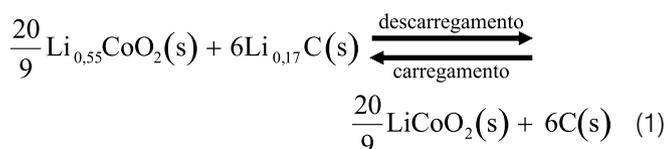


Figura 4: Representação esquemática do processo de descarregamento em uma bateria recarregável de íons lítio que emprega compostos de intercalação como materiais de catodo ( $\text{Li}_x\text{CoO}_2$ , onde  $x = 0,55$ ) e anodo (grafite –  $\text{Li}_y\text{C}$ , onde  $y = 0,17$ ) – veja a Equação 1. Eletrólito: comumente o hexafluorofosfato de lítio ( $\text{LiPF}_6$ ) dissolvido em uma concentração de  $1 \text{ mol L}^{-1}$  numa mistura 1:1 (V/V) dos solventes orgânicos carbonato de etileno e carbonato de dimetila. (Adaptação de figura do artigo de Bruce, 2008).

Por outro lado, a grafite e o coque, com baixa densidade e potencial menor que 0,5 V vs. Li/Li<sup>+</sup>, têm sido os materiais mais utilizados como anodo em baterias de íons lítio, como ilustrado na Figura 4. Nesse caso, durante o processo de descarregamento da bateria (processo espontâneo), os íons lítio migram do anodo de grafite litiada (Li<sub>x</sub>C) para o catodo de cobaltato de lítio (Li<sub>x</sub>CoO<sub>2</sub>) através do eletrólito, e os elétrons fluem através do circuito externo. Sendo o material de catodo relativamente estável no eletrólito, essa bateria de íons lítio apresenta um número alto de ciclos repetitivos de carregamento e descarregamento (em torno de 1000 ciclos), com boa manutenção da capacidade específica inicial. A equação química que representa a reação global dessa bateria de íons lítio é (Oldham *et al.*, 2012):



### Considerações finais

Não há dúvida que o empenho nas pesquisas sobre os materiais de intercalação para o catodo (lideradas por Whittingham e Goodenough) e sobre os materiais carbonáceos com intercalação de íons Li<sup>+</sup> para o anodo (lideradas por Yoshino) viabilizou o lançamento comercial das baterias de íons lítio em 1991. O imediato sucesso dessas baterias e posteriores melhorias levaram a sua grande utilização nos dias atuais, trazendo um enorme impacto em nosso mundo e modo de vida, pois estão onipresentes em dispositivos móveis sem fio (celulares, notebooks, etc.). Além disso, estão em veículos elétricos com crescentes autonomias, veículos híbridos, patinetes e ferramentas elétricas, sistemas de armazenamento de energia a bateria (para nivelamento de demanda de energia elétrica ou armazenamento de energia gerada fora de horários de pico), etc.

Entretanto, cabe lembrar que, além de características intrínsecas dos compostos de intercalação usados como materiais de eletrodos, outros quesitos são igualmente importantes para a concepção de uma bateria recarregável de íons lítio de alto desempenho e longa vida útil. Dentre esses quesitos destaca-se o eletrólito empregado nessas baterias. Ele deve apresentar alta condutividade para os

íons lítio e ser isolante eletrônico, a fim de evitar curto-circuito interno. Também deve ter estabilidade química, não reagir com os materiais de eletrodo e os seus riscos de aquecimento e explosão serem mínimos (Manthiram, 2009). Nas últimas décadas, as pesquisas sobre possíveis eletrólitos apresentaram bastante progresso, buscando-se sempre alternativas para melhorar a segurança dos usuários das baterias de íons lítio. Nesse sentido, eletrólitos alternativos têm sido propostos, tais como poliméricos sólidos, poliméricos géis, sólidos inorgânicos, líquidos iônicos e soluções aquosas superconcentradas.

Com relação aos materiais dos eletrodos, especial atenção tem sido dada aos materiais nanoestruturados, já que fornecem maior área superficial com caminhos mais curtos para os transportes eletrônico e iônico e, consequentemente, a possibilidade de reações mais rápidas. Com isso, espera-se que muitas outras descobertas importantes em tecnologia de baterias estejam por vir. Ademais, a engenharia envolvida na concepção e fabricação da bateria tem um papel crítico para o seu desempenho global. Por fim, os custos de matéria prima e fabricação, a segurança dos usuários, os aspectos ambientais e de reciclagem também são fatores importantes tanto para a escolha de materiais quanto para a concepção da bateria.

Sem dúvida alguma, as baterias de íons lítio estabeleceram um marco para a consolidação de uma sociedade altamente conectada (sem fio) e cada vez mais livre dos combustíveis fósseis, o que poderá trazer um imenso benefício para a humanidade e para o planeta.

### Agradecimentos

Agradece-se o apoio da CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (código de financiamento 001), CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, e FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, por meio de bolsas e auxílios concedidos.

**Nerilso Bocchi** (bocchi@ufscar.br), **Sônia R. Biaggio** (biaggio@ufscar.br) e **Romeu C. Rocha-Filho** (romeu@ufscar.br), licenciados em Química pela UFSCar, mestres em Físico-Química e doutores em Ciências (Físico-Química) pela USP, são docentes do Departamento de Química da UFSCar, onde são membros do Laboratório de Pesquisas em Eletroquímica (www.ufscar.br/lape). São Carlos, SP – BR.

### Referências

ACADEMIA REAL SUECA DE CIÊNCIAS. Scientific background: lithium-ion batteries. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2019. Disponível em <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/advanced-information>, acessada em outubro de 2019.

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C. e BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*, v. 11, p. 3-9, 2000.

BRUCE, P. G. Energy storage beyond the horizon: rechargeable

lithium batteries. *Solid State Ionics*, v. 179, n. 21-26, p. 752-760, 2008.

FONG, R.; SACKEN, U. VON e DAHN, J. R. Studies of lithium intercalation into carbons using nonaqueous electrochemical cells. *Journal of the Electrochemical Society*, v. 137, n. 7, p. 2009-2013, 1990.

GOODENOUGH, J. B. e KIM, Y. Challenges for rechargeable Li batteries. *Chemistry of Materials*, v. 22, n. 3, p. 587-603, 2010.

GOODENOUGH, J. B.; MIZUSHIMA, K. e TAKEDA, T. Solid-solution oxides for storage-battery electrodes. *Japanese Journal of Applied Physics*, v. 19, n. 19-3, p. 305-313, 1980.

MANTHIRAM, A. Materials aspects: an overview. In: *Lithium Batteries Science and Technology*. NAZRI G.A e PISTOIA, G. Eds., Nova Iorque, Springer, 2009. p. 1-41.

MIZUSHIMA, K.; JONES, P. C.; WISEMAN, P. J.; GOODENOUGH, J. B.  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$  ( $0 < x < 1$ ): a new cathode material for batteries of high energy density. *Materials Research Bulletin*, v. 15, n. 6, p. 783-789, 1980.

OLDHAM, K. B.; MYLAND, J. C. e BOND, A. M. *Electrochemical Science and Technology – Fundamentals and Applications*. Chichester: Wiley, 2012. p. 97-99.

WHITTINGHAM, M. S. Electrical energy storage and intercalation chemistry. *Science*, v. 192, n. 4244, p. 1126-1127, 1976.

WHITTINGHAM, M. S. e JACOBSON, A. J. *Intercalation Chemistry*. Nova Iorque: Academic Press, 1982.

YOSHINO, A.; SANECHIKA, K. e NAKAJIMA, T. *Secondary Battery*. Patente japonesa n. 1989293 / Patente americana n. 4668595, 1985.

### Para saber mais

ACADEMIA REAL SUECA DE CIÊNCIAS. *They developed the world's most powerful battery*. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2019. Disponível em <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/popular-information>, acessada em outubro de 2019.

BOCCHI, N.; ROCHA-FILHO, R. C. e BIAGGIO, S. R. Veículos elétricos: perspectivas de uso de baterias de íons lítio. IN: VELLOSO, J. P. R. (Org.). *Estratégia de Implantação do Carro Elétrico no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Altos Estudos, INAE - Forum Nacional, 2010, v. 1, p. 158-180. Disponível em <http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras/estudos/veloso1.pdf>, acessada em outubro de 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. *Seminário Sobre Acumuladores de Energia* (3 e 4 de outubro de 2018). Apresentações diversas, algumas específicas sobre as baterias de íons lítio. Disponíveis em <https://www.defesa.gov.br/ciencia-e-tecnologia/semin%C3%A1rio-acumuladores-de-energia>, acessada em outubro de 2019.

BUSNARDO, N. G.; PAULINO, J. F. e AFONSO, J. F. Recuperação de cobalto e de lítio de baterias íon-lítio usadas. *Química Nova*, v. 30, n. 4, p. 995-1000, 2007.

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. *III Seminário Sobre Lítio-Brasil: Desafios para o Desenvolvimento da Cadeia de Lítio no País*. Apresentações diversas, algumas específicas sobre as baterias de íons lítio. Disponíveis em <https://www.cetem.gov.br/iii-seminario-litio-brasil>, acessada em outubro de 2019.

GOODENOUGH, J. B. How we made the Li-ion rechargeable battery. *Nature Electronics*, v. 1, n. 1, p. 587-603, 2010.

PERES, B. A. e BERTUOL, D. A. Reciclagem de baterias de íons de lítio de aparelhos celulares: recuperação do solvente orgânico do eletrólito através da adsorção em carvão ativado. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental REGET/UFES*, v. 5, n. 5, p. 850-856, 2012.

PESQUERO, N. C.; BUENO, P. R.; VARELA, J. A.; LONGO, E. Materiais cerâmicos de inserção aplicados a baterias de íons lítio. *Cerâmica*, v. 54, n. 330, p. 233-244, 2008.

ROCCO, A. M. Carros elétricos e as baterias de íon-lítio: estado atual de desenvolvimento e perspectivas tecnológicas. IN: VELLOSO, J. P. R. (Org.). *Estratégia de Implantação do Carro Elétrico no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Altos Estudos, INAE - Forum Nacional, 2010, v. 1, p. 192-213. Disponível em <http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras/estudos/veloso1.pdf>, acessada em outubro de 2019.

SANTOS, C. A. L. Baterias de íons lítio para veículos elétricos. *Revista IPT | Tecnologia e Inovação*. v. 2, n. 9, p. 62-82, 2018. Disponível em <http://revista.ipt.br/index.php/revistaIPT/article/download/71/81>, acessada em outubro de 2019.

SILVA, R. G.; AFONSO, J. C. e MAHLER, C. F. Lixiviação ácida de baterias íon-lítio. *Química Nova*, v. 41, n. 5, 581-586, 2018.

TORRESI, R. M. Projeto de carro elétrico, à base de baterias de íon-lítio – Uma fonte de energia eficiente e renovável para veículos elétricos. IN: VELLOSO, J. P. R. (Org.). *Estratégia de Implantação do Carro Elétrico no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Altos Estudos, INAE - Forum Nacional, 2010, v. 1, p. 143-157. Disponível em <http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras/estudos/veloso1.pdf>, acessada em outubro de 2019.

VARELA, H.; HUGUENIN, F.; MALTA, M. e TORRESI, R. M. Materiais para cátodos de baterias secundárias de lítio. *Química Nova*, v. 25, n. 2, p. 287-199, 2002. Disponível em [http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol25No2\\_287\\_16.pdf](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol25No2_287_16.pdf), acessada em outubro de 2019.

WHITTINGHAM, M. S. History, evolution, and future status of energy storage. *Proceedings of the IEEE*, v. 100, n. especial do centenário, p. 1518-1534, 2012.

YOSHINO, A. The birth of the lithium-ion battery. *Angewandte Chemie, International Edition in English*, v. 51, n. 54, p. 5798-5800, 2012.

### Na Internet

<https://batteryuniversity.com>

**Abstract:** *The Nobel Prize in Chemistry 2019 – Laurel for the Development of Lithium-Ion Batteries*. The Nobel Prize in Chemistry 2019 was awarded to the researchers who developed lithium-ion batteries. In this paper, besides reporting brief biographies of the laureates, the contributions of each one of them that led to the commercialization of these batteries starting in 1991 are explained.

**Keywords:** Nobel prize, lithium-ion batteries, rechargeable batteries, intercalation compounds.

# A Polêmica da Fosfoetanolamina no Ensino de Química: Articulações entre o Planejamento de Ensino e a Comunicação Científica

**Marcelo Giordan, Gabriel Saraiva Gomes, Isabela Lima Aufran Dourado e  
João Gabriel Farias Romeu**

Uma das principais preocupações concernentes ao ensino de Química é que os alunos compreendam seus processos e produtos bem como as formas de comunicação utilizadas para divulgá-los à população. Assim, compreender e problematizar o papel dos meios de comunicação quando do estudo de temas sociocientíficos é uma atividade que pode ser considerada na estruturação de planos de ensino. O presente artigo toma a polêmica da liberação da fosfoetanolamina para tratamento do câncer no Brasil no ano de 2016 como tema de interface entre interesses científicos e sociais para suscitar discussões sobre como aspectos da comunicação científica podem ser articulados ao planejamento de ensino de forma a contemplar os objetivos de problematizá-la e a fomentar o pensamento crítico em sala de aula.

► fosfoetanolamina, comunicação científica, planejamento de ensino ◀

Recebido em 12/12/2018, aceito em 14/04/2019

327

## A Abordagem Sociocientífica no Planejamento de Ensino

Um dos objetivos para o ensino de Ciências é a compreensão de sua natureza e de seus meios de divulgação. Assim, além da ação docente para a efetivação e implementação de tal objetivo, torna-se esse também objeto de pesquisa e tema para a formação inicial e continuada de professores. Uma possível forma de aliar a pesquisa em educação científica aos processos formativos é o estudo do planejamento de ensino e sua organização. Assumindo-se que, ao longo de sua formação, os docentes aprendem a unir a capacidade de pesquisa à capacidade de organizar o ensino, podemos afirmar que esse elemento articulador se constitui como importante ferramenta de aprimoramento e reflexão da ação docente (Guimarães e Giordan, 2011).

A partir dessa proposição é necessário pensar em modelos de planejamento de ensino nos quais seja possível inserir a dimensão discursiva da produção científica de

**Uma possível forma de aliar a pesquisa em educação científica aos processos formativos é o estudo do planejamento de ensino e sua organização.**

modo a considerar a compreensão e problematização sobre seus meios de divulgação. Giordan (2013) propõe, então, o Modelo Topológico de Ensino (MTE) como um modelo de organização do ensino pautado em três eixos estruturantes: atividade, conceito e tema sociocientífico. Por esse modelo,

as atividades de ensino são tomadas como unidades estruturadoras do planejamento nas quais os estudantes operam com os conceitos como ferramentas culturais de mediação a fim de compreender um tema sociocientífico, a partir

do qual se constrói uma problemática capaz de articulá-las. Nelas, são desenvolvidos os conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais relacionados à compreensão do tema e à proposição de soluções para o problema construído pelo professor. Nesse sentido, a divulgação científica ocupa lugar de destaque na elaboração dos planos de ensino, exatamente por contribuir para a elaboração de um problema circunstanciado ao tema sociocientífico. Dessa forma, podemos afirmar que levar temas sociocientíficos para a sala de aula permite satisfazer as condições de organização de ensino por meio de diversas atividades propostas com base no MTE, bem como incorporar às aulas os objetivos de problematização da natureza da Ciência e suas formas de comunicação.

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.

Pérez e Carvalho (2012, p. 729) caracterizam os temas sociocientíficos como aqueles que “abrangem controvérsias sobre assuntos que estão relacionados com conhecimentos científicos da atualidade e que, portanto, em termos gerais, são abordados nos meios de comunicação de massa (rádio, TV, jornal e internet)”. Ratcliffe e Grace (2003) acrescentam a essa definição o fato de que é justamente a veiculação de tais questões na mídia direcionada à grande população que faz com que estas questões adquiram o seu caráter controverso, visto que se trata, na maioria das vezes, de aspectos cujo desenvolvimento se encontra incompleto. Assim, a falta de informações e evidências concretas sobre o tema leva à divisão de opiniões pelo público leigo.

Uma controvérsia de grande relevância no ano de 2016 e que dividiu a sociedade foi a liberação da fosfoetanolamina, princípio ativo da denominada “Pílula do Câncer”, para a utilização pela população acometida pela doença, sem o devido aval do órgão responsável pela regulamentação e aprovação da distribuição de medicamentos no Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). O aspecto controverso da utilização da fosfoetanolamina se deu, então, pela ampla divulgação, tanto nas redes sociais quanto nos meios de comunicação, de relatos de pacientes que fizeram uso da droga. Portanto, utilizar esse caso como proposta de ensino para discutir as características da comunicação científica em sala de aula é de grande valia para a educação científica dos futuros cidadãos.

O presente artigo tem por objetivo geral apresentar e discutir como a polêmica da fosfoetanolamina pode ser levada à sala de aula como tema sociocientífico, a partir de um processo sistematizado de planejamento de ensino, no intuito de suscitar discussões acerca do funcionamento da Ciência e da sua relação com interesses políticos, sociais e econômicos. Especificamente, almejamos discutir como diferentes meios de comunicação (revistas, textos de divulgação científica, artigos de periódicos científicos) podem ser inseridos em sequências didáticas para que os alunos reconheçam as diferenças entre eles, em termos de gêneros textuais, audiência e profundidade na abordagem do tema, e desenvolvam critérios para reconhecer e selecionar os veículos de comunicação adequados ao consumo crítico de informação. Para tanto, inicialmente, apresentaremos a polêmica da fosfoetanolamina e posteriormente a sequência didática (SD) intitulada “A Pílula do Câncer Desmitificada: Entre a Mídia e a Ciência”, desenvolvida segundo os pressupostos teóricos do MTE e aplicada por um grupo de estudantes do curso de Licenciatura em Química da Universidade de São Paulo na disciplina de Metodologia de Ensino de Química ao longo do ano letivo de 2016, com foco nos aspectos de comunicação científica e de

construção de planos de ensino articulados por problemas sociocientíficos.

## A Polêmica da Fosfoetanolamina

A cura do câncer é um dos grandes desafios da medicina atual: estimativas do Instituto Nacional do Câncer apontavam que a doença afetaria aproximadamente 600 mil brasileiros para o biênio 2016-2017 (Instituto Nacional do Câncer, 2015). Infelizmente, perspectivas para cura definitiva da doença ainda não são um tema resolvido e completamente desenvolvido pela comunidade médica. O anseio por uma alternativa rápida e eficiente de cura para pacientes oncológicos é, então, amplamente compartilhado por pessoas acometidas pela doença, familiares e pelos próprios médicos. Assim, a promessa de cura oferecida pelo uso de novas substâncias ganha destaque quando um novo candidato a droga anti-câncer é desenvolvido. Em nosso país, tal aspecto pôde ser presenciado, sobretudo, no ano de 2016, quando a veiculação de notícias sobre a suposta eficácia da fosfoetanolamina como trata-

mento para o câncer tomou conta de diferentes meios de comunicação.

A fosfoetanolamina é uma substância orgânica produzida por mamíferos de forma natural e presente como metabólito no organismo, sendo que estudos canadenses realizados já na década de 1930 mostraram que a substância foi isolada pela primeira vez de tumores malignos bovinos (Outhouse, 1936). No âmbito nacional, ao realizar experimentos sobre complexação de íons metálicos, o professor Gilberto Chierice, do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo (IQSC/USP), teve sua atenção tomada pelos estudos que ligavam a substância ao câncer e, na década de 1990, passou a sintetizá-la em seu laboratório. Em 1995, Chierice efetivou um convênio com o Hospital Amaral Carvalho (Jaú, SP), onde distribuía pílulas com a substância para pacientes oncológicos sem o devido aval de um órgão regulatório. Em sua defesa, Chierice afirma que o acordo com o hospital foi firmado antes da criação da Anvisa. O hospital nega qualquer convênio supostamente firmado com o laboratório do químico (Pivetta, 2016).

Chierice e seu grupo passaram a produzir e a distribuir as cápsulas de forma autônoma quando o suposto convênio com o hospital foi descontinuado. O grupo do professor afirma que chegou a produzir cerca de 40 mil cápsulas, suficientes para 800 pessoas, com as quais uma melhora significativa supostamente havia sido notada. Estudos realizados pelo Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (IQ/Unicamp) comprovaram que as cápsulas distribuídas tinham apenas 32,2% de fosfoetanolamina, sendo o resto de sua composição fosfatos diversos, monoetanolamina, água e

O presente artigo tem por objetivo geral apresentar e discutir como a polêmica da fosfoetanolamina pode ser levada à sala de aula como tema sociocientífico, a partir de um processo sistematizado de planejamento de ensino, no intuito de suscitar discussões acerca do funcionamento da Ciência e da sua relação com interesses políticos, sociais e econômicos.

outros minerais em menor quantidade (Pivetta, 2016).

Em dezembro de 2013, o professor Chierice aposentou-se compulsoriamente da USP por ter completado 70 anos de idade. Nos anos seguintes, a universidade proibiu a disponibilização de medicamentos sem o aval da Anvisa, mas pacientes com câncer buscaram liminares na justiça para continuar a receber as cápsulas. Em março de 2016, a Câmara dos Deputados aprovou um projeto de Lei que permitia a produção, importação, distribuição e prescrição da fosfoetanolamina sintética. Em maio do mesmo ano, o Supremo Tribunal Federal votou pela extinção desta lei sob os seguintes argumentos: não havia testes suficientes que provassem que a substância era segura e eficaz; além disso, o Congresso invadira a competência da Anvisa (Universidade de São Paulo, 2016).

Com relação à sua ação antitumoral, sugere-se que a fosfoetanolamina atua no organismo como um marcador de células defeituosas, induzindo sua apoptose, isto é, a morte celular programada (Ferreira *et al.*, 2013), tratando-se, portanto, de uma terapia alternativa à quimio e radioterapias convencionais. Apesar de não terem surgido indícios negativos de uma possível toxicidade, nenhum efeito sobre as células tumorais foi provado. Discute-se ainda a possibilidade de se utilizar a fosfoetanolamina sintética sob uso compassivo, isto é, a utilização, por pacientes que já esgotaram as possibilidades da medicina, de um medicamento cuja eficácia e segurança não foram comprovadas por testes clínicos. Nos Estados Unidos, 85% dos pacientes oncológicos fazem, por exemplo, uso de alguma terapia alternativa por conta própria.

### A Fosfoetanolamina na Sala de Aula

A polêmica da fosfoetanolamina, quando vista sob viés científico, pode ser trabalhada em sala de aula de diversas formas, como será discutido. Com o objetivo de fomentar o senso crítico dos alunos, o tema permite trabalhar conteúdos químicos gerais (como química orgânica e ligações intermoleculares), e possibilita um estudo sobre diferentes formas de comunicação científica, já que informações sobre o assunto são constantemente veiculadas na mídia, por revistas de divulgação e também por revistas da comunidade científica. Assim, o assunto pode ser encarado como forma eficiente de engajar os alunos em atividades estruturadas de ensino a partir de um problema de natureza científica e de alto interesse social e econômico.

Moreira e Pedrancini (2017) utilizaram a polêmica para avaliar o conhecimento prévio com relação à problemática, em uma turma do oitavo ano do Ensino Fundamental de uma escola pública localizada no Mato Grosso do Sul, bem como estudar a quais meios de divulgação os alunos recorrem para

se informar. As autoras verificaram que trazer à tona questões sociocientíficas pode ser um excelente elemento balizador do ensino no sentido de promover uma melhor formação científica e tecnológica dos alunos. Além disso, destacam o papel do professor como problematizador das informações que chegam aos alunos pelos meios de comunicação.

Conceição e Faro (2017) apresentaram um estudo realizado acerca de uma sequência de ensino aplicada a alunos das segunda e terceira séries do Ensino Médio em uma escola pública de Sergipe, cujas aulas estavam organizadas em torno da polêmica. Foram propostas aos alunos atividades de leitura e discussão de textos, além de exibição de vídeos para discussão sobre o tema. Para tanto, além da sequência de aulas, atividades de pesquisa e análise SWOT<sup>1</sup> foram empregadas para avaliar o desenvolvimento dos alunos com relação ao tema. As autoras concluíram que a proposta de ensino foi eficiente em termos de desenvolvimento de habilidades de argumentação, pesquisa e resolução de problemas, e sugerem o trabalho com a Química farmacêutica como forma de relacionar a polêmica com a Química escolar.

Na esfera do Ensino Superior, Pitanga, Santos e Ferreira (2017) utilizaram a problemática como proposição de um estudo de caso para alunos de pós-graduação de um curso de especialização *lato sensu* em Educação Química. O estudo foi realizado com base na produção de textos dissertativos e o instrumento de análise SWOT, bem como na leitura e discussão de textos sobre a polêmica. Os autores verificaram que os alunos não tinham conhecimento completo sobre o tema, nem da metodologia de estudo de caso como estratégia de ensino, e concluíram que o desenvolvimento da proposta ocasionou melhoria na argumentação dos estudantes.

Verifica-se que a polêmica em torno do tema da Pílula do Câncer ganhou repercussão nas salas de aula a partir de metodologias alheias à didática geral e específica das ciências, entre as quais o professor é alçado à condição de problematizador. No entanto, carecem de aprofundamento,

nos trabalhos citados, aspectos sobre o planejamento de ensino, em particular sobre como os meios de comunicação de massa e da comunidade científica podem ser criteriosamente mobilizados para promover a articulação entre os conteúdos químicos e, por exemplo, as competências de leitura e produção de texto. Na direção de suprir tais lacunas, apresentamos a seguir uma visão geral sobre uma sequência didática (SD), cujos

princípios de desenvolvimento se amparam na problematização de temas sociocientíficos.

### A Fosfoetanolamina no Planejamento de Ensino

A SD, planejada de acordo com os pressupostos teóricos do MTE apresentados anteriormente, está estruturada em

Com o objetivo de fomentar o senso crítico dos alunos, o tema permite trabalhar conteúdos químicos gerais (como química orgânica e ligações intermoleculares), e possibilita um estudo sobre diferentes formas de comunicação científica, já que informações sobre o assunto são constantemente veiculadas na mídia, por revistas de divulgação e também por revistas da comunidade científica.

7 aulas na forma de um minicurso, cuja aplicação foi dividida em duas tardes. O plano aborda, além dos conteúdos conceituais de Química e da polêmica da fosfoetanolamina, atividades que lançam mão de *softwares* de simulação da estrutura de compostos químicos, experimentos didáticos sobre separação de misturas, aspectos das representações semióticas utilizadas pelos químicos e pelos meios de divulgação e comunicação científica<sup>2</sup>.

Com o objetivo geral de fomentar o senso crítico dos estudantes, de modo a desenvolver sua capacidade de julgamento e posicionamento crítico em relação a um tema sociocientífico, a SD se inicia com a construção do problema a partir de um breve esclarecimento sobre a polêmica da “Pílula do Câncer” e seu confronto com as ideias prévias dos estudantes acerca da doença e da própria polêmica. Em seguida, desenvolve-se uma exposição oral sobre a origem da doença, formas de tratamento e explicações dos conceitos importantes a serem vistos antes de um aprofundamento na temática, a saber, a origem bioquímica do câncer e suas formas de tratamento, noções básicas de Química Orgânica e as diferentes formas de representação estrutural química. Em sequência, é realizado um experimento didático de purificação de substâncias, simulando, ainda que de maneira simplificada, algumas etapas que ocorrem dentro de um laboratório de pesquisa farmacêutica para, na atividade seguinte, apresentar o processo de regulamentação envolvido na produção, aprovação e comercialização de um novo medicamento no Brasil e nos Estados Unidos, no intuito de avaliar as diferenças nas legislações de ambos os países. Em cada uma das atividades, a problematização inicial é retomada por meio de referência direta ou indireta à polêmica interna à ciência e sobre as razões para seguir um protocolo para produção do fármaco.

As três últimas aulas da sequência didática, que serão o foco deste artigo e estarão mais bem detalhadas posteriormente, referem-se aos aspectos da comunicação científica relativos ao tema. A sexta aula apresenta brevemente o caso e mostra os diversos modos como este foi divulgado na mídia, com foco na comparação dos diferentes formatos usados pelos meios de comunicação e nos impactos que cada um deles tem na veiculação de um assunto científico. Feito isso, na sétima aula detalha-se a polêmica sobre a liberação da “Pílula do Câncer”, a regulamentação e a comercialização de novos medicamentos, retomando os assuntos abordados anteriormente e utilizando outros materiais disponibilizados na mídia. Por fim, a SD se encerra com um debate que levanta a opinião dos alunos acerca do caso e da seleção das fontes de informação quando eles se deparam com um tema sociocientífico, retomando os conteúdos vistos ao longo da sequência, de modo a relacionar a formação de opiniões com fontes confiáveis e leitura crítica dos meios de divulgação científica. É importante destacar, em termos da perspectiva do MTE, que o problema é referido direta ou indiretamente

em cada atividade – neste caso, de modo a destacar a polêmica gerada pelos meios de comunicação em massa.

### A Fosfoetanolamina e a Divulgação Científica

A primeira aula que aborda com mais profundidade as questões relativas à divulgação científica está estruturada em quatro atividades. Inicialmente, apresentam-se brevemente os gêneros de divulgação científica, contextualizando-os historicamente no Brasil, desde as origens do chamado “jornalismo científico”, entre as décadas de 1970 e 1980, até os dias atuais (Bueno, 2009). Nessa etapa, o objetivo principal não é apenas fornecer um panorama da história desses gêneros, mas também explicitar as diferenças entre a linguagem científica e a linguagem midiática, o grau de profundidade dos conteúdos abordados em artigos científicos e em revistas de divulgação científica, e a forma como ambos utilizam as ilustrações para um melhor entendimento dos assuntos.

A atividade seguinte tem como propósito comparar três meios de comunicação da Ciência: uma dissertação de mestrado (Veronez, 2012), uma revista de divulgação científica (Pivetta, 2016) e uma revista de ampla circulação (Cuminal, 2016), todas abordando o tema da fosfoetanolamina. Em um primeiro momento, utilizam-se duas ilustrações: uma extraída da dissertação, que contém três gráficos relacionando os efeitos da fosfoetanolamina comercial na viabilidade de células de melano-

ma murino, e outra extraída de uma revista endereçada ao público geral, a qual mostra as etapas de desenvolvimento de um medicamento até que sua comercialização seja aprovada. Em seguida, dois excertos que comentam sobre o pesquisador Gilberto Chierice são comparados: um proveniente da mesma revista para o público geral, e outro de uma revista de divulgação científica endereçada a um público mais restrito. O objetivo nesses dois momentos é apresentar aos alunos o que foi tratado anteriormente acerca das diferenças no uso da linguagem e no uso das ilustrações em cada um dos casos, conforme a audiência presumida de cada veículo de informação, além de mostrar quais tipos de informação e de que forma cada uma das revistas endereça a informação aos destinatários.

A terceira atividade segue o mesmo caráter da atividade anterior; porém, enquanto a segunda transcorre apenas oralmente, esta envolve a construção de uma tabela comparativa entre uma dissertação de mestrado, uma revista de divulgação científica e uma revista de grande circulação. Todas abordam o mecanismo de ação da fosfoetanolamina no organismo, mas de diferentes formas, de modo que os alunos devem registrar na tabela as características da linguagem, as características dos conteúdos apresentados e os objetivos, relacionados à audiência de cada excerto extraído. O propósito de comparar os veículos de divulgação em diferentes aspectos continua o mesmo; porém, além de fornecer mais exemplos

As três últimas aulas da sequência didática, que serão o foco deste artigo e estarão mais bem detalhadas posteriormente, referem-se aos aspectos da comunicação científica relativos ao tema.

aos alunos, aqui o trabalho realizado por eles é mais minucioso e passa por uma etapa individual, em que cada aluno realiza a própria análise dos fragmentos apresentados, e por uma etapa coletiva, em que o professor levanta as respostas e as sistematiza na lousa, construindo uma nova tabela. Para tanto, tomou-se o cuidado de selecionar trechos de fontes distintas, mas que abordassem o mesmo assunto de maneiras diferentes, de modo a facilitar a comparação e a indicar as diferenças observadas entre eles.

Para finalizar essa aula, a última atividade propõe uma reflexão sobre os impactos dos textos científicos, baseada no que foi abordado em momentos anteriores. Nela, levanta-se se foi possível para os alunos perceberem como diferentes gêneros podem transmitir informações semelhantes de formas distintas, ou mesmo modificar a forma

como se transmite a mesma informação para adaptar certo conteúdo a uma audiência diferente. Outras reflexões referem-se a como as notícias veiculadas na mídia podem impactar um público que nunca teve contato com determinado conhecimento científico, e a o que poderia ser alterado pela mídia em uma notícia para torná-la mais interessante para sua audiência presumida. Por fim, uma questão atinente à natureza da linguagem científica é endereçada aos alunos, relacionando o fato de muitos textos científicos serem inacessíveis a um público leigo, por conta da linguagem técnica e do conteúdo avançado e complexo, à formação das visões de ciência da população. Tais perguntas foram endereçadas de modo a contemplar aspectos gerais sobre o papel dos veículos de comunicação científica (divulgação ao público geral e comunicação à comunidade científica) na produção do conhecimento científico e sobre a maneira como os alunos podem se informar acerca dos mesmos, conforme o objetivo geral da SD. Dado que a atividade tem como propósito a formação do pensamento crítico e a comparação das opiniões dos alunos, destaca-se que não há uma resposta correta para as questões endereçadas, o que é importante de ser levado em conta pelo professor ao conduzi-la.

De acordo com o planejamento das aulas apresentado acima, nota-se que uma grande preocupação na elaboração da SD foi aproximar o tema aos alunos utilizando mídias que os mesmos consomem. Justamente pelo fato de a divulgação de notícias sobre a fosfoetanolamina ter sido endereçada muitas vezes de forma sensacionalista e mistificadora, torna-se necessário para a formação do pensamento crítico discutir como diferentes meios de comunicação veicularam informações sobre o tema. Daí, entende-se que, a depender da origem da informação, a visão sobre um determinado assunto pode ser deveras afetada. Com a ideia de difundir o conhecimento científico, é um desafio constante adequar à audiência a linguagem empregada. Uma revista de grande público ou um jornal tendem a noticiar o tema de forma a

Justamente pelo fato de a divulgação de notícias sobre a fosfoetanolamina ter sido endereçada muitas vezes de forma sensacionalista e mistificadora, torna-se necessário para a formação do pensamento crítico discutir como diferentes meios de comunicação veicularam informações sobre o tema.

relatar informações, mostrar entrevistas, opiniões de especialistas, infográficos simplificados e imagens, com um vocabulário sem termos complexos.

Uma revista de divulgação científica, por sua vez, trata o tema com um viés mais científico, menos informativo, mas com muitos gráficos e tabelas explicativos; enquanto um artigo científico trabalha a questão de forma experimental e comprobatória, com alta densidade léxica e terminologia específica e complexa, com verbos que indicam ações e mostram os processos realizados. O grau de especificidade e profundidade do conteúdo abordado é, outrossim, substancialmente diferente entre esses meios de comunicação.

Na SD proposta, a comunicação científica foi explorada então nos três níveis: a informação para o público geral; a divulgação para o público interessado em temas

científicos; e a comunicação para a comunidade científica. No que tange à informação em jornais e revistas de grande público, por exemplo, encontram-se infográficos, trechos polêmicos e pequenos fragmentos informativos. Com relação à divulgação científica feita por uma revista especializada, são analisados e discutidos fragmentos. A opinião da comunidade científica também é discutida por meio de vídeos, fragmentos específicos de textos acadêmicos e outros. Dessa maneira, entende-se que as três formas de exposição do assunto são contempladas na SD.

Pelo fato de a polêmica da fosfoetanolamina se tratar de um tema que tem relação com o público geral e com a comunidade científica, muitas podem ser as formas de abordagem do assunto no que tange à sua divulgação. É de absoluta importância que o aluno, com o devido embasamento, possa se posicionar criticamente para escolher o tipo de mídia a ser consumido. A ideia não é, portanto, desvalorizar ou censurar meios não-científicos, mas fornecer aos alunos as ferramentas necessárias para que eles possam selecionar quando e com qual objetivo certas formas de divulgação do assunto devem ser priorizadas. A questão da divulgação científica pode, assim, claramente ser discutida comparando-se os diferentes meios de comunicação.

### **A Polêmica da Fosfoetanolamina e o que se Espera dos Alunos ao Final da Sequência Didática**

As duas últimas aulas da SD abordam com detalhes a polêmica envolvendo a “Pílula do Câncer”, porém estão estruturadas de maneiras distintas: enquanto a penúltima busca trazer mais elementos de divulgação científica, com foco na problematização levantada no início da SD, a última propõe uma discussão com os alunos sobre os pontos pertinentes referentes à polêmica tratada, indicando eventuais mudanças de opiniões dos estudantes e o que aprenderam ao longo das aulas.

A penúltima aula tem como objetivos detalhar a questão da “Pílula do Câncer”, os aspectos da liberação, regulamentação e comercialização desse medicamento, dar continuidade às aulas anteriores, mostrando de que forma as informações sobre a fosfoetanolamina estão sendo divulgadas, bem como fomentar o senso crítico dos alunos, para que estes pensem sobre os tipos de mídia e com quais finalidades irão utilizá-las. Inicialmente, faz-se uma introdução sobre o histórico da substância, desde sua descoberta até o surgimento da polêmica apresentada e a situação em que se encontrava até meados de 2016 - época em que a SD foi elaborada. Ao longo da descrição, são apresentadas figuras extraídas de jornais de grande circulação que explicam o suposto mecanismo de ação da fosfoetanolamina no organismo e a composição química da “Pílula do Câncer”, finalizando com uma breve reportagem de uma revista de divulgação científica sobre uma possível manipulação de resultados por uma indústria farmacêutica. A aula se encerra com a apresentação de dois vídeos disponíveis na internet: o primeiro<sup>3</sup> traz alguns esclarecimentos do oncologista Drauzio Varella sobre a fosfoetanolamina, enquanto o segundo<sup>4</sup> é uma entrevista com o químico Gilberto Chierice sobre o uso dessa substância em pacientes com câncer. Dessa forma, a controvérsia de opiniões pode ser expressa a partir das vozes de especialistas.

A última aula reitera aos alunos um senso de responsabilidade social de todos os envolvidos na cultura científica, desde os alunos até os cientistas, promovendo o intercâmbio de ideias por meio de discussões e trazendo à tona de que forma os aspectos abordados na SD foram concebidos e trabalhados por eles. Em um primeiro momento, retoma-se com os alunos uma pergunta endereçada logo na primeira aula do minicurso. Este questionamento envolve o uso de um tratamento para uma grave doença que possui resultados promissores e rápidos, mas ainda não regulamentado pela Anvisa, em detrimento de um método eficaz e regulamentado, mas que necessita de um longo período de desenvolvimento. A ideia aqui é verificar se houve mudanças nas opiniões dos alunos após a realização das atividades e quais os motivos, caso tenham ocorrido. Em seguida, inicia-se a discussão e reflexão dos alunos sobre a confiabilidade de se expor a um tratamento sem aprovação pelos órgãos competentes, sobre os melhores veículos de comunicação a serem utilizados para se informar acerca do caso, a confiabilidade dos resultados da indústria farmacêutica e os profissionais envolvidos desde a criação de um candidato a medicamento até a disponibilização do fármaco, bem como outras questões que surgiram no decorrer da discussão. Por fim, finaliza-se a SD com a intenção de passar aos estudantes a mensagem de que eles devem desenvolver um senso crítico ao selecionarem, lerem

*Na SD, os fundamentos para desenvolver o pensamento crítico estão evidenciados no problema sociocientífico. Intuitivamente, pode-se supor que a principal questão endereçada na SD seria a eficiência da fosfoetanolamina no tratamento do câncer. No entanto, esse aspecto não está completamente resolvido até mesmo no âmbito da própria comunidade científica, abstraindo-se ainda as relações entre ela e a indústria farmacêutica.*

e analisarem as notícias veiculadas pelos diferentes meios de comunicação, não apenas em relação à polêmica da “Pílula do Câncer”, mas sobre qualquer outro assunto que exista ou que venha a surgir no futuro. Nesse sentido, a SD é finalizada destacando seu propósito inicial – construir e desenvolver uma problemática sociocientífica com ênfase no papel dos meios de comunicação – e indicando que ele pode ser transferido para compreender e se posicionar diante de outros problemas sociocientíficos.

### Considerações Finais

A formação de professores tem seu alicerce no planejamento estruturado de ensino, a partir de teorias sólidas, dados objetivos do contexto escolar e de modelos que consolidem a relação teoria-prática. Nessa direção, apresentamos um processo de elaboração de SD a partir de um tema sociocientífico, cuja problematização articulou atividades de ensino sistematicamente planejadas e apoiadas em conceitos socioculturais como mediação, ferramenta cultural, propósito, contexto e continuidade, entre outros (Giordan, 2013).

Quando se destaca, então, a questão da problematização de um tema sociocientífico, a noção de contexto é de extrema importância para que seja possível criar um problema a partir do tema sociocientífico sobre o qual se construam as atividades que proporcionem sua compreensão e resolução. Esse aspecto é trazido à tona por Zeidler e Lewis (2003), que propõem que a melhor forma de se ensinar aos estudantes sobre questões éticas, políticas e sociais que perpassam os estudos científicos é criar, na sala de aula, um

ambiente que propicie o surgimento dessas questões. Assim, consideramos que a SD apresentada possui uma proposta cujas atividades fomentam a construção desse contexto.

Outro ponto de destaque, como discutem Jiménez-Aleixandre e Puig (2012), é o desenvolvimento do pensamento crítico juntamente dos conteúdos científicos. As autoras apontam que uma das características de uma pessoa crítica é sua capacidade de questionar discursos de autoridade. Portanto, examinando-se essa proposição na dimensão da educação científica, não se trata de fomentar o ceticismo em relação ao trabalho dos cientistas, mas sim de propiciar aos estudantes ferramentas de pensamento para avaliar a provisoriedade e contradições das inovações científicas, bem como indicar meios de informação confiáveis para construírem sua visão acerca da Ciência.

Na SD, os fundamentos para desenvolver o pensamento crítico estão evidenciados no problema sociocientífico. Intuitivamente, pode-se supor que a principal questão endereçada na SD seria a eficácia da fosfoetanolamina no tratamento do câncer. No entanto, esse aspecto não está

completamente resolvido até mesmo no âmbito da própria comunidade científica, abstraindo-se ainda as relações entre ela e a indústria farmacêutica. Dessa forma, sem o intuito de julgar as práticas dos cientistas envolvidos nas pesquisas sobre a substância, levantamos como questão desencadeadora da SD a maneira como a fosfoetanolamina foi mitificada nos meios de comunicação e como pesquisadores ligados à droga foram retratados, inserindo discussões que desvelassem aos alunos os aspectos das construções discursivas da comunicação científica.

Em síntese, muito além de aprender os conceitos científicos que auxiliam na compreensão do desenvolvimento e tratamento do câncer, ou os procedimentos experimentais necessários para a produção e aprovação de medicamentos, a proposta de ensino discutida ao longo do texto promove o desenvolvimento de uma visão problematizadora da Ciência, na qual é possível trazer à sala de aula os diversos aspectos que se relacionam à produção científica, como os interesses sociais, políticos e econômicos, o compromisso ético que deveria ser firmado entre cientistas e a sociedade, e, sobretudo, uma leitura crítica das notícias relacionadas à Ciência de forma a combater a alienação pelo sensacionalismo veiculado pelos interesses mercadológicos dos meios de comunicação em massa.

## Notas

<sup>1</sup>O termo SWOT é um acrônimo, em língua inglesa, para as palavras “Strengths” (Forças), “Weaknesses” (Fraquezas), “Opportunities” (Oportunidades) e “Threats” (Ameaças), e é descrito como uma metodologia de análise de investimentos

utilizada, sobretudo, por profissionais da área de Marketing para tomada de decisões sobre empreendimentos (Helms e Nixon, 2010).

<sup>2</sup>Maiores detalhamentos sobre a dinâmica das aulas podem ser encontrados na versão original da sequência didática e no material instrucional disponíveis em: (1) [http://www.lapeq.fe.usp.br/minicurso/pdf/mc\\_2016\\_sd\\_fosfoetanolamina.pdf](http://www.lapeq.fe.usp.br/minicurso/pdf/mc_2016_sd_fosfoetanolamina.pdf); (2) [http://www.lapeq.fe.usp.br/minicurso/pdf/mc\\_2016\\_ma\\_fosfoetanolamina.pdf](http://www.lapeq.fe.usp.br/minicurso/pdf/mc_2016_ma_fosfoetanolamina.pdf)

<sup>3</sup>O vídeo “Esclarecimentos sobre a fosfoetanolamina” pode ser assistido na íntegra na página do Dr. Drauzio Varella no *site YouTube*, por meio do link: <https://youtu.be/o9dOi65pKMQ>.

<sup>4</sup>A entrevista com o Prof. Dr. Gilberto Chierice pode ser assistida na íntegra na página da emissora TV Cachoeira/ Rede Novo Tempo (Cachoeira do Sul, RS) na rede social *Facebook*, por meio do link: <https://www.facebook.com/tvcachoeira/videos/pol%C3%AAmica-da-fosfoetanolamina-subst%C3%A2ncia-que-poderia-curar-o-c%C3%A2ncer-veja-entrevista/1066212426742671/>. Durante a avaliação do presente artigo, o referido professor faleceu em função de infarto no miocárdio.

**Marcelo Giordan** ([giordan@usp.br](mailto:giordan@usp.br)), bacharel, mestre e doutor em Química, é livre docente e professor titular da Faculdade de Educação da USP. São Paulo, SP – BR.

**Gabriel Saraiva Gomes** ([gabriel.saraiva.gomes@usp.br](mailto:gabriel.saraiva.gomes@usp.br)), bacharel e licenciado em Química pelo Instituto de Química, é mestrando na Faculdade de Educação da USP. São Paulo, SP – BR. **Isabela L. A. Dourado** ([isabela.dourado@usp.br](mailto:isabela.dourado@usp.br)), bacharel e licenciada em Química pelo Instituto de Química, é doutoranda no Instituto de Química da USP. São Paulo, SP – BR. **João G. F. Romeu** ([joao.romeu@usp.br](mailto:joao.romeu@usp.br)), bacharel e licenciado em Química pelo Instituto de Química, é doutorando no Instituto de Química da USP. São Paulo, SP – BR.

## Referências

BUENO, W. C. Jornalismo científico no Brasil: os desafios de uma trajetória. In: PORTO, C. M. (org). *Difusão e cultura científica: alguns recortes*. Salvador: EDUFBA, p. 113-125, 2009.

CONCEIÇÃO, E. B. O. e FARO, A. A. S. A fosfoetanolamina: estudo de caso em uma escola estadual do Estado de Sergipe e o ensino de ciências, tecnologia, sociedade e ambiente. *Reveq: Revista Vivências em Educação Química*, v. 3, n. 1, p. 89-99, 2017.

CUMINALE, N. Pílula do barulho. *Veja*, ed. 2479, p. 77-83, 2016.

FERREIRA, A. K.; FREITAS, V. M.; LEVY, D.; RUIZ, J. L. M.; BYDŁOWSKY, S. P.; RICI, R. E. G.; RIBEIRO FILHO, O. M.; CHIERICE, G. O. e MARIA, D. A. Anti-angiogenic and anti-metastatic activity of synthetic phosphoethanolamine. *PLoS ONE*, v. 8, n. 3, p. 1-14, 2013.

GIORDAN, M. *Computadores e Linguagens nas Aulas de Ciências*. 2ª ed. Ijuí: Unijuí, 2013.

GUIMARÃES, Y. A. F. e GIORDAN, M. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso à distância de formação continuada de professores. *VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Campinas (SP), 2011.

HELMS, M. M. e NIXON, J. Exploring SWOT analysis –

where are we now? A review of academic research from the last decade. *Journal of Strategy and Management*, v. 3, n. 3, p. 215-251, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES (INCA). Ministério da Saúde. BRASIL. In: Agência de Notícias. Novembro, 2016. Disponível em [http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/agencianoticias/site/home/noticias/2015/inca\\_estima\\_quase\\_600\\_mil\\_casos\\_novos\\_de\\_cancer\\_em\\_2016](http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/agencianoticias/site/home/noticias/2015/inca_estima_quase_600_mil_casos_novos_de_cancer_em_2016), acessada em novembro 2017.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. e PUIG, B. Argumentation, evidence evaluation and critical thinking. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. e McROBBIE, C. J. (eds). *Second international handbook of Science Education*. Berlin: Springer Science+Business Media, p. 1001-105, 2012.

LABORATÓRIO DE PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA E TECNOLOGIAS EDUCATIVAS (LAPEQ). *A pílula do Câncer Desmitificada: entre a Mídia e a Ciência*. Mini-curso de Metodologia de Ensino de Química. 2016. Disponível em [www.lapeq.fe.usp.br/minicurso](http://www.lapeq.fe.usp.br/minicurso), acessada em dezembro 2018.

MOREIRA, C. S. e PEDRANCINI, V. D. Concepções iniciais dos alunos do oitavo ano do Ensino Fundamental sobre a fosfoetanolamina. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 10, n. 1, p. 31-42, 2017.

OUTHOUSE, E. L. XXX. Amino-ethyl phosphoric ester from tumours. *Biochemical Journal*, v. 30, n. 2, p. 197-201, 1936.

PÉREZ, L. F. M. e CARVALHO, W. L. P. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de Ciências. *Educação e Pesquisa*, v. 38, n. 3, p. 727-741, 2012.

PITANGA, A. F.; SANTOS, L. D. e FERREIRA, W. M. A fosfoetanolamina: uma proposta de estudo de caso na formação de professores. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extraordinário, p. 4703-4708, 2017.

PIVETTA, M. A prova final da fosfoetanolamina. *Pesquisa FAPESP*, ed. 243, p. 17-23, 2016.

RATCLIFFE, M. e GRACE, M. *Science Education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. Philadelphia: Open University Press, 2003.

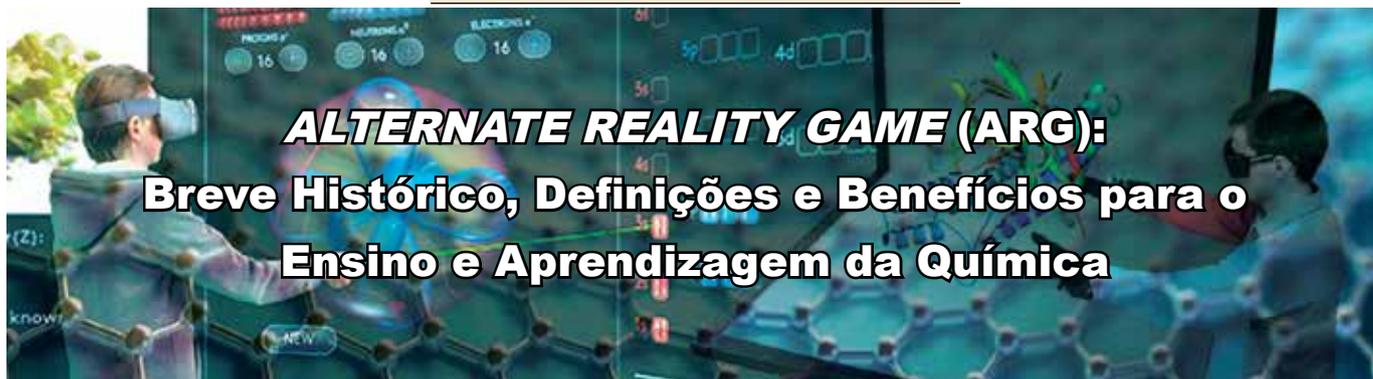
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). Sala de Imprensa. Disponível em <http://www.usp.br/imprensa/?p=56566>, acessada em novembro 2017.

VERONEZ, L. C. Atividade da fosfoetanolamina sintética em melanoma murino experimental. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, 2012.

ZEIDLER, D. L. e LEWIS, J. Unifying themes in moral reasoning on socioscientific issues and discourse. In: ZEIDLER, D. L. (ed). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 289-306, 2003.

**Abstract:** *The Phosphoethanolamine in Chemistry Teaching: articulations between teaching planning and science communication.* One of the main concerns regarding Chemistry teaching is that students should understand its processes and products as well as the forms of communication used to disseminate them to the population. Thus, understanding and questioning the role of the media in the study of socioscientific issues are purposes that could be sought in the structuring of teaching plans. This article is based on the controversy about the release of phosphoethanolamine for the treatment of cancer in Brazil in 2016 as an interface between scientific and social interests to elicit discussions about how aspects of scientific communication can be articulated to teaching planning in order to contemplate the goal of problematizing the link between scientific communication and critical thinking in the classroom.

**Keywords:** Phosphoethanolamine, science communication, teaching planning.



## ALTERNATE REALITY GAME (ARG): Breve Histórico, Definições e Benefícios para o Ensino e Aprendizagem da Química

**Maria das Graças Cleophas**

As tecnologias estão cada vez mais presentes no cotidiano dos alunos. Assim, criar espaços para explorá-las de modo eficaz nos processos de ensino e aprendizagem da Química se faz potencialmente promissor. Baseando-se nisso, este artigo se torna relevante para repaginar o ensino de química e propor arranjos pedagógicos novos para contribuir com essa aprendizagem. Para tanto, o artigo está focado na discussão do Jogo de Realidade Alternativa – ARG (sigla inglesa para *Alternate Reality Game*) sob uma perspectiva de apresentação de seus benefícios. Esses benefícios são apresentados como singulares, com características originais e atraentes para os contextos educacionais da atualidade, pois o jogo mescla realidades concretas com virtuais. Por fim, o artigo elucida aspectos relacionados a definições, peculiaridades e, posteriormente, exhibe um desenho de como construir propostas pautadas no ARG.

► *Alternate Reality Game* – ARG; jogo de realidade alternativa; ensino de Química; Química ◀

Recebido em 01/10/2018, aceito em 15/02/2019

335

Vamos falar sobre o ARG? Muitos ainda não conhecem esse jogo, o que o torna em uma proposta didática lúdica pouco explorada nos espaços destinados aos processos de ensino e aprendizagem da química. Este artigo consiste numa tentativa de aproximar o leitor dos jogos de realidade alternativa, discutindo assim, seus benefícios para uma aprendizagem imersiva. Com o ARG é possível ultrapassar os limites da sala de aula e tornar o aprendizado uma experiência imersiva e propícia para a utilização das tecnologias digitais, sobretudo aquelas que são móveis (portáteis). Dito de outra maneira, é um jogo que proporciona o letramento tecnológico, pois exige habilidades tecnológicas e apresenta forte enlace com o uso dos dispositivos móveis (Cleophas, 2017).

Antes de avançarmos na busca por clarificar os entendimentos sobre esse tipo de jogo, é importante esclarecer a sua denominação. ARG é uma abreviação da expressão

A ideia de explorar esses benefícios para o ensino está ancorada nas perspectivas lançadas por Soares, Mesquita e Rezende (2017) sobre os novos contornos investigativos para o ensino de química, sendo a ludicidade vista como um campo potencial de investigação.

inglesa *Alternate Reality Game*, que em português vem sendo traduzida como Jogo de Realidade Alternativa. Trata-se de um tipo de jogo com características díspares, pois é enigmático e envolvente, podendo apresentar uma gama vasta de benefícios para o processo de ensino e aprendizagem de química, desde que bem alinhado com os objetivos pedagógicos que se deseja alcançar.

A ideia de explorar esses benefícios para o ensino está ancorada nas perspectivas lançadas por Soares *et al.* (2017) sobre os novos contornos investigativos para o ensino de química, sendo a ludicidade vista como um campo potencial de investigação. Seu uso no ensino de Química é bastante plural. Nesse bojo, a seara do lúdico é imensurável em termos de possibilidades para a promoção de um ensino que atenda às premissas do século XXI, pois, entre elas, estão a capacidade de promover aspectos motivacionais e colaborativos, fomentar o pensamento crítico, ampliar o leque de habilidades para a resolução de problemas, aguçar a curiosidade e descoberta, além auxiliar que os conhecimentos químicos sejam vinculados ao cotidiano do aluno, entre outros benefícios.

A seção "Ensino de Química em Foco" inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos, procedimentos metodológicos e discussão dos resultados.

Em conformidade com o exposto, podemos assegurar que o ARG, quando visto como ferramenta pedagógica, pode ajudar os alunos a (re)construir conhecimentos necessários, habilidades, atitudes e valores que vão ao encontro de uma aprendizagem apropriada para instigar uma postura mais proativa dos nossos alunos. Isto posto, podemos dizer que o ARG possui elementos que podem enquadrá-lo como sendo uma estratégia inovadora para o ensino de química. A ideia central consiste numa repaginação sobre as práticas que são comumente utilizadas, uma vez que as estratégias tradicionais de ensino claramente não atendem às necessidades da diversidade dos estudantes de maneira produtiva (Naz e Murad, 2017) na contemporaneidade.

Em complemento, podemos inferir que práticas pedagógicas com caráter inovador estão fortemente atreladas à cultura do professor e à capacidade de criar espaços para que os alunos apliquem o conhecimento em situações do mundo real, não apenas de modo teórico, mas, sobretudo, que ele possa transitar entre os pilares estabelecidos para educação (Delors, 2001), ou seja, “aprender a fazer”, “aprender a conhecer”, “aprender a viver com os outros” e “aprender a ser”. Esses pilares são fomentados, ininterruptamente, em um ARG, pois, através de sua natureza colaborativa, o jogo gera oportunidades para os alunos explorarem ideias e pontos de vista com o outro, a procurar informações relevantes e a se envolver em tarefas de resolução de problemas relacionados com sua aprendizagem.

É pertinente afirmar, com base em nossas experiências, decorrentes da utilização do ARG no ensino de química, que esse jogo se revelou uma ferramenta de aprendizagem poderosa. Devido a sua versatilidade, pode ser aplicado em qualquer nível educacional e domínio cognitivo atrelado à química. Outro ponto importante desse jogo está centrado no uso das tecnologias. Aliás, elas são fundamentais para proporcionar experiências significativas aos jogadores. Adicionalmente, o uso do jogo cria espaços para que as tecnologias, especialmente, as tecnologias móveis, adentrem no contexto das escolas de modo planejado, orientado e como ferramenta de apoio à instrução em química. Como veremos logo mais, o ARG é indissociável das tecnologias digitais. Elas precisam estar presentes no jogo, pois desempenham um papel de destaque no processo de imersão do jogador na narrativa do jogo.

Conforme dito anteriormente, este artigo tem o objetivo de esclarecer o jogo. Ele não é estanque: visa impulsionar a utilização do ARG nos diferentes níveis de ensino, além de provocar a necessidade de termos mais investigações empíricas que sejam capazes de consolidar as evidências sobre os benefícios apresentados pelo ARG para a aprendizagem dos sujeitos. Logo, se você nunca ouviu falar sobre o *Alternate Reality Game*, esta é a sua chance de entender suas origens,

É pertinente afirmar, com base em nossas experiências, decorrentes da utilização do ARG no ensino de química, que esse jogo se revelou uma ferramenta de aprendizagem poderosa. Devido a sua versatilidade, pode ser aplicado em qualquer nível educacional e domínio cognitivo atrelado à química.

peculiaridades, definições e, sobretudo, observar como ele deve ser utilizado no ensino de química de maneira eficaz.

### Jogo de Realidade Alternativa (ARG): breve histórico

A origem dos Jogos de Realidade Alternativa parece não ser consensual. Entretanto, não há dúvida de que esse gênero de jogo surgiu para promover campanhas de *marketing*. O primeiro grande ARG publicitário de que se tem notícia é *The Beast*, criado em 2001 para divulgar o filme dirigido por Steven Spielberg. Segundo Rezende (2011), as raízes do ARG estão imbricadas nos jogos do tipo *Live Action Role Playing Game* – LARP, uma variante dos jogos de *Role Playing Game* (RPG). Comparativamente, podemos nos aventurar em dizer que um RPG tipicamente leva você para um mundo ficcional; já um ARG se apropria do mundo real dos jogadores com intuito de construir uma experiência alternativa ou paralela capaz de inserir o jogo no cotidiano dos participantes, criando, assim, um cenário propício para a resolução coletiva de problemas e situações reais. Cabe salientar que o ARG é um jogo que surgiu na era da internet, sendo fortemente imbricado ao poder das redes sociais. Desde o seu início, no começo do século XXI, o ARG sempre teve como finalidade mobilizar um grande número de pessoas interligadas por uma comunidade virtual, cujo objetivo em comum consistia em resolver um problema, enigma ou desafio. Como característica primordial do ARG, os participantes

precisam “invadir” o mundo físico para encontrar artefatos ou pistas que os ajudem a avançar no processo de decifração dos enigmas existentes na narrativa desenhada para o jogo.

Rapidamente, os ARG ganharam espaços como ferramenta comercial para a divulgação de produtos. Diante de sua popularidade e de suas diferentes finalidades,

coube à Associação Internacional de Desenvolvedores de Jogos – IGDA, em 2006, classificá-los. Entre as classificações atribuídas estava o ARG com finalidade educativa. Há, contudo, relatos de que o primeiro ARG educativo foi realizado em 1996 na *University of Northern Colorado*.

### O que é um Jogo de Realidade Alternativa – ARG?

Para Koos de Beer (2016), a natureza dos ARG está mudando tão rapidamente que é muito difícil atribuir uma única definição. Tentaremos, porém, defini-los sob os limites apontados para o contexto educacional. Para tanto, podemos iniciar a sua definição inferindo que se trata de jogo que combina elementos digitais e do mundo real numa narrativa (história) para proporcionar uma experiência imersiva. Assim, a narrativa consiste de um grande quebra-cabeça. Posto de outra forma, ela é constituída por módulos contendo vários *puzzles*. Cada módulo pode ser composto por

um desafio, enigma, problema ou pode ser composto por subtarefas, ou seja, um desafio de maior complexidade pode ser fracionado em pequenas atividades ou tarefas. Assim, durante o jogo, pistas secretas, códigos, coordenadas de GPS, bônus, entre tantas outras possibilidades, são, paulatinamente, distribuídas como forma de fomentar maneiras de criar uma narrativa envolvente que possa manter o engajamento dos participantes.

Em pesquisa realizada por Cleophas, Cavalcanti e Leão (2017), um ARG “[...] disponibiliza aos seus jogadores múltiplos desafios em um mundo real e virtual” (p. 3958). Numa direção análoga, Bosignore *et al.* (2014) dizem que é importante: i) criar sociedades secretas no jogo: dessa forma, os jogadores são motivados a fazer parte dele; ii) integrar conceitos do mundo real por meio das relações sociais; e, por fim, iii) dar condições para que os jogadores progridam na história. McGonigal (2011), de modo sucinto, define os ARG em duas características principais: i) são jogos ligados ao mundo real através da tecnologia; e ii) podem ser jogos ligados ao mundo real através da recriação de uma suposta situação que poderia acontecer na realidade. Em complemento, “[...] é um tipo de jogo que integra as realidades vivenciadas pelos sujeitos em seu cotidiano com o universo virtual” (Cleophas, 2017, p. 375).

Dando continuidade a essa concepção integradora entre realidade e mundo virtual, Stewart (2010) define um ARG como sendo uma história que está dividida em peças que o público deve encontrar e montar. É preciso entender, como cerne deste artigo, que o público seria constituído pelos alunos. Essa narrativa (história), composta por módulos, blocos ou peças, precisa ser desenvolvida com base em um processo de comunicação entre os jogadores, processo que deve ocorrer por meio das mídias tecnológicas, causando, assim, uma experiência imersiva na qual os jogadores precisam estar conectados para receber novas pistas sobre o jogo e, assim, dar prosseguimento, avançando, após a resolução de cada desafio presente nos módulos, etapas ou blocos. Isso se realiza de tal modo que há um entrelaçamento entre o mundo fictício criado para desenvolver a história com vários desafios e as habilidades do mundo real para resolvê-los. É, no entanto, muito importante ter claro que um ARG não é um *videogame* ou um jogo digital, tampouco, um jogo exclusivamente analógico (exemplo, cartas, tabuleiro, etc.). Ele é um jogo que usa a vida real das pessoas, tecnologias móveis, *sites* e mídias sociais para desencadear e desvendar sua história (narrativa) – com a particularidade, porém, de que todo e qualquer desvendar deve ser feito de modo colaborativo entre os participantes.

Por fim, Davies *et al.* (2006), citados por Connolly *et al.* (2011), sugerem várias diretrizes para os ARG, entre elas:

i) deve haver um objetivo/desafio-chefe, bem como subobjetivos e subdesafios que sejam influenciados com base nos resultados positivos e negativos dados pelos jogadores; ii) os jogadores devem ser capazes de atingir, de forma tangível, o resultado do ARG; iii) deve exigir habilidade mental; iv) o seu resultado deve ser incerto desde o início; e, finalmente, v) o ARG deve exigir do jogador mobilização de competências cognitivas e estratégias para atingir o sucesso. Sobre o primeiro ponto, Sheldon (2011) se posiciona afirmando que o ARG é um jogo difuso (*pervasive game*) que usa o mundo real como plataforma e que, muitas vezes, envolve múltiplas mídias para contar uma história que pode ser afetada pelas ações das ideias dos participantes.

### Elementos constituintes do *Alternate Reality Game*

Quando pensamos em construir um desenho de um ARG precisamos ter em conta alguns elementos que são basilares e indispensáveis para a sua construção quando aplicado em um contexto educacional. Sendo eles:

a) Narrativa – A narrativa (história) pode ser fictícia ou baseada em fatos reais. Caberá a quem elabora definir sua escolha. A narrativa é revelada gradualmente para os jogadores. Ela é dada utilizando-se uma série de meios de comunicação, que pode incluir *sites*, *e-mails*, SMS, *WhatsApp*, *Facebook*, *Instagram*, *Twitter*, *Youtube*, *Pinterest*, comerciais de televisão, filmes, etc. Esta múltipla possibilidade de

entrega da narrativa é adaptável a cada contexto, ou seja, cabe ao professor verificar o que melhor se adequa ao seu desenho, levando em conta as suas especificidades estruturais de cunho técnico, habilidades e tempo disponível para gerenciá-las. Toda essa mobilização de diferentes mídias afunila para o entendimento da narrativa transmídia. Em relação a ela, Figueiredo (2016, p. 45) aponta que, nesse tipo de narrativa, são usadas várias “[...] plataformas

É, no entanto, muito importante ter claro que um ARG não é um *videogame* ou um jogo digital, tampouco, um jogo exclusivamente analógico (exemplo, cartas, tabuleiro, etc.). Ele é um jogo que usa a vida real das pessoas, tecnologias móveis, *sites* e mídias sociais para desencadear e desvendar sua história (narrativa) – com a particularidade, porém, de que todo e qualquer desvendar deve ser feito de modo colaborativo entre os participantes.

mediáticas que convergem para contar uma história”. Logo, percebe-se que a narrativa de um ARG não é entregue aos jogadores em um contexto informacional do tipo monomídia, e sim multimodal, ou seja, é amplamente desejável o uso de diferentes formas de mídias e tecnologias na construção da narrativa. Essa multimodalidade contribui para fomentar multiletramentos. Lynch *et al.* (2013) enfatizam também a importância de existir *white spaces* (espaços em branco) na narrativa, ou seja, lacunas que são desenvolvidas e influenciadas unicamente pelos jogadores através do andamento do jogo. Vale frisar que é muito importante garantir que cada etapa da narrativa esteja relacionada a um ou mais objetivos instrucionais da química.

b) Enredo – O enredo fará parte da narrativa. Assim, narrativa pode ser composta por vários enredos que, neste

caso, seriam os conteúdos, temas ou assuntos relacionados à química. Uma boa narrativa pode ancorar vários enredos, desde que a história mantenha uma lógica de apresentação e coerência para os alunos, ou seja, as etapas (blocos, módulos, etc.) constituintes da narrativa precisam estar concatenadas e fazer sentido para a história que está sendo tecida. Destacamos que a narrativa é “viva” e está em movimento. Diante disso, ela pode mudar a todo momento, a depender do *puppetmaster* (como veremos em breve).

c) Desafios/enigmas/quebra-cabeças/missões – No ARG, devido ao fato de o jogo ser inerentemente colaborativo, os desafios precisam ser resolvidos em conjunto. Um bom desenho de ARG contém vários desafios e eles podem ser oferecidos de modo fracionado em termos de complexidade. Segundo Koos de Beer (2016), ao completar os desafios e resolver os quebra-cabeças, os jogadores descobrem informações ocultas que podem levar à continuidade da narrativa ou, de outro modo, podem levar a mais quebra-cabeças ou artefatos. Podemos considerar um ARG como um grande quebra-cabeça em que, à medida que os jogadores resolvem um dado desafio, enigma ou missão, eles vão montando as peças que os levarão à finalização do jogo.

d) Tecnologias – Bellocchi (2012) descreve que os participantes de um ARG precisam usar as tecnologias da informação e comunicação – TIC, sistemas *web 2.0* e outros conhecimentos digitais para completar os desafios e as missões. Nesse item, as tecnologias móveis têm um papel de destaque durante o ARG, pois os *smartphones* ou *tablets* são usados para promover a comunicação entre os envolvidos no jogo e também permitem uma rica contribuição para o ensino de química. Assim, o uso de diferentes *Apps* pode ajudar na resolução de um dado desafio, missão, enigma, a citar, como exemplo, *QR Code*, lanterna, calculadora, realidade aumentada, vídeos, aplicativos para mudar a voz, gravador de áudio, câmera fotográfica, jogos digitais móveis, entre tantos outros. Optar por um ou mais desses recursos depende da seleção dos elaboradores do jogo. Essa seleção, contudo, não deve ser realizada de modo aleatório, senão criteriosamente, pautada na lógica e na necessidade contemplada por sua narrativa. A imersão virtual é obtida pela combinação de “tecnologias do mundo real” que fazem parte da vida do jogador (McGonigal, 2003).

e) *Puppetmaster* – Caso seja o professor que tenha proposto e elaborado o desenho do ARG, ele, automaticamente, será o mestre do jogo, o facilitador, que, neste caso, é conhecido como “mestre de marionetes”, termo utilizado para indicar o responsável por ditar o ritmo da narrativa. Ele pode ser considerado o “coreógrafo do jogo”, uma vez que lançará todas as pistas, dará o *feedback* sobre o desempenho

dos alunos na resolução de cada problema inserido no jogo, fornecerá desafios de forma diversificada e flexível, orientará os caminhos para que a narrativa avance em um ritmo adequado à aprendizagem (ou seja, ele deverá levar em consideração a cadência dos seus alunos, a frequência e eficácia na resolução dos problemas propostos, etc. Cabe ainda ao *puppetmaster* proporcionar situações que sejam capazes de fomentar aspectos motivacionais em seus alunos, garantindo assim, que eles progridam no jogo. A ideia central do jogo é fazer com que todos os participantes cheguem ao desfecho final da narrativa. Por fim, o *puppetmaster* também escolhe a forma como a comunicação será realizada, bem como define a multimodalidade das informações (quais tipos de mídias serão utilizados). Ele ainda detém o poder de dosar as fronteiras entre o real e o fictício no jogo, além de diversificar a escolha do tipo de rede social que representará a comunicação entre ele e os alunos.

f) *Rabbit hole* ou *trailhead* – É uma isca para promover a imersão do jogador no jogo. É o ponto de entrada na experiência. Ela deve ser empolgante, misteriosa e cativar a atenção dos alunos para o jogo (Lynch *et al.*, 2013). Pode ser a contação de uma pequena história sem final, um questionamento enigmático ou um *link* que direcione a uma dada matéria que apresente relação direta com o tema ou conteúdo conceitual que será discutido.

g) Artefatos – Consistem de um excelente mecanismo para promover a imersão e fundir a realidade do jogador com a ficção do jogo. É muito importante, portanto, que artefatos sejam escondidos, por exemplo: cartazes afixados em lugares fora do ambiente escolar. Tudo isso criará uma “bolha” que envolverá ainda mais o jogador com a narrativa construída.

h) *Feedback* – Em suas pesquisas, Kulik e Kulik (1988) concluíram que o *feedback* imediato é melhor que o *feedback* atrasado. Isso quer dizer que, a cada desafio proposto, o professor/propositor (*puppetmaster*) tem a chance de identificar e corrigir os erros dos seus alunos ou, ainda, de potencializar os seus acertos. O *feedback* contribui com o envolvimento do aluno no jogo e explora a sua motivação intrínseca para continuar nele. Inegavelmente, ele constitui uma forma rica de regular a aprendizagem e o processo de ensino.

### Algumas peculiaridades sobre o ARG

Destacadamente, duas particularidades se tornam relevantes para entender o ARG. Uma delas está alocada na duração da atividade. Esse tipo de jogo é longo e é justamente isso que o diferencia de outras atividades lúdicas como, por exemplo, uma gincana. Ao pesquisar alguns desenhos de ARG já executados e seus respectivos tempos

Esse tipo de jogo é longo e é justamente isso que o diferencia de outras atividades lúdicas como, por exemplo, uma gincana. Ao pesquisar alguns desenhos de ARG já executados e seus respectivos tempos de duração, foi observado que o ARG pode proporcionar uma experiência de algumas horas, dias, semanas, meses, podendo até, a depender da robustez estrutural do projeto, proporcionar uma experiência de anos [...]

de duração, foi observado que o ARG pode proporcionar uma experiência de algumas horas, dias, semanas, meses, podendo até, a depender da robustez estrutural do projeto, proporcionar uma experiência de anos, como o ARG intitulado *The Black Watchmen*, que durou três anos e incluiu mais de 10.000 participantes (Whitton, 2008; Cleophas *et al.*, 2014; Piñeiro-Otero e Costa, 2015; Jafari *et al.*, 2015; Cleophas *et al.*, 2016; Hu *et al.*, 2016; Gilliam *et al.*, 2017; Petroski, 2018; Chechi e Cleophas, 2018; Cleophas *et al.*, 2018; Chechi *et al.*, 2018, entre outras pesquisas).

A outra, por sua vez, está relacionada ao “círculo mágico”, termo empregado por Huizinga em seu livro *Homo Ludens*, em 1938. Aproximando a terminologia atribuída por Huizinga ao contexto do jogo, o círculo mágico seria uma espécie de película que separa a ação do jogo do cotidiano dos jogadores. Entretanto, em se tratando do ARG, devido a sua capacidade de mesclar a realidade com a ficção, o círculo não está isolado do cotidiano: a estrutura do jogo serve como um elemento de transposição do mundo do jogo para o universo real do jogador (Henriot, 1989). De fato, o que caracteriza o ARG é a ruptura dessa película, que ocorre de modo natural, pois o jogo, conforme salienta McGonigal (2012), é jogado na vida real e se caracteriza por seu viés antiescapista. Entende-se aqui que o antiescapismo está atrelado à ruptura desse círculo mágico. Dito de outro modo, o ARG se expande para além dos limites de um jogo tradicional e inclui a realidade como base para o espaço do jogo (Chess e Booth, 2014). Assim, Sotamaa (2002) alega que, no ARG, o jogador não é de fato um jogador o tempo todo. Isto é assegurado com um elevado processo de imersão, justamente pelo fato de ele não saber separar o jogo de sua vida real.

### O ARG e seus novos contornos

Desde a sua incorporação ao campo educacional, a construção de um ARG sempre foi acompanhada de sua complexidade estrutural. *A priori*, era necessária uma equipe de projetistas especializada em jogos. Para o ARG obscurecer a distinção entre real e fictício (Garcia e Niemeyer, 2017) era necessário um arrojado planejamento de sua estrutura. Diante do quadro, Jenkins (2010) acenava para um processo evolutivo dos ARG. Assim, podemos dividir esse processo em duas partes. A primeira parte se refere ao ARG 1.0, no qual era possível encontrar certos elementos que, aparentemente, pareciam fundamentais à sua estrutura que, porém, atualmente, não são mais vistos nos ARG de segunda geração ou ARG 2.0. Cabe citar o exemplo da expressão “*This is not a game*”, que orientava os jogadores a fingirem que não estavam vivenciando um jogo em busca de uma maximização

da sua experiência no processo de jogar os *Alternate Reality Games* (Oliveira, 2015).

Outro exemplo dessa transformação do ARG 1.0 para a versão 2.0 é o termo “*The Curtain*”, ou seja, a cortina, que tinha o papel de separar totalmente os *puppetsmasters* dos jogadores. Essa situação não pode ser aplicada ao contexto de um ARG educacional porque os alunos sabem quem está por trás da cortina idealizando e executando todo o processo, mas não como um misterioso mestre do jogo, e sim como o professor proponente. Ademais, em dias atuais é plenamente possível elaborar um ARG sem a necessidade de uma plataforma-mãe ou equipe de *designers*.

Algumas ferramentas gratuitas podem desempenhar esse papel, tais como o *Facebook*, o *Edmodo*, o *Google Sala de Aula*, entre outros, além do uso das redes sociais. Com certeza, o custo de implantação técnica do desenho diminuiu, porém o tempo dedicado à elaboração, execução e acompanhamento da atividade é naturalmente longo.

### A Capacidade Flexível do ARG

O ARG possui uma capacidade bastante flexível, não apenas para ser incorporado ao ambiente escolar, mas, para além disso, por favorecer a ancoragem de outras possibilidades didáticas, o que potencializa a sua viabilidade em contribuir com habilidades atreladas à aprendizagem de assuntos de química frente às demandas da educação do século XXI, tais como a colaboração, o pensamento crítico, a criatividade, a comunicação, etc. Com o ARG é possível utilizar várias metodologias e estratégias para compor a sua narrativa. Desse modo, os problemas e desafios podem assumir diferentes facetas, ou seja, podem ser facilmente utilizadas dentro do jogo outras possibilidades lúdicas, mas, também, experimentação, casos investigativos, analogias, entre diversas outras facetas. Assim sendo, o ARG ainda pode ser utilizado no ensino de química para colocar em prática a abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática). E, ainda, pode fazer parte da Metodologia Baseada em Problemas, pois os problemas já são intrínsecos à natureza estrutural desse jogo. Cabe ressaltar que, durante a resolução desses problemas, os jogadores colocam em prática a inteligência coletiva (Lévy, 2003).

Sob o mesmo ponto de vista relacionado à capacidade flexível do ARG se fortalece a ideia de agregá-lo à metodologia da Aprendizagem Baseada em Projeto – ABP, pois ela é tida como uma maneira excelente de envolver os alunos em prol do aumento de sua motivação e do seu rendimento escolar (Bender, 2014). Também acreditamos que, quando somados os seus benefícios, o ARG torna a experiência de aprendizagem mais dinâmica, divertida e motivadora.

O ARG possui uma capacidade bastante flexível, não apenas para ser incorporado ao ambiente escolar, mas, para além disso, por favorecer a ancoragem de outras possibilidades didáticas, o que potencializa a sua viabilidade em contribuir com habilidades atreladas à aprendizagem de assuntos de química frente às demandas da educação do século XXI, tais como a colaboração, o pensamento crítico, a criatividade, a comunicação, etc.

Enfim, ainda podemos pensar numa outra combinação que, aparentemente, parece congrega um conjunto de qualidades que são interessantes para os espaços escolares. Tal combinação se refere à unificação do ARG com o ensino híbrido ou aprendizagem combinada.

### Como desenhar um ARG para o ensino de Química?

No que tange ao desenho de um ARG, é notório, antes de tudo, enfatizar que os constructos basilares que fundamentam

esse jogo podem ser chancelados pelo enfoque teórico resguardado à luz do construtivismo. De modo geral, o desenho de ARG pode ser realizado tomando como base algumas orientações dispostas no Quadro 1.

### Considerações finais

O *Alternate Reality Game* – ARG é um jogo que permite possibilidades promissoras para o ensino de química devido a sua flexibilidade em abarcar em sua narrativa um enredo

QUADRO 1. Estrutura-guia para construir desenhos de ARG, possibilidades e algumas dicas. Adaptado de Piñeiro-Otero (2015, p. 6)

Elementos constituintes em um desenho de um ARG	Possibilidades	Dicas
Parte da história que se deseja contar com o ARG	Pode ser uma história totalmente inovadora englobando a química ou seus personagens principais ou, ainda, algo real, adaptado de um livro, uma notícia divulgada na TV, em um <i>site</i> , etc.	Fique atento aos acontecimentos da atualidade. Na narrativa, crie espaços para que os alunos resolvam os problemas, sensibilize-os. Faça um levantamento sobre a estrutura física oferecida pela escola, <i>Wi-Fi</i> livre (ou é necessário solicitar a liberação), etc.
Público-alvo	O ARG pode ser aplicado para qualquer nível de ensino.	Verifique anteriormente a disponibilidade dos seus alunos em relação aos dispositivos móveis ( <i>smartphones</i> ). Veja se possuem acesso à internet. Caso faça alguma atividade em sala de aula, incentive-os a manter o celular com a bateria carregada, etc.
Espaço onde será desenvolvido (real e virtual). Indicar as plataformas, <i>sites</i> , locais físicos, etc.	De preferência, é interessante iniciar o ARG de modo presencial. Dessa forma, todas as regras serão passadas aos alunos. Peça para que os alunos criem grupos nas redes sociais e no <i>WhatsApp</i> . Solicite que eles criem um nome do grupo com algo atrelado à química. Por exemplo, grupo Marie Curie, carbocátion, etc. (caso prefira, já entregue o perfil do <i>Facebook</i> , <i>Instagram</i> , <i>Twitter</i> , etc.). Também é o momento de solicitar os <i>Apps</i> que serão utilizados durante o jogo e definir as formas de comunicação ( <i>e-mail</i> , <i>WhatsApp</i> , <i>Facebook</i> , <i>Instagram</i> , etc. Cabe destacar que não é preciso usar um único modo de comunicação, pois, quanto mais diversificado, mais rico será o seu desenho. Também é conveniente finalizá-lo de modo presencial, pois assim é possível fazer uma discussão com toda turma sobre os seus benefícios para a aprendizagem. Tome nota.	Use os espaços da escola, tais como cantina, laboratório (caso haja), parada de ônibus, praças, biblioteca, museus, igrejas, etc. Afixe cartazes com enigmas, <i>QR Codes</i> (existem vários aplicativos, entre eles, o <i>QR code reader</i> , etc. Sugira (ou peça para que os alunos escolham) um jogo <i>on-line</i> relacionado à química e peça um <i>print</i> da tela como comprovação da pontuação obtida. Esconda artefatos de valor simbólico, crie códigos, cartas secretas, etc. Jogue mensagens enigmáticas nos grupos, como, por exemplo, uma imagem qualquer. Crie seus <i>posts</i> com auxílio do <i>canva.com</i> . É um <i>site</i> gratuito, simples de usar, que ajuda muito na construção de imagens ( <i>posts</i> ) para <i>Facebook</i> , <i>Instagram</i> , <i>WhatsApp</i> , etc. Você também pode usar o gerador de memes para fazer os <i>posts</i> ( <a href="https://www.gerarmemes.com.br">https://www.gerarmemes.com.br</a> ). Caso seja mais ousado, o aplicativo <i>Bitmoji</i> (disponível para <i>Android</i> e <i>iOS</i> ) permite a construção de avatares. Crie palavras cruzadas personalizadas com conteúdos da química: < <a href="https://www.educolorir.com/crosswordgenerator/por/">https://www.educolorir.com/crosswordgenerator/por/</a> >. Elabore caça-palavras: <(http://www.lideranca.org/word/pala.vra.php)>. Não esqueça, tudo tem que envolver a química.
Duração do ARG	Qual a duração – horas, dias, meses? Você precisa definir todas as etapas que comporão o seu desenho. Isso inclui planejar as dificuldades de cada desafio e tempo que os alunos utilizarão para resolvê-los de modo coletivo.	Dose o tempo entre uma e outra entrega de desafio. Espaçamentos longos na entrega de desafios ou de <i>feedbacks</i> geram desmotivação.
Regras e modo de transmiti-las	Você pode elaborar um passo a passo ou à medida que a narrativa for sendo revelada, novas regras podem ser requeridas. Reajustes podem ser feitos com facilidade.	Construa mensagens estabelecendo as regras para toda narrativa ou para uma dada etapa. Por exemplo, peça para que eles façam uma paródia, poesia ou desenho a mão. A regra, nesse caso, é informar que não serão aceitos desenhos feitos por meio do uso de <i>software</i> utilizado para a criação de desenhos.

Elementos constituintes em um desenho de um ARG	Possibilidades	Dicas
Papel que assume o <i>Puppet-master</i> (a pessoa ou pessoas encarregadas do desenho jogo)	Caso você esteja propondo e é professor, você será o mestre do jogo.	Proporcione espaço para que os alunos proponham algo para ser inserido em sua narrativa. Por exemplo, comece uma história no <i>Instagram</i> , <i>Twitter</i> ou <i>Facebook</i> , etc, e peça que eles continuem. Crie uma #hashtag para acompanhar de perto a sua atividade, movimente a escola!
<i>Rabbit hole</i> (chamada à ação, ponto inicial ou pista que pode levar os participantes a ingressar no jogo)	Você precisa definir como fará a chamada inicial. Aqui, neste ponto, você tem muitas possibilidades. Ouse!	Você pode definir um vídeo no <i>Youtube</i> no qual conste alguma informação que os alunos precisarão encontrar. Pode ainda enviar uma mensagem de áudio com efeito (sugerimos o aplicativo “muda a voz com efeito”), um <i>post</i> com o início da sua narrativa, um trecho de filme, uma frase enigmática, etc.
Pistas, enigmas, personagens e informações que configuram os passos intermediários do jogo, e cuja resolução ou interação com os mesmos aproxima os jogadores da conclusão do jogo	Solte sua narrativa de modo gradual. Atribua uma duração para cada desafio (lembrando que desafios complexos requerem mais tempo).	Crie <i>posts</i> para atribuir o <i>feedback</i> para cada etapa. Dê dicas sobre onde pode estar cada enigma. Mande fotos da quadra de esportes (isso dará a ideia que algum objeto ou cartaz poderá estar por lá).
Resposta aos enigmas inseridos na narrativa do ARG	Como você aceitará as respostas? Via mensagem contendo um texto, uma foto da resolução do problema, um experimento simples realizado em casa, etc.	Aconselhamos que, a cada tentativa dos alunos em solucionar um dado problema, você envie uma mensagem ( <i>e-mail</i> , <i>WhatsApp</i> , <i>Messenger</i> , etc.) contendo algo parecido com: “Não foi dessa vez.” “Onde está o erro?” “Tente novamente.” Caso perceba que o erro persiste, é preciso dar uma dica mais contundente. Em caso de acerto imediato por parte dos alunos, envie uma mensagem de incentivo, do tipo: “Parabéns, vocês arrasaram!”.
Incorporação de ação social	Reforce a construção de valores, atitudes, etc. Crie uma campanha solidária durante o tempo total do jogo. Faça os alunos arrecadarem alimentos não perecíveis, brinquedos, roupas, etc. Incentive o bem coletivo!	Após arrecadar todos os materiais que foram solicitados, vá junto com os seus alunos fazer a doação. Poste fotos nas redes sociais, usando a #hashtag criada para o seu jogo. Influencie outros professores com sua experiência!
Sistema de pontuação	A ideia principal é fazer todos os grupos chegarem até a etapa final do seu jogo. A competição, naturalmente irá surgir, mas reforce a ideia da solidariedade.	Para cada etapa cumprida, entregue a pontuação para cada grupo. Sugerimos o uso do aplicativo <i>ranking manager</i> . Obs.: O aplicativo não salva os resultados; logo, após inserir os pontos, faça um <i>print</i> da tela e encaminhe para cada grupo.
Estratégias avaliativas	Neste ponto a avaliação terá um duplo significado. Para você que elaborou o ARG é o momento de compilar todas as potencialidades, erros cometidos, etc. Para os alunos, verifique qual avaliação será mais adequada para os seus objetivos. O ARG dialoga muito bem com a avaliação formativa e diagnóstica.	Lembre-se de que um ARG jamais será igual a outro. Evite, a todo custo, a repetição de um desenho! Explore sua capacidade inovativa!

que favorece a construção de um espaço propício para a manifestação ou aquisição de habilidades de multiletramentos. Por meio do seu desenho, seguindo a sua aplicação, é possível acompanhar, de modo mais eficaz, como está sendo desenvolvida a aprendizagem dos alunos. Além disso, a estrutura do ARG permite que ela possa ser utilizada isolada ou agrupada a outras metodologias ou abordagens, mostrando flexibilidade em construir novos arranjos pedagógicos com vistas à (re)construção de habilidades para o século XXI.

Desse modo, a junção do ARG com outras possibilidades didáticas no ensino de química revela uma tendência em ocorrer a interseção entre as características de cada uma das possibilidades que venham a ser acopladas.

O ARG pode ser utilizado como instrumento de avaliação, sobretudo avaliação do tipo formativa ou diagnóstica. O jogo favorece o letramento digital, sobretudo porque ajuda a integrar a utilização das TIC no currículo escolar de modo planejado. Permite a descoberta, contribui para colocar em

prática os quatro pilares da educação. Ainda, o ARG, quando aplicado em contextos formais e informais de educação, pode favorecer a construção de novos conhecimentos por meio da prática, da exploração, do *feedback* e da reflexão, favorecendo também atitudes relacionadas à mudança de comportamento social.

Para rematar, ressaltamos a importância de o professor utilizar o ARG como produto oriundo da aplicação da Aprendizagem Baseada em Projeto. Desse modo, caberá ao professor acompanhar o andamento da construção dos desenhos. Isso corrobora o preconizado por Chess e Both (2014), que observaram que os melhores desenhos de ARG são criados por alunos. Eles, quando motivados, podem surpreender a todos. Ainda sobre esse ponto, Chechi e Cleophas

(2018) observaram que, ao criar espaços para a construção de ARG pelos alunos, o professor proponente da atividade (nesse caso, não atuante na elaboração do desenho, mas propondo e orientando a sua construção) aprende e, muitas vezes, aprimora algumas habilidades tecnológicas com ajuda de seus alunos. Os autores salientam ainda que isso acarreta um positivo efeito, fazendo com que o professor passe por um processo de formação continuada não intencional, porém de elevada relevância para uma educação científica que deve prezar por manter um viés colaborativo.

---

**Maria das Graças Cleophas** (mgcp76@gmail.com), doutora em Ensino de Ciências e professora da área de Ensino de Química da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, PR - BR.

## Referências

BELLOCCHI, A. Practical considerations for integrating alternate reality gaming into science education. *Teaching Science*, v. 58, n. 4, p. 43-46, 2012.

BENDER, W. N. *Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI*. Porto Alegre: Penso, 2014.

CHECHI, A.; e CLEOPHAS, M. G. Alternate Reality Game (ARG) como estratégia de ensino e aprendizagem da Química. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, Número Extraordinário, p. 1-8, 2018.

CHECHI, A.; e CLEOPHAS, M. G. Alternate Reality Game (ARG) e Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): uma Relação Possível. In: *Anais do XIX Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)*, Rio Branco, AC, p. 1-12, 2018.

CHECHI, A.; SANTOS, M. S. B.; e CLEOPHAS, M. G. Jogo de Realidade Alternativa (ARG): Apresentação e considerações sobre a construção do desenho Upando na Química. In: *Anais do XIX Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)*, Rio Branco, AC, p. 1-12, 2018.

CHESS, S.; e BOOTH, P. Lessons down a rabbit hole: Alternate reality gaming in the classroom. *New Media & Society*, v. 16, n. 6, p. 1002-1017, 2014.

CLEOPHAS, M. G. P. Jogo, TIC e ensino de química: uma proposta pedagógica. In: *XVII Encontro Nacional de Educação em Ciências; I Seminário Internacional de Educação em Ciências*. Livro de atas do XVII ENEC I SIEC. Viana do Castelo (Portugal): Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, p. 1-9, 2017.

CLEOPHAS, M. G. P.; CAVALCANTI, E. L. D.; NERI DE SOUZA, F.; e LEÃO, M. B. C. Alternate Reality Game (ARG): Uma Proposta Didática para o Ensino de Química. *Revista Tecnologias na Educação*, v. 6, p. 1-16, 2014.

CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. L. D.; e LEÃO, M. B. C. Alternate Reality Game (ARG): uma ferramenta para a problematização de conceitos sobre a Química. In: *Anais do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)*, 2014, Ouro Preto, MG, p. 2952-2963, 2014.

CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. L. D.; e LEÃO, M. B. C. Jogo de Realidade Alternada (ARG): Definições, Contribuições, Limitações e Potencialidades para Contextos Educacionais. In: *Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino*

*de Química (ENEQ)*, Florianópolis, SC, p. 1-12, 2016.

CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. L. D.; e LEÃO, M. B. C. Jogo de Realidade Alternativa (ARG) como estratégia didática inovadora no ensino de química. In: *Anais do XIX Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)*, Rio Branco, AC, p. 1-10, 2018.

CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. L. D.; e LEÃO, M. B. C. Jogo de Realidade Alternativa (ARG): uma proposta para a construção de conhecimentos químicos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. Extra, p. 3957-3962, 2017.

CONNOLLY, T. M.; STANSFIELD, M.; e HAINET, T. An alternate reality game for language learning: ARGuing for multilingual motivation. *Computers & Education*, v. 57, n. 1, p. 1389-1415, 2011.

DAVIES, R.; KRIZNOVA, R.; e WEISS, D. eMapps.com: Games and Mobile Technology in Learning. In *Proceedings of First European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2006*. Crete, Greece, October 1-4, 2006.

DELORS, J. (Org.). *Educação: um tesouro a descobrir*. São Paulo: Cortez; 2001.

FIGUEIREDO, C. A. P. *Letras, Santa Maria*, v. 26, n. 53, p. 45-64, 2016.

GARCIA, A.; e NIEMEYER, G. *Alternate Reality Games and the Cusp of Digital Gameplay*. London: Bloomsbury Academic, 2017.

GILLIAM, M.; JAGODA, P.; FABIYI, C.; LYMAN, P.; WILSON, C.; HILL, B.; e BOURIS, A. Alternate Reality Games as an Informal Learning Tool for Generating STEM Engagement among Underrepresented Youth: A Qualitative Evaluation of the Source. *Journal of Science Education and Technology*, v. 26, n. 3, p. 295-308, 2017.

HENRIOT, J. *Sous couleur de joueurs - La métaphore ludique*. Paris: Ed. José Corti, 1989.

HU, X.; ZHANG, H.; e MA RHEA, Z. Alternate reality game in education: A literature review. AARE 2016 - *Transforming educational research*: Proceedings of the Conference for the Australian Association for Research in Education: Transforming Education Research. Baguley, M. (ed.). Australian Association for Research in Education, p. 1-16, 2016.

JAFARI NAIMI, N.; e MEYERS, E. M. Collective Intelligence or Group Think? Engaging Participation Patterns in World without Oil. *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer*

Supported Cooperative Work & Social Computing, Vancouver, BC, Canada, March 14 - 18, 2015, p. 1872-1881.

JENKINS, C. S. Concepts, experience and modal knowledge. *Philosophical Perspectives*, v. 24, p. 255-279, 2010.

KOOS DE BEER, T. B. Alternate reality games (ARG) as innovative digital information sources, *Library Hi Tech*, v. 34, n. 3, p.433-453, 2016.

KULIK, J. A.; e KULIK, C-L. C. Timing of Feedback and Verbal Learning. *Review of Educational Research*, v. 58, n. 1, p. 79-97, 1988.

LÉVY, P. *A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço*. 4a. ed. São Paulo: Loyola, 2003.

LYNCH, R.; MALLON, B.; e NOLAN, K. Mastering the puppets: Criteria for pulling the strings in an Alternate Reality Game. *Journal of Gaming & Virtual Worlds*, v. 5, n. 1, p. 23-40, 2013.

MCGONIGAL, J. "This Is Not a Game: Immersive Aesthetics and Collective Play." Fine Art Forum. Special issue; Digital Arts and Culture. 18:8 August. Originally published in *Proceedings of the Fifth International Digital Arts and Culture Conference*. RMIT, Melbourne, Australia, p. 19-23, 2003.

MCGONIGAL, J. *A realidade em jogo*. Rio de Janeiro: BestSeller, 2012.

NAZ, F.; e MURAD, H. S. Innovative Teaching Has a Positive Impact on the Performance of Diverse Students. *SAGE Open*, v. 7, n. 4, p. 1-8, 2017.

OLIVEIRA, T. M. Tessituras temporais em jogos pervasivos. *Significação: Revista De Cultura Audiovisual*, v. 42, n. 43, p. 162-182, 2015.

PETROSKI, A. ARG Development: 10 Tips To Create An Effective ARG Story. Disponível em <https://elearningindustry.com/arg-development-10-tips-to-create-an-effective-arg-story>, acessada em setembro 2018.

PINEIRO-OTERO, T.; e COSTA-SANCHEZ, C. ARG (Alternate Reality Games). Contributions, Limitations, and Potentialities to the Service of the Teaching at the University Level. *Comunicar*, v. 22, n. 44, p. 141-148, 2015.

PIÑERO-OTERO, T. Esto no es un juego. Transalfabetización y competencia mediática de los futuros profesionales de la comunicación. *TELOS*, v. 101, p. 1-10, 2015.

SHELDON, L. *The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game*. Boston: Course Technology/Cengage Learning, 2011.

SOARES, M. H. F. B.; MESQUITA, N. A. S.; e REZENDE, D, B. O Ensino de Química e os 40 anos da SBQ: o desafio do crescimento e os novos horizontes. *Quim. Nova*, v. 40, n. 6, p. 656-662, 2017.

SOTAMAA, O. All the world's a botfighter stage: Notes on location-based multi-user gaming. In *Proceedings of Computer Games and Digital Content Conference*, Tempere University Press, p. 35-45, 2002.

STEWART, S. (2010). Alternate reality games. Disponível em <http://www.seanstewart.org/interactive/args/>, acessada em setembro de 2018.

WHITTON, N. (2008). Alternate reality games for developing student autonomy and peer learning. Disponível em [http://www.labquest.fr/wp-content/uploads/2014/02/nicola\\_whitton\\_alternative-reality1.pdf](http://www.labquest.fr/wp-content/uploads/2014/02/nicola_whitton_alternative-reality1.pdf), acessada em setembro de 2018.

**Abstract:** *Alternate Reality Game (ARG): Brief History, Definitions and Benefits for the Teaching and Learning Processes of Chemistry.* Technologies are increasingly present in students' daily lives. Creating spaces to exploit them effectively in the teaching and learning processes of chemistry is potentially promising. Based on this, this article becomes relevant to repaginate Chemistry Education and propose new pedagogical arrangements which may contribute to chemistry learning. To do so, we discuss the Alternative Reality Game (ARG) from the presentation of its benefits. The ARG is unique and appealing to today's educational contexts as it merges concrete realities with virtual ones. Finally, we elucidate aspects related to their definitions, peculiarities and, later, we present a drawing of how to construct proposals based on the ARG.

**Keywords:** Alternate Reality Game - ARG; Alternative Reality Game; chemistry teaching; chemistry.



## Humphry Davy e a natureza metálica do potássio e do sódio

Júlia Rabello Buci e Paulo Alves Porto

Este artigo focaliza a preparação das substâncias potássio e sódio feita, pela primeira vez, pelo químico inglês Humphry Davy (1778-1829). Essas preparações foram possíveis a partir da utilização da pilha voltaica como instrumento de análise química, mas os resultados obtidos e divulgados por Davy em 1807 não estiveram livres de controvérsias. Embora apresentassem algumas propriedades bastante diferentes dos metais até então conhecidos, como sua grande reatividade e densidade inferior à da água, Davy logo admitiu que as duas novas substâncias eram metais. Outros químicos da época, como os franceses J. L. Gay-Lussac (1778-1850) e L. J. Thenard (1777-1857), questionaram as interpretações de Davy, colocando em dúvida o próprio caráter elementar dos metais.

► Humphry Davy, potássio, sódio, metal, história da química ◀

Recebido em 21/01/2019, aceito em 05/02/2019

344

**O** que é um metal? Esta é uma pergunta aparentemente trivial, mas uma resposta precisa, do ponto de vista da química, pode não ser nada simples. Atualmente, é comum se associar o conceito de metal a certo mecanismo característico de conduzir eletricidade. Os metais, porém, são conhecidos desde a Antiguidade – e o trabalho com eles foi fundamental para o desenvolvimento das civilizações ao longo da história. O reconhecimento dos metais é, assim, muitíssimo anterior à identificação do fenômeno da condução elétrica e ao desenvolvimento de explicações científicas para esse fenômeno.

O presente artigo aborda um caso histórico relacionado à definição de metal, um tema importante para o ensino de química. Metais estão presentes no cotidiano e no sistema produtivo, e, portanto, é relevante que os cidadãos estejam bem informados sobre os metais, inclusive sobre o que são. Assim, documentos históricos, analisados sob perspectiva historiográfica atualizada, podem auxiliar no entendimento da transformação do conceito de metal com o passar do

O presente artigo aborda um caso histórico relacionado à definição de metal, um tema importante para o ensino de química.

tempo, proporcionando a professores e alunos uma melhor compreensão do significado desse conceito na atualidade. As perspectivas oferecidas pela contemporânea historiografia da ciência, contemplando a construção social do conhecimento científico, estão em acordo com a vertente construtivista do ensino, bem como com a abordagem CTSA (ciência, tecnologia, sociedade e ambiente) (PORTO, 2010). Considerando isso, este artigo focaliza questões acerca da definição do que seria um metal, surgidas após a pioneira preparação dos metais alcalinos (sódio e potássio), em 1807, pelo químico inglês Humphry Davy (1778-1829) e comunicada por ele em uma de suas célebres Conferências Bakerianas<sup>1</sup>.

### Primeiras ideias de Davy sobre os "álcalis fixos"

No início do século XIX, havia fortes suspeitas entre os químicos de que a potassa e a soda<sup>2</sup> fossem compostos – mas não havia evidências diretas de sua decomposição e síntese, tampouco consenso a respeito de quais poderiam ser seus constituintes. Alguns químicos italianos e franceses defendiam, na época, que a potassa seria constituída de cal e hidrogênio. Para outros, o nitrogênio estaria presente na

Esta seção contempla a história da Química como parte da história da ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído.

composição desses álcalis, em analogia com a constituição do álcali *volátil*, a amônia. Ao iniciar suas investigações, Davy acreditava que a potassa seria um composto de nitrogênio, combinado com fósforo ou enxofre. Seu raciocínio era por analogia: na amônia, o nitrogênio estava combinado com um elemento constituinte de uma substância simples muito “leve”, o hidrogênio – resultando no álcali volátil; então, nos chamados álcalis *fixos* (potassa e soda), o mesmo nitrogênio poderia estar combinado a corpos mais “densos”, como o fósforo ou o enxofre. Como nenhum composto de nitrogênio e fósforo, nem de nitrogênio e enxofre, eram até então conhecidos, Davy considerou que esta seria uma boa hipótese para se investigar (Davy, *apud* J. Davy, 1836, p. 381).

### Os experimentos de eletrólise

Há registros de que Davy teria começado suas tentativas de decompor a potassa no laboratório da *Royal Institution* de Londres em 16 de outubro de 1807 (PARIS, 1831, p. 275). Inicialmente, Davy havia tentado utilizar soluções concentradas de potassa à temperatura ambiente, recorrendo ao mais intenso “poder elétrico” de que ele dispunha à época (ou seja, uma pilha voltaica formada por um grande número de pares metálicos), com o intuito de provocar a decomposição do álcali. Observou, porém, que somente a água se decompunha, produzindo hidrogênio e oxigênio, e liberando muito calor (DAVY, 1808a, p. 3). Sabendo disso, Davy tentou fazer o experimento com a potassa sob álcool e outros líquidos nos quais esse álcali não se dissolvia. Aparentemente, houve produção de gás, mas sem que Davy pudesse compreender o que estava acontecendo. Em suas anotações, Davy se referiu a um “gás alcaligênio” (gerador de álcalis; no original inglês, *alkaligen*) – um nome criado em analogia a “oxigênio” (gerador de ácidos). Há indícios de que Davy pode ter conseguido produzir, sob óleo, minúsculas porções de potássio, as quais em seguida ele tentou combinar com mercúrio. Paris (1831) cita as seguintes anotações feitas por Davy em um caderno de laboratório: “Ação da substância sobre o mercúrio – forma com ele um amálgama sólido, que logo perde seu *alcaligênio* para o ar” (PARIS, 1831, p. 275-276).

Era fato conhecido que a potassa seca não era condutora, logo não havia como eletrolisá-la dessa forma. Davy tentou então fazer com que a eletricidade agisse sobre potassa fundida, utilizando uma chama de álcool alimentada por um fluxo de oxigênio, a fim de obter as altas temperaturas necessárias. A amostra de potassa foi colocada sobre uma colher de platina, a qual era conectada a um dos terminais da pilha. Um fio de platina era mantido em contato com a potassa, e conectado ao terminal oposto. Sob forte aquecimento, o álcali fundiu e se tornou um bom condutor de eletricidade, produzindo

Era fato conhecido que a potassa seca não era condutora, logo não havia como eletrolisá-la dessa forma. Davy tentou então fazer com que a eletricidade agisse sobre potassa fundida, utilizando uma chama de álcool alimentada por um fluxo de oxigênio, a fim de obter as altas temperaturas necessárias.

diversos fenômenos. Ao conectar o lado negativo da pilha à colher de platina, Davy observou que “glóbulos aeriformes, que se inflamavam na atmosfera, ergueram-se em meio à potassa” (DAVY, 1808a, p. 3-4). Como a potassa estava “aparentemente” seca neste experimento, Davy acreditou que a substância inflamável que se formou resultava da decomposição da potassa. Passou, em seguida, a tentar isolar essa substância – mas sem obter sucesso enquanto trabalhou com a potassa fundida por aquecimento.

Davy decidiu então tentar outra abordagem, abrindo mão do aquecimento e valendo-se apenas da eletricidade para provocar a fusão da potassa. Em vez de utilizar potassa completamente seca, deixou a amostra exposta à atmosfera, apenas o suficiente para que a superfície absorvesse um pouco de umidade, tornando-se assim condutora de eletricidade. Utilizando sua pilha mais poderosa, Davy fez passar a corrente elétrica pela amostra de potassa, e observou que o álcali começou a fundir junto aos pontos de contato elétrico. Assim Davy descreveu, em sua Conferência Bakeriana de 1807, o que ocorreu em seguida:

Houve uma violenta efervescência na superfície superior; na superfície inferior, ou negativa, não houve liberação de fluido elástico [*i.e.*, *gás*]. Porém, apareceram pequenos glóbulos, com grande brilho metálico, sendo precisamente similares, nos aspectos visíveis, ao mercúrio. Alguns dos glóbulos queimaram com explosões e chama brilhante, tão logo se formavam; e outros permaneceram, e ficaram apenas embaçados, e finalmente cobertos por um filme branco que se formou em sua superfície (DAVY, 1808a, p. 5).

Na sequência, Davy se referiu à substância produzida como sendo a “base da potassa”<sup>3</sup>. Um novo nome para essa substância somente viria a ser sugerido, no texto da conferência, algumas páginas adiante. Na descrição feita por Davy, ele destacou que não houve liberação de gás junto ao

polo negativo, isto é, descartou a produção de hidrogênio nesse caso. Além disso, Davy comparou o novo material produzido com o mercúrio, estabelecendo desde logo uma relação com uma substância metálica. Descreveu ainda que o “brilho metálico” da *base da potassa* desaparecia rapidamente pelo contato com a atmosfera: uma crosta branca de potassa pura se

formava, e logo deliquescescia, isto é, dissolvia-se pela absorção da umidade atmosférica.

O resultado do experimento foi surpreendente para Davy, que percebeu ter tido sucesso em seus esforços, ao mesmo tempo em que se viu diante de uma substância nunca produzida anteriormente. A reação de pesquisador foi assim relatada por seu irmão John Davy: “[Humphry Davy] não pôde conter sua alegria – ele literalmente dançou pela sala

em alegria extática; e foi necessário algum tempo até que ele se recompusesse o suficiente para continuar o experimento” (J. DAVY, 1836, p. 384).

Davy tratou logo de afastar a possibilidade de a substância observada ser proveniente da platina: substituiu esse metal por pedaços de cobre, prata, ouro, grafita ou carvão, obtendo o mesmo produto. Também descreveu outros aparatos experimentais para decompor a potassa por eletrólise, chamando a atenção para as dificuldades envolvidas (DAVY, 1808a, p. 5).

Alguns dias depois, Davy obteve a decomposição da soda, usando procedimento análogo ao descrito para a potassa, mas necessitando de uma pilha mais poderosa. Também nesse caso, os glóbulos gerados no experimento queimavam em contato com a atmosfera logo após serem formados. Embora os resultados fossem semelhantes, Davy também observou diferenças, como a maior temperatura de fusão da substância formada a partir da soda. Davy comparou essa nova substância produzida com um material tipicamente metálico, ao escrever que ela “exibiu o brilho da prata” (DAVY, 1808a, p. 6).

Davy observou uma analogia entre seus novos experimentos e as eletrólises de óxidos então conhecidas. Segundo ele, o oxigênio era sempre produzido no terminal elétrico positivo, enquanto as “bases combustíveis” eram obtidas junto ao terminal negativo. Também no caso da decomposição da potassa e da soda, Davy, após recolher e examinar com cuidado o gás formado junto ao terminal positivo, concluiu se tratar de oxigênio puro (DAVY, 1808a, p. 7).

Seguindo a concepção desenvolvida por Antoine Lavoisier (1743-1794), Davy tratou de demonstrar que as substâncias obtidas eram, de fato, os componentes da potassa e da soda. Assim, realizou a síntese da potassa, combinando a recém-preparada *base da potassa* com oxigênio, demonstrando sua composição. Procedimento análogo foi feito para a soda. Mais adiante, no mesmo texto, Davy descreveu como determinou quantitativamente a proporção em massa de oxigênio e base na composição da potassa (chegando ao valor médio de 86% de *base da potassa* para 14% de oxigênio) e também da soda (valor médio de 77% de *base da soda* para 23% de oxigênio) (DAVY, 1808a, p. 27-31)<sup>4</sup>. Ao descrever esses processos, Davy usou a expressão “glóbulos metálicos” para descrever as novas substâncias que, ao queimar rapidamente com oxigênio, se convertiam em potassa ou soda (DAVY, 1808a, p. 8). Isto é, antes mesmo de passar à discussão da natureza metálica das novas *bases*, Davy já adiantava a conclusão a seu público em vários trechos da conferência.

No texto publicado da Conferência Bakeriana de 1807, Davy dedicou muitas páginas à descrição das propriedades físicas e químicas das duas novas substâncias, destacando sua formidável reatividade: “tive considerável dificuldade em

conservá-las e confiná-las para examinar suas propriedades, e submetê-las a experimentos. Pois, como os *alkahests* imaginados pelos alquimistas, elas atuavam, às vezes mais, às vezes menos, sobre quase qualquer corpo aos quais estivessem expostas” (DAVY, 1808a, p. 10). Aqui, Davy comparou as bases dos álcalis fixos ao *alkahest*, substância que foi muito discutida por químicos e filósofos naturais ao longo dos séculos XVII e XVIII: segundo algumas interpretações dessa época, o *alkahest* seria capaz de dissolver qualquer outra substância. Após intensos debates sobre qual poderia ser a composição do *alkahest*, sem que nunca se houvesse chegado a um consenso, a ideia foi caindo em desuso, até ser considerada como apenas mais um dos sonhos dos alquimistas<sup>5</sup>. Como as novas substâncias sequer podiam ficar expostas à atmosfera, pois reagiriam rapidamente com a umidade e o oxigênio do ar, Davy buscou uma substância com a qual as novas bases não reagissem, e que pudesse mantê-las isoladas do ar para armazená-las. A substância que melhor serviu a essa finalidade, segundo Davy, foi a nafta<sup>6</sup> recém-destilada.

Davy estudou sistematicamente, e relatou na conferência de 1807 as seguintes propriedades físicas das *bases da potassa* e *da soda*: densidade; temperaturas de fusão e ebulição; condutibilidade elétrica e térmica. Quanto às propriedades químicas, descreveu a reatividade das novas substâncias com oxigênio, com as próprias potassa e soda, com ácido oximuriático<sup>7</sup>, hidrogênio, água, gelo, éter, álcool, ácido sulfúrico, ácido nítrico, fósforo, enxofre, mercúrio, ceras, cânfora, óxidos metálicos, vidros, entre outros materiais, em uma variedade de condições. É notável o trabalho realizado por Davy em pouco mais de um mês, entre a primeira obtenção do potássio e a comunicação pública na Conferência Bakeriana de 1807, ainda mais considerando que ele manipulava substâncias cujo comportamento era bastante diferente de tudo o que até então era conhecido.

A *base da potassa* preparada por Davy não era sólida à temperatura ambiente, ainda que fosse “apenas imperfeitamente fluida” a 60 °F (15,6 °C), somente ficando completamente líquida a 100 °F (38 °C). Segundo Davy, a 50 °F (10 °C) a *base da potassa* se tornava “um sólido macio e maleável, com o brilho da prata polida”; seus cristais, vistos ao microscópio, apresentavam “grande esplendor metálico” (DAVY, 1808a, p. 10). As observações referentes à temperatura de fusão sugerem que Davy não obteve potássio puro, cujo ponto de fusão é de 146 °F (63 °C). É provável que ele tenha obtido uma liga de potássio e sódio, a qual, dependendo da composição, pode ser líquida à temperatura ambiente. Isso se deveria à presença de soda como impureza na potassa utilizada por Davy, uma circunstância bastante plausível, dada a semelhança das propriedades dessas duas substâncias.

Ao discutir a maleabilidade da *base da soda*, Davy observou que essa substância podia ser transformada em

É notável o trabalho realizado por Davy em pouco mais de um mês, entre a primeira obtenção do potássio e a comunicação pública na Conferência Bakeriana de 1807, ainda mais considerando que ele manipulava substâncias cujo comportamento era bastante diferente de tudo o que até então era conhecido.

folhas muito finas. Além disso, observou que glóbulos dessa substância podiam ser unidos com facilidade, aplicando-se pressões elevadas. Concluiu ele: “a propriedade da soldagem, que somente ocorre ao ferro e à platina em temperaturas muito elevadas, é observada para esta substância à temperatura comum” (DAVY, 1808a, p. 21). Uma vez mais, Davy comparou um dos materiais recém-obtidos a metais típicos, atribuindo àquele uma propriedade característica destes. Davy destacou também as condutibilidades elétrica e térmica das novas substâncias, descrevendo a *base da potassa* como “um perfeito condutor de eletricidade” e “um excelente condutor de calor”, e a *base da soda* como tendo propriedades similares (DAVY, 1808a, p. 11 e 21). Essas propriedades, aliadas ao brilho característico, à maleabilidade e ao aspecto cristalino, eram próprias dos metais.

No entanto, observou Davy: “Assemelhando-se aos metais em todas essas propriedades sensíveis, [a *base da potassa*], entretanto, é notavelmente diferente de qualquer um deles quanto à gravidade específica” (DAVY, 1808a, p. 11). De fato, Davy ficou surpreso ao observar que a densidade da *base da potassa*, em relação à densidade da água, era de 0,6 (o valor aceito atualmente é de 0,8), o que fazia dela o líquido menos denso conhecido por ele. A *base da soda*, que Davy obteve como sólido à temperatura ambiente, teve sua densidade relativa determinada com maior precisão: 0,9348 (próximo ao valor aceito atualmente) – ou seja, também era menos densa do que a água. A baixa densidade foi apontada por Davy como um argumento contra a classificação das novas substâncias como metais, como se verá a seguir.

### “Poderiam as bases da potassa e da soda ser chamadas de metais?”

Com essa pergunta, Davy abriu a seção de sua conferência na qual discutiu a natureza das duas novas substâncias, afirmando em seguida que “A maioria dos filósofos a quem apresentei esta questão respondeu afirmativamente” (DAVY, 1808a, p. 31). Davy não nomeou quem seriam esses “filósofos” consultados por ele, mas pode-se deduzir que se tratava de membros da comunidade de filósofos naturais britânicos próximos de Davy. Poucas linhas adiante, ao discutir que nomes deveriam ser atribuídos às novas substâncias, Davy declarou haver consultado “muitos dos mais eminentes homens de ciência deste país”, mais uma vez sem especificar quem seriam. Nos documentos aos quais tivemos acesso, foi possível identificar um desses personagens: trata-se de George Pearson (1751-1828), químico, médico e membro da *Royal Society*, identificado por uma citação feita por Paris (1831, p. 268). Outro indício curioso encontra-se em uma carta enviada por Davy a seu amigo William Pepys (1775-1856) em 13 de novembro de 1807, apenas seis dias

Davy estava diante de uma questão fundamental das ciências naturais, especialmente da química: a questão da classificação. Schummer (1998), referindo-se à química atual, argumenta que o critério fundamental para classificação de substâncias é a semelhança de reatividade química.

antes de proferir a Conferência Bakeriana. Na carta, Davy comunica rapidamente a Pepys, em meio a outros assuntos: “Decompus e recompus os álcalis fixos, e descobri que suas bases são duas novas substâncias inflamáveis, *muito semelhantes a metais*. Mas uma delas é mais leve do que o éter, e infinitamente combustível” (DAVY, *apud* PARIS, 1831, p. 279, grifo nosso). O curioso é que Davy descreve as duas novas substâncias a Pepys não como metais, mas como “muito semelhantes a metais” – destacando a seguir duas propriedades que não seriam características dos metais, sendo que a primeira é a baixa densidade. O desenvolvimento da argumentação a respeito da natureza metálica das novas substâncias isoladas por Davy, exposto na Conferência Bakeriana de 1807, é transcrito a seguir:

Elas [*i.e., as bases da soda e da potassa*] coincidem com os metais em opacidade, brilho, maleabilidade, capacidade de condução de calor e eletricidade, e em suas qualidades de combinação química.

Sua baixa gravidade específica não parece ser uma razão suficiente para fazer delas uma nova classe; pois, dentre os próprios metais, existem notáveis diferenças a esse respeito, sendo a platina cerca de quatro vezes mais pesada [*i.e., mais densa*] do que o telúrio. Na divisão filosófica das classes de corpos, a analogia do maior número de propriedades deve ser sempre o fundamento do arranjo (DAVY, 1808a, p. 31-32).

A discussão era bastante pertinente, pois, como observou Paris (1831, p. 268), propriedades como elevada densidade e brilho há tanto tempo estavam associadas aos metais que era muito difícil separá-las desse conceito. A esse respeito, Paris menciona o episódio envolvendo George Pearson. Ao ser apresentado, no laboratório da *Royal Institution*, ao recém-preparado potássio, Pearson teria sido questionado sobre qual seria a natureza daquela nova substância. Observando seu brilho, Pearson não teria hesitado em responder: “Ora, é metálica, com certeza”. Tomando uma amostra entre seus dedos, teria acrescentado, confiante: “Caramba, como é pesada!” (PARIS, 1831, p. 268). Ou seja, mesmo manipulando uma substância muito pouco densa, Pearson estava tão certo de que se tratava de um metal que a sentia “pesada”.

Davy estava diante de uma questão fundamental das ciências naturais, especialmente da química: a questão da classificação. Schummer (1998), referindo-se à química atual, argumenta que o critério fundamental para classificação de substâncias é a semelhança de reatividade química. No caso analisado aqui, as propriedades químicas devem ter sido importantes para Davy, pois ele mencionou que as *bases da potassa e da soda* apresentavam as mesmas “qualidades de combinação química” que os

metais conhecidos. Entretanto, o que parece ter sido decisivo para Davy foram as propriedades físicas tipicamente metálicas do brilho (mencionado repetidas vezes por Davy), maleabilidade e condutibilidade térmica e elétrica. Assim, embora a densidade fosse bastante inferior à dos metais típicos, Davy considerou que essa propriedade seria menos relevante que as demais para definir um metal. Ou seja, Davy não deve ter considerado apenas a analogia com o “maior número” de propriedades, mas também o que considerava como propriedades essenciais e acessórias dos metais.

### Novos nomes para novas substâncias

A questão seguinte a que Davy se dedicou foi a dos nomes a serem atribuídos aos novos metais. Como, para ele, não havia dúvida de que se tratavam de metais, seus nomes deveriam ser formados utilizando o sufixo latino (“-ium”) que se convencionou atribuir aos metais. Davy optou por seguir a “nova nomenclatura” da química, conforme proposta por Lavoisier, L. B. Guyton de Morveau (1737-1816), C. L. Berthollet (1748-1822) e A. F. Fourcroy (1755-1809), em *Méthode de nomenclature chimique*, de 1787. Conforme sumarizado por Lavoisier em seu *Tratado Elementar de Química*, as substâncias simples recém-descobertas deveriam ser nomeadas por palavras simples, de preferência de origem grega, e que “exprimissem a propriedade mais geral, a mais característica das substâncias” (LAVOISIER, 2007, p. 21). Um exemplo seria a atribuição do nome “hidrogênio” ao gás que era anteriormente conhecido como “ar inflamável”, visto ser sua propriedade característica a combinação com oxigênio para produzir água (“hidrogênio” significa “gerador de água”). Porém, Davy afirmou que não pôde fazer isso no caso das *bases da potassa e da soda* por dois motivos. Primeiro, não havia propriedades características que não fossem comuns a ambas e, assim, os nomes eventualmente atribuídos por esse critério não permitiriam a identificação imediata das substâncias. Segundo, Davy afirmou que os antigos gregos provavelmente não distinguiam a soda da potassa; por isso, embora houvesse palavras gregas que pudessem se referir à *base da soda*, não haveria um termo grego que pudesse ser aplicado à potassa. Impedido, portanto, de atribuir nomes que se referissem às propriedades das *bases da potassa e da soda*, Davy decidiu criar nomes que associassem as novas substâncias aos materiais de onde foram extraídas:

*Potassium* [sic] e *sodium* são os nomes pelos quais tomo a liberdade de chamar as duas novas substâncias. E quaisquer que sejam as mudanças que daqui para a frente possam ocorrer na teoria, referente à composição dos corpos, esses nomes dificilmente poderão expressar um erro: pois pode-se considerar que eles

simplesmente indicam os metais produzidos a partir da potassa e da soda (DAVY, 1808a, p. 32).

Davy reconheceu que era preciso ter cautela ao atribuir nomes a novas substâncias para evitar que eles exprimissem considerações teóricas que pudessem ser refutadas mais tarde. A preocupação de Davy é compreensível: a “nova química” de Lavoisier era ainda recente e, embora Davy avaliasse que ela havia “destruído a hipótese de Stahl”<sup>8</sup> sobre a combustão, a calcinação e outros fenômenos (DAVY, 1808a, p. 33), Davy acreditava que também as novas ideias de Lavoisier poderiam vir a ser substituídas por outras no futuro (DAVY, 1808a, p. 32-33). Davy reconheceu, porém, que mesmo que as teorias viessem a ser revistas, dificilmente se modificaria a noção de que os metais são substâncias simples. Ainda assim, Davy registrou, em nota de rodapé no texto de sua conferência, que ele próprio chegou a considerar a possibilidade de que os metais seriam compostos, o que ele chamou de “uma teoria química flogística” e que

Davy reconheceu que era preciso ter cautela ao atribuir nomes a novas substâncias para evitar que eles exprimissem considerações teóricas que pudessem ser refutadas mais tarde.

poderia, certamente, ser defendida, acerca da ideia de que os metais são compostos de certas bases desconhecidas, com a mesma matéria que existe no hidrogênio... Mas, nessa teoria, supõe-se a existência de mais princípios desconhecidos do que na teoria geralmente aceita. Seria menos elegante e menos distinta (DAVY, 1808a, p. 33).

Essa citação demonstra como a teoria do flogístico ainda era cogitada, mesmo entre os adeptos da “nova química”, como Davy. Afinal, após décadas de elaboração, a teoria do flogístico fora adotada por grande parte da comunidade de químicos, pois atendia a suas necessidades. Mesmo após a emergência de uma “nova química”, a teoria do flogístico não poderia ser simplesmente esquecida de imediato – como desejara Lavoisier. Assim, é possível entender que outros químicos, como J. L. Gay-Lussac (1778-1850) e L. J. Thenard (1777-1857), tenham duvidado do caráter metálico e de substância simples dos novos materiais obtidos por Davy, conforme se verá mais adiante. É interessante observar que um dos motivos citados por Davy para preferir a teoria de Lavoisier à do flogístico é que aquela supõe a existência de menos “princípios desconhecidos”, ou seja, é uma aplicação da navalha de Occam.

Mesmo após a proposição dos novos nomes, Davy continuou, ao longo do texto de sua conferência de 1807, a se referir às novas substâncias como “base da potassa” e “base da soda”. Talvez Davy estivesse à espera da chancela de seus colegas químicos para os nomes que criara. O que se pode observar é que, no texto da Conferência Bakeriana seguinte, apresentada na *Royal Society* em junho de 1808 (cerca de sete meses após a anterior), Davy já utilizou, sem ressalvas, os termos “potássio” e “sódio” para se referir aos

novos metais (DAVY, 1808b). Aliás, observa-se que, em algum momento entre essas duas conferências, Davy mudou ligeiramente sua proposta original, de “potassium” para “potassium” – que, afinal, foi o nome adotado definitivamente para essa substância elementar.

### Os debates acerca da natureza do potássio e do sódio

Após o anúncio da preparação do potássio e do sódio, essas novas substâncias despertaram muita curiosidade entre os químicos, que passaram a debater as possíveis interpretações para as evidências disponíveis. F. R. Curaudau (1765-1813), por exemplo, apresentou ao *Institut de France* uma série de opiniões contrárias às interpretações de Davy, argumentando, entre outros pontos, que o carbono seria um dos elementos que estaria presente na composição do potássio, e que o hidrogênio também deveria estar nele presente, o que explicaria o baixo valor de sua densidade (PARIS, 1831, p. 272). Davy demonstrou que a suposta presença de carbono se devia a impurezas resultantes do processo utilizado por Curaudau. A hipótese de que as novas substâncias seriam compostos dos álcalis com hidrogênio, porém, foi mais difícil de rejeitar, e vários químicos do período a defenderam.

Gay Lussac e Thenard, em particular, discordaram da conclusão de Davy de que a soda e a potassa fossem compostos de oxigênio com dois novos metais. Em publicação de janeiro de 1808, afirmaram não haver “razões em maior número para se admitir que os álcalis são compostos do que para considerá-los como corpos simples. É possível supor que os metais obtidos são apenas combinações desses álcalis com hidrogênio” (GAY-LUSSAC & THENARD, *apud* SIEGFRIED, 1963, p. 251), sustentando essa suposição com uma série de experimentos. Davy procurou mostrar inadequações na proposta dos químicos franceses, argumentando que as observações experimentais também poderiam ser explicadas considerando que as novas substâncias seriam simples, e não compostos (DAVY, 1808b, p. 367, nota).

Davy (1808b, p. 367) mencionou que as conclusões de Gay-Lussac e Thenard retomavam, de certa forma, a teoria do flogístico – segundo a qual os metais seriam compostos por suas respectivas “cales”, combinadas com um princípio também existente no hidrogênio, o flogístico. É interessante observar que nem Davy, nem seus oponentes franceses, se referiam ao fato de que os álcalis pesavam mais do que os metais preparados a partir deles, o que ilustra as dificuldades envolvidas no debate sobre a composição das substâncias (LE GRAND, 1974, p. 64). Conforme observaram Siegfried (1963, p. 255-256) e Le Grand (1974, p. 64), a omissão do princípio da conservação da massa, como critério para decidir sobre a composição ou não dos metais, é um ponto significativo nessas disputas. Foi somente em 1810 que Gay-Lussac e Thenard afinal concordaram com a interpretação de Davy de que sódio e potássio seriam corpos simples, baseados em novos experimentos realizados por eles (SIEGFRIED, 1963, p. 256).

Apesar da grande reputação de Davy na Europa, pela excelência de suas habilidades analíticas, por seu trabalho com os óxidos de nitrogênio, e ainda por sua primeira Conferência Bakeriana sobre eletroquímica (DAVY, 1807), poucos químicos entenderam as implicações teóricas dos trabalhos de Davy: a descoberta do oxigênio nos álcalis fixos ameaçava destruir a teoria de que o oxigênio seria responsável pela acidez – conforme proposto por Lavoisier, e que justificava o nome atribuído por ele a essa substância. O estabelecimento de consenso em torno de concepções teóricas que dessem conta dos experimentos de Davy foi mais difícil e demorado do que a aceitação do caráter metálico do potássio e do sódio (LE GRAND, 1974).

### Considerações Finais

Quando Davy submeteu a potassa e a soda à eletrólise, pareceu ter poucas dúvidas de que estava produzindo uma decomposição. Ele também se convenceu rapidamente de que as novas substâncias, posteriormente batizadas de potássio e sódio, eram metais, apesar de suas extraordinárias reatividades e de suas densidades serem muito menores do que as de qualquer outro metal. Aqui, percebe-se a necessidade de uma reflexão a respeito de quais seriam propriedades essenciais dos metais, e quais seriam acessórias, para a definição do critério de classificação. A importância que Davy atribuía à eletricidade pode ter sido decisiva para que ele considerasse a propriedade da condutibilidade elétrica entre as essenciais.

Thenard e Gay-Lussac estiveram entre os maiores críticos do trabalho de Davy. Por algum tempo, eles acreditaram que os metais poderiam ser compostos por “bases” desconhecidas e associadas a uma substância também encontrada no hidrogênio, ou simplesmente seriam compostos dos álcalis com hidrogênio. Percebe-se, assim, a necessidade de se pensar com cuidado na ideia de que houve uma “revolução química”, na qual a teoria do flogístico foi prontamente abandonada e as novas ideias de Lavoisier foram logo aceitas por todos. Este episódio mostra a permanência de ideias semelhantes àquelas pertencentes ao panorama conceitual do flogístico, mesmo entre químicos franceses. Nesse sentido, Siegfried (1963) já havia observado como a conservação da massa não estava no centro da argumentação em torno do caráter elementar das novas substâncias (e mesmo dos metais em geral), como recomendava o programa lavoisieriano. Podemos considerar que o novo e importante papel desempenhado pela eletricidade nas transformações químicas possa ter influenciado nesse aspecto, pois a eletricidade era considerada por muitos como um fluido imponderável<sup>9</sup>. E, se o imponderável participava de maneira tão importante nas transformações químicas, é compreensível que a conservação da massa pudesse ficar, por vezes, em segundo plano.

### Agradecimentos

PAP agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio à pesquisa (no. 426519/2016) e pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa (no. 307652/2017-3).

## Notas

<sup>1</sup>*Bakerian Lecture*, ou Conferência Bakeriana, é a principal conferência na área de ciências físicas proferida anualmente na *Royal Society* inglesa. Foi instituída por Henry Baker, e ocorre desde 1775. A conferência é proferida por um membro da *Royal Society*, escolhido pelo conselho da instituição (<http://royalsociety.org/awards/bakerian-lecture/>).

<sup>2</sup>Esses nomes eram atribuídos, respectivamente, ao que hoje chamamos *hidróxido de potássio* e *hidróxido de sódio*; mas também podiam se referir, dependendo do contexto, aos óxidos de potássio e de sódio.

<sup>3</sup>O que Davy chamou de “base da potassa” seria o potássio metálico, assim como o que ele depois chamou provisoriamente de “base da soda” seria o sódio metálico.

<sup>4</sup>Embora esses valores possam parecer próximos dos aceitos atualmente, é preciso considerar que Davy provavelmente

trabalhou com amostras de potássio e sódio impuras, conforme se verá na sequência.

<sup>5</sup>Para uma discussão do conceito original de *alkahest*, vide: Porto, 2002.

<sup>6</sup>Nafta é uma mistura de hidrocarbonetos destilada do petróleo, usada como solvente.

<sup>7</sup>Posteriormente chamado de “cloro” e reconhecido como sendo uma substância simples.

<sup>8</sup>Isto é, a teoria do flogístico. Sobre essa teoria, vide: Alfonso-Goldfarb *et al.*, 2016.

<sup>9</sup>Sobre os fluidos imponderáveis na química do início do século XIX, vide: Baldinato, 2016, p. 81-segs. *et passim*.

**Júlia Rabello Buci** (profjurb@gmail.com), bacharela em Química com Atribuições Tecnológicas pela Universidade Presbiteriana Mackenzie de São Paulo, especialista em Química pelas Faculdades Oswaldo Cruz de São Paulo, é mestra em Ensino de Ciências pelo Programa Interunidades de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP). Atualmente, é professora no Centro Universitário Campo Limpo Paulista (Unifaccamp). Campo Limpo Paulista, SP – BR. **Paulo Alves Porto** (palporto@iq.usp.br), bacharel e licenciado em Química pela USP, mestre e doutor em Comunicação e Semiótica pela PUC-SP, livre docente em Ensino de Química pela USP, é professor do Instituto de Química da USP e coordenador do Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química (GHQ). São Paulo, SP – BR.

## Referências

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R.; PORTO, P. A. *Percursos de História da Química*. São Paulo: LF Editorial, 2016.

BALDINATO, J. O. *Conhecendo a química: um estudo sobre obras de divulgação do início do século XIX*. Tese (Doutorado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. doi:10.11606/T.81.2016.tde-21032016-113015. Acesso em: 06 fevereiro 2019.

DAVY, H. The Bakerian Lecture, on some chemical agencies of electricity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, p. 1-56, 1807.

\_\_\_\_\_. The Bakerian Lecture: On Some New Phenomena of Chemical Changes Produced by Electricity, Particularly the Decomposition of the Fixed Alkalies, and the Exhibition of the New Substances Which Constitute Their Bases; And on the General Nature of Alkaline Bodies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 98, 1-44, 1808a.

\_\_\_\_\_. Electro-Chemical Researches, on the Decomposition of the Earths; With Observations on the Metals Obtained from the Alkaline Earths, and on the Amalgam Procured from Ammonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 98, 333-370, 1808b.

\_\_\_\_\_. *The Collected Works*, vol. 5. Londres: Smith, Elder & Co., 1840.

DAVY, J. *Memoirs of the life of Sir Humphry Davy*, vol. 1. Londres: Longman, 1836.

LAVOISIER, A. L. *Tratado Elementar de Química*, trad. L. S. P. Trindade. São Paulo: Madras, 2007.

LE GRAND, H. E. Determination of the Composition of the Fixed Alkalies 1789-1810. *Isis* 65, 1, 59-65, 1974.

PARIS, J. A. *The Life of Sir Humphry Davy*, vol. I. Londres: Henry Colburn & Richard Bentley, 1831.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS W. L. P.; MALDANER, O. A. (orgs.), *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Editora Unijuí, 2010, pp. 159-180.

PORTO, P. A. Summus atque felicissimus salium: The Medical Relevance of the Liquor alkahest. *Bulletin of the History of Medicine*, 76, 1, 1-29, 2002.

SCHUMMER, J. The chemical core of chemistry I: A conceptual approach. *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry*, 4, 129-162, 1998.

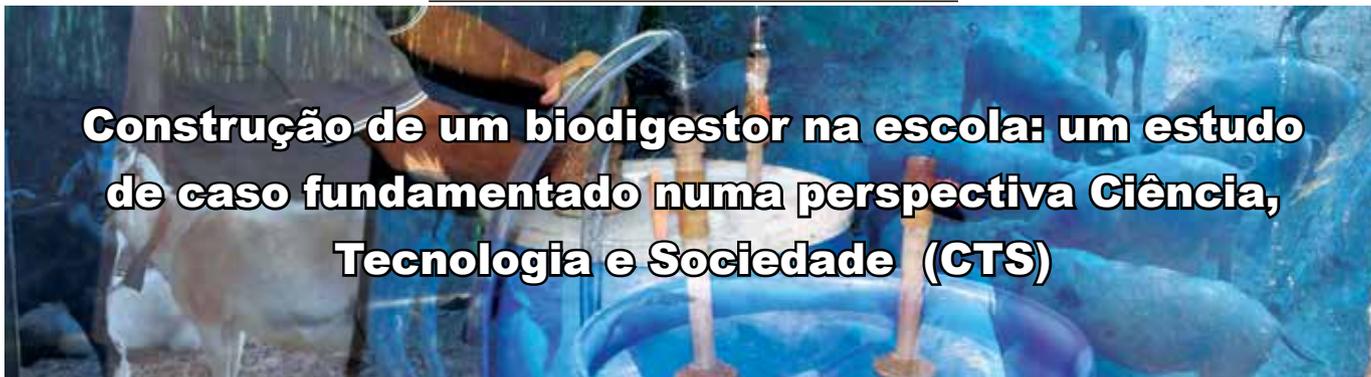
SIEGFRIED, R. The Discovery of Potassium and Sodium, and the Problem of the Chemical Elements. *Isis*, 54, 2, 247-258, 1963.

## Para Saber Mais

BUCI, J. R. *Humphry Davy e a questão da classificação do potássio e do sódio*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. doi:10.11606/D.81.2012.tde-13082012-112515. Acesso em 06 fev. 2019.

**Abstract:** *Humphry Davy and the metallic nature of potassium and sodium*. This article focuses on the first preparation of potassium and sodium by the English chemist Humphry Davy (1778-1829). Such achievement became possible by the use of the voltaic cell as an instrument of chemical analysis, but the results obtained and communicated by Davy in 1807 were not free of controversies. Although the two new substances had some properties which were very different from metals known hitherto – such as their high reactivity and their density lower than water – Davy soon admitted that they were metals. Some of Davy’s contemporaries, such as the French chemists J. L. Gay-Lussac (1778-1850) and L. J. Thenard (1777-1857), cast doubt on his interpretations, questioning for instance the very elemental nature of metals.

**Keywords:** Humphry Davy, potassium, sodium, metal, history of chemistry.



## Construção de um biodigestor na escola: um estudo de caso fundamentado numa perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

Valéria Vieira Moura Paixão, Carlos Henrique Batista e Maria Clara Pinto Cruz

Este artigo descreve um relato de sala de aula sobre a construção de um biodigestor. A pesquisa-Ação foi o método utilizado. Para coleta e análise das concepções prévias foi utilizada a técnica de grupo focal. As subsequentes atividades desenvolvidas foram divididas em dez (10) momentos, nos quais se buscou discutir e contextualizar as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Os resultados evidenciaram que o ensino de conteúdos químicos mostrou-se relevante na formação de sujeitos para a cidadania e contribuiu para a apropriação dos conceitos científicos necessários para entender seus aspectos sociais, ambientais e econômicos.

► biodigestor, ensino de química, ciência, tecnologia, sociedade ◀

Recebido em 28/08/2018, aceito em 22/01/2019

351

O ensino de Química na Educação Básica favorece a compreensão do mundo contemporâneo, suas interrelações e conceitos científicos necessários para o uso da tecnologia de forma abrangente, dinâmica e integrada. Desse modo, os conteúdos químicos devem ser abordados por meio de temáticas que contemplem os elos de ligação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Entender essa tessitura é colocar o aluno diretamente em confronto com situações-problemas que estejam diretamente envolvidas com seu contexto sociocultural e, então, buscar resolvê-las.

Nesse sentido, uma abordagem sobre “biodigestores” pode ser a solução de um problema para as propriedades rurais brasileiras que sofrem com o destino inadequado dos dejetos orgânicos de animais, também considerados fontes da biomassa. Esses resíduos sólidos podem gerar energia alternativa em relação às convencionais por produzir um biogás rico em metano ( $\text{CH}_4$ ).

A disposição inadequada desses dejetos na Natureza acarreta diversos impactos ambientais, pois a decomposição da matéria orgânica produz o chorume, que, por sua vez,

O termo *biogás* é autoexplicativo, e significa que esse gás tem origem em um processo biológico.

infiltra-se no solo, podendo atingir as águas subterrâneas, e também provocar a poluição das águas superficiais através do escoamento da água proveniente da chuva; a contaminação do solo, pelo descarte inadequado destes dejetos; e, ainda, a do ar, uma vez que a ação antrópica contribui significativamente para o aquecimento global, pela emissão de gases, gerando o efeito estufa. Segundo Barbosa e Langer (2011, p. 89), “o  $\text{CH}_4$  é um dos principais gases de efeito estufa e os animais são grandes emissores desse gás para a atmosfera por meio de suas fezes e também pela respiração”.

O termo *biogás* é autoexplicativo, e significa que esse gás tem origem em um processo biológico. A matéria orgânica sofre decomposição pela ação de microrganismos em meio anaeróbio, originando uma mistura de gases; denominada biogás (Brasil, 2010). O processo de biodigestão envolve várias etapas, algumas complexas, e outras até desconhecidas. De acordo com o *Guia Prático do Biogás* (Brasil, 2010, p.22):

[...] a mistura gasosa formada é composta principalmente de metano (50% - 75% em volume) e dióxido de carbono (25% - 50% em volume). O biogás contém ainda pequenas quantidades de hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, amônia e outros gases traço.

A seção “Relatos de Sala de Aula” socializa experiências e construções vivenciadas nas aulas de Química ou a elas relacionadas.

Essa mistura de gases é produzida por diferentes grupos de microrganismos que, segundo Karlsson *et al.* (2014, p. 9), “[...] atuam juntamente com uma série de fatores, como, por exemplo: pH, temperatura e tipo de substrato. Todos esses fatores afetam a composição do biogás produzido”. Para Oliveira e Higashi (2006, p. 10), “... o metano gerado nos biodigestores pode ser aproveitado como fonte de energia térmica ou elétrica e usado em substituição aos combustíveis fósseis (GLP) ou à lenha, tendo como vantagem ser uma fonte de energia renovável”. Com base nesta problemática, torna-se indispensável que as escolas formem discentes alfabetizados em Ciência e Tecnologia (C&T), na perspectiva de que possam vir a compreender e participar ativamente das decisões sobre problemas que afligem a sociedade moderna.

Tomando como ponto de partida essas ideias, Bazzo (2018, p.15) afirma que, ao nos reportarmos ao entendimento dos “meandros da tecnologia, queremos dizer que ela é parte inerente da nossa compreensão de mundo. É quase como uma ‘alfabetização’ necessária para todos. Tal qual um processo inicial de aprendizagem da leitura e da escrita”.

No entender de Martins e Paixão (2011), a cultura científica nas sociedades modernas sugere conhecimento de múltiplas interrelações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e, para isso, é necessário que o ensino-aprendizagem contemple o contexto no qual a temática está inserida.

Segundo Santos e Mortimer (2000), o currículo em CTS decorre da necessidade de formar o cidadão letrado cientificamente, o que não vinha sendo alcançado adequadamente pelas vias do ensino tradicional de Ciências. Com o enfoque CTS nos currículos de Ciências é possível romper com o paradigma conservador, tirando o professor do centro do conhecimento e tornando o aluno protagonista no exato momento em que descobre, pesquisa, constrói ou produz o conhecimento científico. Segundo Pinheiro *et al.* (2007, p.77), “os alunos recebem subsídios para questionar, desenvolver a imaginação e a fantasia, abandonando o estado de subserviência diante do professor e do conhecimento apresentado em sala de aula”.

Para Santos e Mortimer (2000, p.111), “[...] as sociedades modernas passaram a confiar na ciência e na tecnologia como se confia em uma divindade”. Atualmente, a sociedade tem maior acesso às informações de cunho científico e tecnológico, porém, produz nos indivíduos dificuldades em interpretá-las de forma coerente, objetiva e precisa. No entender de Martins e Paixão (2011, p. 9) são importantes: “[...]conhecimento substantivo, conhecimento processual, conhecimento epistemológico, pensamento crítico, capacidade de exposição de ideias, de elaboração de argumentos, de análise e de síntese”.

A interação entre CTS se dá através de tema gerador que propicia a participação ativa dos alunos, a solução de problemas e a tomada de decisão, como ensinam Santos e

Mortimer (2000). O tema escolhido precisa ter relevância social. Cabe verificar se, de fato, o problema detectado aflige a sociedade e se, além disso, mostra alguma relação entre Ciência e Tecnologia e encontra-se inserido no contexto sociocultural do educando. Sendo assim, no caso deste estudo, tem-se a cidade de Nossa Senhora da Glória, SE, cuja principal atividade econômica é a pecuária, o que promove a existência de quantidade significativa de dejetos orgânicos na região, situação-problema de boa parte da realidade brasileira centrada na agropecuária. Portanto, a temática se mostra relevante para o desenvolvimento de projetos que visem o desenvolvimento de fontes de produção de energia renovável.

O objetivo geral deste artigo é descrever a construção de um biodigestor a ser utilizado no laboratório de uma escola de Ensino Médio, numa perspectiva CTS. A intenção é orientar os alunos envolvidos para reconhecerem que a tecnologia de biodigestão está inserida em seu contexto social. Para tanto, foram projetados as seguintes atividades: a) realizar uma visita técnica para observação de um biodigestor em funcionamento; b) evidenciar os aspectos sociais, econômicos e ambientais contemplados pelo funcionamento do biodigestor; c) discutir a importância do reaproveitamento dos resíduos sólidos essencialmente rurais (dejetos animais) e em parte urbanos (matéria orgânica); e por fim, d) propor explicações e soluções para os problemas apresentados na produção do biogás a partir do uso da tecnologia de biodigestão.

### Procedimentos metodológicos

O campo de pesquisa desse estudo foi o Centro de Excelência Manoel Messias Feitosa de Ensino Médio integral, localizada na região do Agreste Sergipano, município de Nossa Senhora da Glória. Nessa escola há oferta de cursos temáticos, chamados de eletivas, em que os alunos fazem a sua inscrição de forma espontânea. As temáticas são estudadas em duas aulas semanais (50 min cada). Isso possibilitou trabalhar a temática “biodigestores” para a compreensão e análise da tecnologia a partir dos conteúdos de conversão de

energia, reações bioquímicas, fermentação anaeróbia, conceitos de cinética (temperatura), estudo sobre o pH, funções inorgânicas (ácidos e bases) e reação de neutralização.

Os alunos estavam cursando o ano letivo de 2017 e contou-se com a participação de 36 estudantes. A pesquisa, realizada no período de junho a setembro desse mesmo ano, foi do tipo qualitativa, cuja característica marcante é a flexibilidade, permitindo ao pesquisador incorporar técnicas de coleta de dados mais adequadas à pesquisa que está sendo feita (Martins, 2004), e foi baseada na técnica de pesquisa-Ação (Tripp, 2005).

A intervenção didática realizada está apresentada no Quadro 1, no qual é observada a existência de 3 momentos

Com o enfoque CTS nos currículos de Ciências é possível romper com o paradigma conservador, tirando o professor do centro do conhecimento e tornando o aluno protagonista no exato momento em que descobre, pesquisa, constrói ou produz o conhecimento científico.

relevantes, a saber: processos investigativo, formativo e avaliativo. Na análise investigativa a técnica de coleta e análise das concepções prévias foi o grupo focal, pois promove discussão informal a partir da introdução de um tema social, gerando discussões com foco a partir de perguntas e questionamentos. Nessa perspectiva, a turma foi dividida em 3 grupos de 12 alunos e os atores se dividiram para liderar a reflexão. No entender de Cruz Neto, Moreira e Sucena (2002), a principal característica de um grupo focal é trabalhar a reflexão através da fala dos participantes, na qual eles apresentam seus conceitos, opiniões e concepções sobre um determinado tema. Após o levantamento de concepções prévias os alunos foram desafiados a pesquisar os seguintes temas: a) Biomassa e biogás: conceitos e principais fontes no Nordeste; b) Como a matéria orgânica pode ser usada para produzir energia? c) Uso de biodigestores e aspectos econômicos, sociais e ambientais. Os alunos tiveram duas semanas para se prepararem. No final desse momento, um vídeo do programa *Globo Rural* foi exibido e discutido.

Quadro 1: Atividades desenvolvidas em 11 encontros (com duas aulas para cada encontro)

Processo Investigativo (2 aulas)
<p><b>1º Momento:</b> - Conhecimentos prévios dos alunos a partir de grupos focais, divisão em grupos de pesquisa e sorteio de temáticas para apresentação oral.</p> <p>- Vídeo do <i>Globo Rural</i>: "BIOGÁS - Pequenos agricultores do Nordeste produzem gás para sua cozinha" (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=oMwO5Zw-Cgs">https://www.youtube.com/watch?v=oMwO5Zw-Cgs</a>).</p>
Processo Formativo (18 aulas)
<p><b>2º Momento:</b> Visita técnica a uma propriedade que usa o biogás para geração de energia térmica.</p> <p><b>3º Momento:</b> Apresentação oral das temáticas pesquisadas e discussões dos modelos de biodigestores.</p> <p><b>4º Momento:</b> Argumentação para a escolha do biodigestor a ser construído.</p> <p><b>5º, 6º e 7º Momentos:</b> Construção do biodigestor.</p> <p><b>8º Momento:</b> Alimentação do biodigestor por dejetos bovinos e início da aplicação do estudo de caso.</p> <p><b>9º Momento:</b> Pesquisa em <i>sites</i> na internet sobre a temática do estudo de caso.</p> <p><b>10º Momento:</b> Discussões e apresentação das soluções a partir dos resultados da aplicação do estudo de caso.</p>
Processo Avaliativo (2 aulas)
<p><b>11º Momento:</b> Avaliação de aprendizagem pela Análise Textual Discursiva.</p>

FONTE: autoria própria.

No processo formativo ocorreram mais nove momentos. No segundo momento houve uma visita técnica com o intuito dos alunos perceberem que os dejetos bovinos (biomassa) podem ser utilizados para produção de energia. No terceiro, os alunos analisaram os aspectos ambientais, sociais e econômicos da tecnologia a partir de uma pesquisa e, posteriormente,

fizeram uma apresentação oral seguida de discussões. No quarto, os educandos protagonizaram a escolha do biodigestor mediada pelos professores. Após a escolha, nos três momentos posteriores ocorreu a construção do biodigestor. No oitavo momento o biodigestor foi alimentado com dejetos animais.

Enquanto ocorria a transformação da matéria orgânica em biogás no biodigestor, o estudo de caso foi outra atividade realizada em sala de aula, correspondente aos nono e décimo momentos. De acordo com Sá e Queiroz (2010), dessa maneira se favorece o protagonismo do aluno, permitindo que ele direcione sua própria aprendizagem enquanto explora a ciência envolvida em situações complexas, a fim de solucionar os problemas. No Quadro 2 está descrito o estudo de caso utilizado em sala de aula.

Quadro 2: Estudo de caso aplicado em sala de aula

Estudo de caso
<p>Há aproximadamente 3 meses, na cidade de Lagarto, SE, João, um fazendeiro, dono de mil cabeças de gado, decidiu investir em mais mil. Contudo, percebeu uma ampla quantidade de dejetos produzidos diariamente e notou que isso era um problema. Ele já não sabia mais o que fazer, quando seu vizinho mais próximo o aconselhou a construir um biodigestor. João seguiu o conselho de seu vizinho, e decidiu construir um biodigestor contínuo, modelo da Marinha. Passaram-se 90 dias e, ao usar o gás produzido, ele se desesperou, pois a mistura era pouco inflamável, e a combustão não era suficiente para a geração de energia. Além disso, após algum tempo João percebeu que o metal do motor utilizado para conversão de energia estava enferrujando rápido. Preocupado com esta situação, João resolveu pedir ajuda a seu sobrinho que estuda no colégio de sua cidade.</p> <p>– Alô, Pedro, aqui é seu tio João, como vai?</p> <p>– Olá tio, tudo bem. Como vai o senhor?</p> <p>– Estou com um problema com meu biodigestor. Talvez você e seus colegas possam me ajudar.</p> <p>– Do que se trata, tio?</p> <p>– Construí um biodigestor, para o reaproveitamento dos dejetos de minhas 2 mil cabeças de gado. Acontece que se passaram 90 dias e a mistura de gases produzidos não foi suficiente para abastecimento energético de minha fazenda, e ainda o motor utilizado para conversão de energia térmica em elétrica está enferrujando muito rápido.</p> <p>– OK, tio, conheço alguns amigos que estudaram sobre biodigestores na eletiva da Escola de Tempo Integral do Centro de Excelência Manoel Messias Feitosa. Explicarei a sua situação, e em breve entrarei em contato com o senhor.</p> <p>– Peço que faça isso o mais rápido possível, pois não vejo alternativa mais econômica e sustentável para reaproveitar os estrumes.</p> <p>Proposta: Vocês são amigos de turma do sobrinho de João, e terão que ajudá-lo a descobrir o que está acontecendo nesta situação e propor soluções para o problema.</p>

FONTE: autoria própria.

Um questionário composto por 13 (treze) questões, descritas por Sá e Queiroz (2010), foi entregue aos alunos para

orientá-los na tomada de decisão no Estudo de Caso, que deveria ser exposta de modo argumentativo. As perguntas foram: 1) Qual o principal assunto (problema) abordado, ou seja, do que trata o caso? 2) Qual a sua principal causa? 3) Quais são os temas principais? 4) Como o problema apresentado se mostra vinculado a questões sociais, econômicas, ambientais e éticas? 5) Qual a gravidade do problema? 6) O que você sabe sobre esse caso? 7) O que vocês precisam saber para solucionar o problema? 8) Que medidas podem ser tomadas para saná-lo? 9) As medidas por vocês apontadas acima são importantes para resolver a situação-problema? Explique. 10) Que medida foi indicada para resolvê-lo? 11) Apresente as vantagens e desvantagens da opção escolhida para a solução do problema em relação a outras possíveis alternativas. 12) De que maneira a solução apresentada pode refletir no dia-a-dia das pessoas envolvidas no caso, levando em considerações aspectos sociais, econômicos, ambientais e éticos? 13) Reúnam todo o material, indiquem um representante do grupo para apresentar de forma oral a solução do problema e explicar porque vocês acreditam ser o melhor a fazer.

Por fim, no último momento foi avaliada a aprendizagem através da Análise Textual Discursiva (ATD). Moraes e Galiazzi (2011) defendem que a ATD pode ser compreendida como um processo de construção de novos significados, em relação à produção textual, através da desmontagem dos textos, considerada como processo de unitarização. Posteriormente, foram estabelecidas as relações denominadas de categorização. Em seguida, deu-se a etapa de construção do metatexto para explicar a compreensão que se apresenta como produto de uma nova combinação dos elementos construídos e, por fim, procedeu-se a um processo auto-organizado do qual emergiram novas compreensões. Foi, ainda, desenvolvida uma etapa de produção textual individual pelos alunos intitulada: “Elabore um texto dissertativo-argumentativo descrevendo como a matéria orgânica pode ser usada para a produção de energia e apresente os aspectos sociais, ambientais e econômicos do uso da tecnologia de biodigestão e suas desvantagens”.

## Resultados e Discussão

### *Processo investigativo: grupo focal*

Observou-se que os estudantes não detinham conhecimentos científicos sobre como transformar resíduos sólidos orgânicos em energia. Prevaleram as concepções alternativas, aquelas espontâneas que tentam dar significado ao que foi perguntado. Assim, os alunos, mesmo tendo na cidade local um perfil adequado para uso de biodigestor, não apresentaram concepções sobre os impactos ambientais causados pelo aterramento inadequado do lixo e a disposição imprópria de dejetos orgânicos no solo.

### *Processo Formativo*

O documentário produzido pelo programa *Globo Rural* aborda as vantagens do uso de biodigestores, sua viabilidade econômica e social como ponto de partida para o estudo da temática, a fim de motivar o aluno. Foi realizada, ainda, uma visita técnica ao povoado Periquito de Felícia, pertencente administrativamente à cidade onde está situado o colégio. Durante a visita, foi possível compreender e analisar o funcionamento e a utilização de um biodigestor. Surgiram muitos questionamentos por parte dos alunos englobando conteúdos diversificados de Química e Biologia, que foram respondidos pelo professor e pelos proprietários dos biodigestores. Nessa etapa foram percebidos aspectos multidisciplinares sobre a temática. Com isso os alunos perceberam que a construção de um biodigestor é econômica e socialmente viável, uma vez que permite reaproveitar resíduos sólidos, tanto urbanos como rurais, evitando a contaminação do ambiente, uma vez que a destinação desses resíduos seria os lixões ou aterros sanitários.

Em seguida, os alunos apresentaram oralmente os temas descritos na metodologia, explanando acerca da riqueza existente em biomassa na região em estudo. O papel do professor foi analisar se as informações apresentadas pelos alunos eram verídicas, discutir possíveis controvérsias e mediar as discussões.

Com a finalidade de formar alunos autônomos, sujeitos ativos no processo de ensino e aprendizagem, foi proposto aos educandos que pesquisassem sobre como construir um biodigestor e qual o modelo mais viável para a escola. Para tal, foram analisadas as vantagens e desvantagens das possíveis alternativas. Nesse contexto, foi sugerida aos alunos a elaboração de uma tabela, em que foram elencados os modelos possíveis de biodigestores. Os aspectos de interesse foram: materiais utilizados, custo do projeto, facilidade de construção, facilidade de manutenção e operação, produção de gás, espaço ocupado pelo equipamento, necessidade de acessórios, segurança e matéria orgânica a ser utilizada.

Os alunos apresentaram alguns tipos e modelos de biodigestores para ser escolhido apenas um, a fim de ser construído. Os biodigestores podem ser encontrados em diversos modelos, cada um com suas características, vantagens e desvantagens. Os modelos mais utilizados no Brasil devido ao fácil manuseio, alto rendimento e baixo custo são: o chinês, o indiano e o paquistanês (Bezerra *et. al.*, 2013). Os modelos elencados pelos alunos foram o da Marinha, o indiano e o chinês. O primeiro foi descartado devido ao alto custo da compra de materiais e ao grande espaço a ser ocupado. O indiano caracteriza-se por possuir uma campânula geralmente metálica como gasômetro, elevando seu custo de implantação, além de sofrer corrosão, possuindo uma curta vida útil (Machado, 2013). Por fim, o modelo chinês, segundo Pecora (2013), é

Observou-se que os estudantes não detinham conhecimentos científicos sobre como transformar resíduos sólidos orgânicos em energia. Prevaleram as concepções alternativas, aquelas espontâneas que tentam dar significado ao que foi perguntado.

construído quase que completamente em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço, o que reduz os custos; no entanto, podem ocorrer dificuldades como o vazamento de biogás. O professor, entretanto, explicou para os alunos que a escola não dispõe de tempo e muito menos de recursos para fazer qualquer desses modelos.

Dessa forma, após novas discussões e buscas em sites na internet, escolheu-se um biodigestor artesanal (caseiro) de alimentação contínua. Segundo Faria *et al.* (2014), essa é uma alternativa de reaproveitamento de matéria orgânica cuja implementação é simples e requer materiais de fácil obtenção e baixo custo, tornando o projeto acessível a qualquer pessoa que deseje possuir um biodigestor. Nessa etapa, o papel do educador foi apenas direcionar as discussões para que os alunos não perdessem o foco, e questioná-los quando sugerissem o modelo, a fim de desenvolver a habilidade de argumentação nos educandos.

A construção do biodigestor gerou o modelo descrito na Figura 1. Ele é formado por dois componentes: o digestor (bombona à esquerda), onde ocorre a digestão anaeróbica, e o gasômetro (conjunto de bombonas à direita), local onde se realiza a remoção do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e do ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e o armazenamento do metano ( $\text{CH}_4$ ) produzido no processo. Uma mangueira sai do gasômetro em direção do bico de Bunsen, onde ocorre a combustão do metano. A sua construção se estendeu por três semanas. Como a turma de alunos era grande, foi dividida em grupos, dos quais o primeiro ficou responsável por acompanhar o diretor na compra dos equipamentos e fazer a limpeza das bombonas; o segundo grupo iniciou os cortes das bombonas e a montagem do reator; e o terceiro grupo ficou responsável por coletar os estrumes de boi, fazer sua diluição em água e alimentar o biodigestor, principalmente com esterco bovino e, posteriormente, resíduos orgânicos oriundos da cozinha escolar em pequena escala.



Figura 1: Biodigestor construído pelos alunos. FONTE: autoria própria.

O biodigestor levou aproximadamente 25 dias para iniciar a produção de metano. Entre os fatores físicos que afetam as velocidades das reações bioquímicas, a temperatura é uma das mais importantes na produção de biogás. O biodigestor

foi construído no período de inverno. Localizado na cidade com a segunda maior altitude do Estado de Sergipe, a temperatura em que o reator iniciou seu funcionamento foi na faixa de  $22^\circ\text{C}$ . Sendo assim, pode-se considerar que as bactérias predominantes na digestão anaeróbica foram as mesofílicas que, segundo o *Guia técnico de aproveitamento energético de biogás...* (Brasil, 2015), operam em temperaturas situadas entre  $20^\circ\text{C}$  e  $40^\circ\text{C}$ .

Enquanto o biodigestor não produzia, foi solicitado aos alunos que se organizassem em quatro grupos para iniciar as pesquisas no laboratório de informática da escola visando a identificação da problemática de um estudo de caso. Foi possível notar que os alunos sentiam dificuldades em compreender conteúdos básicos de Química. A intervenção do professor foi de fundamental importância para esclarecer dúvidas sobre os conteúdos que seriam primordiais para a resolução do estudo de caso. Em seguida, os grupos se uniram para a apresentação da solução, que foi dividida em quatro etapas, descritas a seguir.

Inicialmente, os alunos sentiram dificuldades em encontrar a causa do problema, pois eles não conseguiram associar a oxidação com o enferrujamento. O professor sugeriu que eles elaborassem uma tabela, na qual foram elencados os aspectos que eles sabiam sobre o caso, e o que ainda precisariam descobrir. Em seguida, foi entregue pelo docente um questionário que serviu para orientá-los até a solução do caso, conforme descrito na metodologia. Após discussões e buscas bibliográficas, os alunos identificaram que o problema ocorreu porque as reações bioquímicas no biodigestor não produziram gás metano suficiente para o abastecimento energético. Após detectar a causa do problema, e a partir de buscas na internet, os alunos identificaram as reações químicas envolvidas no processo de digestão anaeróbica, os produtos dessas reações, e os fatores que influenciam na produção de biogás, e, em específico, do gás metano.

Na etapa seguinte, os alunos sentiram dificuldades em relacionar os conteúdos científicos à tecnologia, apesar de terem feito levantamentos na internet. Nesse ponto houve a intervenção do professor, que discutiu com os alunos conteúdos sobre cinética (temperatura), pH e digestão anaeróbica, uma vez que estes fatores podem interferir na produção de metano. Segundo Oliveira e Higarashi (2006, p. 11), a produção de um biodigestor está associada “[...] à sequência bioquímica das transformações metabólicas do processo, bem como de uma série de fatores que interferem no processo, entre os quais, temperatura, pH, concentrações de sólidos e composição do substrato”.

Na terceira etapa, os alunos chegaram à conclusão de que a melhor maneira do biodigestor ter um bom rendimento de biogás é controlar bem a temperatura; segundo eles:

*De acordo com a cinética química, a temperatura aumenta a velocidade de uma reação, no caso o processo de biodigestão ser feita por microrganismo, a temperatura deve ser estável, a melhor seria*

entre 35 a 37 graus, aumento ou diminuição brusca de temperatura interfere na produção de gás. Além disso, como estava no período de inverno, a temperatura pode ter oscilado bastante, comprometendo o rendimento de gás metano.

Discutimos duas possíveis alternativas: segundo os alunos, o proprietário pode: “fazer um aquecimento interno no biodigestor, ou um isolamento térmico no reator nos meses de inverno. Também pode ter alguma entrada de oxigênio, pois as bactérias anaeróbias são sensíveis ao oxigênio”. Outro fator descrito e discutido com os alunos foi a acidez do meio:

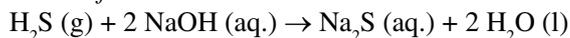
*para um melhor funcionamento, o pH deve estar próximo do neutro. E se forem usados pesticidas ou antibióticos eles interferiram na produção de biogás. Então, o proprietário deve frequentemente controlar a temperatura e o pH do biodigestor, se o pH ficar baixo, ele pode fazer esta correção na próxima alimentação, pode colocar uma substância com caráter básico para neutralizar ou balancear o pH. Ele pode, ainda, verificar o pH através de papeis indicadores, e a amostra deve ser aquela que está saindo do biodigestor.*

Por fim, na última etapa, depois de estudados os conteúdos sobre oxidação, reações bioquímicas na digestão anaeróbia e os gases que são produzidos na biodigestão, os alunos chegaram à conclusão de que a causa do enferrujamento é o sulfeto de hidrogênio, pois entre os gases produzidos na biodigestão, em específico o  $H_2S$  constitui-se “... no principal problema para a viabilização de seu armazenamento e na produção de energia. Equipamentos mais sofisticados [...] têm vida útil extremamente reduzida”, segundo Oliveira e Higarashi (2006). Após algum tempo investigando, os estudantes ressaltaram que: “o proprietário pode usar cal ou soda cáustica”. No entanto, os alunos foram questionados pelo professor porque utilizariam soda cáustica ou cal. A resposta foi: “Não sei, só tem isso aqui na internet”. Dessa forma, os autores desta pesquisa perceberam a necessidade de ensinar conteúdos sobre ácidos e bases de Arrhenius, reação de neutralização, força dos ácidos e bases, principais bases e seus nomes de comercialização. Assim, observou-se uma evolução nas respostas dos alunos ao serem questionados novamente pelo professor:

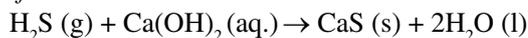
*a melhor maneira para evitar este problema seria borbulhar no biogás, com o auxílio de um difusor, uma solução concentrada de hidróxido de cálcio, comercializada como cal hidratada ou hidróxido de sódio (conhecido como soda cáustica), através de uma reação de neutralização entre o ácido ( $H_2S$ ) mais a base originando um sal.*

Abaixo as reações químicas descritas pelos alunos:

*Se utilizar o hidróxido de sódio o produto formado é o sal sulfeto de sódio*



*Se usar o hidróxido de cálcio o produto é o sal sulfeto de cálcio*



Entretanto, os alunos foram questionados sobre qual base entre as citadas seria mais viável utilizar no biodigestor do estudo de caso. Ao fazer a análise, deve-se levar em consideração: força das bases, solubilidade, e qual o produto desta reação e, ainda, se seria possível reaproveitar o sal (produto da reação), além de se considerar que o mesmo pode causar algum impacto no ambiente. Então, eles retornaram à pesquisa com outro problema para solucionar.

No momento seguinte os alunos se reuniram, formando um único grupo, e pronunciaram a solução para o caso do enferrujamento do motor no estudo de caso:

*Concluimos que a solução concentrada de cal (hidróxido de cálcio) é a melhor opção, pois tem um baixo custo para sua obtenção, entretanto reage brandamente com água, mas o produto formado desta reação é um sal denominado sulfeto de cálcio, que, se oxidado, forma o sulfato de cálcio que tem larga aplicação na agricultura e não agride tanto o ambiente.*

#### Processo Avaliativo

O Quadro 3 apresenta as categorizações descritas pela ATD, que indicou 4 categorias convergentes de visão de ciência, a saber: a química na biodigestão, concepções econômicas, concepções ambientais e concepções sociais. Essas categorias são interdependentes quanto aos aspectos CTS.

Notam-se na primeira categoria várias subcategorias, todas elas estão apontando para conhecimentos básicos de Química. A categoria *Concepções econômicas* mostra a relevância para o produtor rural em substituir a produção de energia pelo petróleo por outra renovável. Na categoria *Concepções ambientais* os alunos colocam em destaque o reaproveitamento dos resíduos sólidos e, com isso, a redução de contaminação. Por fim, nas *Concepções sociais*, os alunos exploraram o saneamento básico e o evitar doenças e pragas. Em contrapartida, os alunos ressaltaram em seus textos que, como qualquer outra tecnologia, o biogás apresenta uma desvantagem, pois além de  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ , formam-se traços de  $H_2S$ :

*O uso de biogás apresenta uma desvantagem que é a formação de  $H_2S$ , pois ele é um gás corrosivo e tóxico ao ser humano. Ao entrar em contato com metal, pode provocar a sua oxidação causando prejuízo ao proprietário. A remoção de vapor de água e gases corrosivos é de fundamental importância para a viabilidade do uso em longo prazo.*

**Quadro 3** Categorizações das produções textuais pela ATD

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	UNIDADES DE SENTIDO
A Química na Biodigestão	Fermentação anaeróbia	"... o biogás... produzido pela decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigênio..."
	Produção de gases	"... no biodigestor são produzidos gases metano, CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S..."
	Fatores que afetam a produção de biogás	"...pH deve estar entre 6,4 e 7,8, temperatura deve estar em média a 35°C, oxigênio, entre outros..."
Concepções Econômicas	Energia Renovável	"...com a escassez do petróleo e a poluição ambiental é viável investir em energia renovável..."
	Combustível	"...o biodigestor fornece combustível reduzindo a dependência pelo petróleo..."
	Alternativa Tecnológica	"...o biodigestor é uma alternativa tecnológica que pode gerar benefícios ambientais pela eliminação dos resíduos e geração de energia térmica e elétrica..."
Concepções Ambientais	Reaproveitamento	"...reaproveitamento dos dejetos e qualquer tipo de biomassa que poderiam ser descartados inadequadamente no meio ambiente..."
	Redução de contaminação	"...o biodigestor traz vários benefícios ambientais, pois ele reduz a contaminação do solo, água, e do ar..."
Concepções Sociais	Saneamento básico	"...os biodigestores podem diminuir problemas causados pela falta de saneamento básico..."
	Evitar doenças e pragas	"...dejetos de animais nas propriedades rurais é um problema pois afeta o meio ambiente e conseqüentemente a saúde humana..." "...a contaminação do ambiente pode provocar o surgimento de doenças... surgimento de pragas, animais transmissores de doenças e insetos..."

FONTE: autoria própria.

Com isso, percebe-se como os alunos relacionaram a tecnologia à ciência, pois para favorecer uma formação cidadã, sujeitos alfabetizados tecnologicamente devem ir além de somente dominar os artefatos tecnológicos. Segundo Santos e Mortimer (2000), a educação no enfoque CTS não deve se limitar apenas ao uso de tecnologias e à compreensão de seu funcionamento, pois isto é alienante. O ensino precisa contribuir para a busca de um desenvolvimento sustentável.

Inicialmente os alunos não tinham percepção acerca dos problemas ocasionados pelo descarte inadequado dos dejetos rurais e matéria orgânica urbana; e não apresentavam conhecimento sobre como transformá-los em energia. Assim, a partir dos relatos verbais, que foram constantes nas aulas, a construção de um biodigestor, abordada por meio do enfoque CTS, mostrou que a produção de biogás através da matéria orgânica (esterco de animais) e, posteriormente, por restos de alimentos, é econômica e ambientalmente viável, podendo ser usada como fonte de energia térmica e elétrica, desde que, como ressaltado pelos alunos, haja um tratamento para purificação do gás, descrito no estudo de caso. Dessa forma, auxilia-se na diminuição do uso dos combustíveis fósseis e na diminuição dos impactos ambientais causados

pelo descarte de resíduos sólidos oriundos de esterco proveniente da criação de animais ou pela falta de aproveitamento de resíduos da cozinha.

Essas ideias foram internalizadas pelos alunos, como pode ser observado nos resultados da Análise Textual Discursiva (ATD). Nesse contexto, se buscou desenvolver uma intervenção a fim de ensinar conteúdos interdisciplinares. Com isso, considera-se que o tema abordado consolidou o aprendizado de vários conteúdos com o propósito de compreender o funcionamento da tecnologia, tais como: conversão de energia, reações bioquímicas, digestão anaeróbia, conceitos de cinética (temperatura), estudo sobre o pH, funções inorgânicas (ácidos e bases), reação de neutralização, de maneira a contribuir para a formação do sujeito para o exercício da cidadania.

Os alunos, quando engajados pelo professor acerca de um problema, motivam-se, buscam por suas respostas. Entretanto, é necessário ter acesso não somente ao conhecimento estante da ciência, mas também de qual forma ela está inserida na sociedade e analisar as vantagens e desvantagens que a tecnociência nos proporciona, não somente no sentido de entender e analisar artefatos tecnológicos, mas de

ter condições necessárias para intervir, quando for preciso, sobre o uso desses produtos.

## Conclusões

A construção de um biodigestor na escola trouxe aos discentes várias tomadas de decisões em relação ao conhecimento de base principalmente da disciplina de Química. Os resultados evidenciam, ainda, o investimento dos professores em promover alguns destes conhecimentos para os alunos, de modo que eles pudessem dar sentido a cada ação investigada. Nas discussões que desenvolveram entre si, os alunos conseguiram articular e refletir sobre os conhecimentos de base, de modo a elaborar hipóteses e conclusões para os gargalos tecnológicos da construção de um biodigestor, elaborando, assim, argumentos. Porém, transcendeu a ciência da Química, com as análises dos aspectos sociais, econômicos e ambientais dessa tecnologia norteadas pelas relações Ciência, Tecnologia e Sociedade. Esse procedimento culmina numa formação crítica dos alunos, capazes de intervir na sociedade de maneira a transformá-la. Além

Nas discussões que desenvolveram entre si, os alunos conseguiram articular e refletir sobre os conhecimentos de base, de modo a elaborar hipóteses e conclusões para os gargalos tecnológicos da construção de um biodigestor, elaborando, assim, argumentos. Porém, transcendeu a ciência da Química, com as análises dos aspectos sociais, econômicos e ambientais dessa tecnologia norteadas pelas relações Ciência, Tecnologia e Sociedade.

disso, os discentes aprenderam a “pesquisar”, ou seja, retirar informações da internet, interpretá-las e dar significados a elas. Conclui-se, portanto, que os alunos podem ser multiplicadores de projetos de biodigestores, por terem conhecimentos suficientes quanto à produção de energia renovável, numa cidade que representa a realidade de muitas outras também de economia agropecuária.

**Valéria Vieira Moura Paixão** (valeriavieira\_adm@hotmail.com), licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo, Aracaju, SE – BR. **Carlos Henrique Batista** (chenriqueb@ig.com.br), licenciado em Química pela Universidade Federal de Sergipe, especialização em Química pela Universidade Federal de Lavras e mestrado em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. Atualmente é Professor do Governo do Estado de Sergipe em Nossa Senhora da Glória, Aracaju, SE – BR. **Maria Clara Pinto Cruz** (clara\_aju@yahoo.com.br), graduada em Química Industrial pela Universidade Federal de Sergipe, licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo, mestra em Química e doutora em Engenharia Química, ambos pela Unicamp. Atualmente é professora no curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo e pesquisadora no Instituto de Pesquisa Interinstitucional de Sergipe (IPISE), Aracaju, SE – BR.

358

## Referências

BARBOSA, G.; LANGER, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. *Unoesc & Ciência – ACSA*, Joaçaba, v. 2, p. 87-96, 2011.

BAZZO, W. A. Quase três décadas de CTS no Brasil! Sobre avanços, desconfortos e provocações. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, v. 11, p. 50-68, 2018.

BEZERRA, I. L. S.; REVORÊDO, R. A.; BEZERRIL, R. T.; SILVA FILHO, P. C.; *Produção de gás combustível: construção de um biodigestor caseiro*. IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN: Tecnologia e Inovação para o Semiárido, 2013. Disponível em <http://portal.ifrn.edu.br/pesquisa/editora/livros-para-download/anais-do-ix-congic-ifrn>, acessada em junho de 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Guia Prático do Biogás: Geração e Utilização*. 2010. Disponível em [http://web-resol.org/cartilhas/giz\\_guia\\_pratico\\_do\\_biogas\\_final.pdf](http://web-resol.org/cartilhas/giz_guia_pratico_do_biogas_final.pdf), acessada em novembro de 2017.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Probiogás. Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2015.

CRUZ NETO, O.; MOREIRA, M. R.; SUCENA, L. F. M. *Grupos Focais e Pesquisa Social Qualitativa: o debate orientado como técnica de investigação*. In: XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais (ABEP); 2002; Nov 4-8; Ouro Preto; 2002. Disponível em <http://www.abep.nepo.unicamp.br>, acessada em julho de 2018.

FARIA, F. H. O. V.; BIFARONI, R. G.; BRACALENTE, J. *Biodigestor Caseiro para Produção de Biogás a Partir de Lixo Orgânico*. 2014. Disponível em [http://www.ib.unicamp.br/dep\\_biologia\\_animal/BE310](http://www.ib.unicamp.br/dep_biologia_animal/BE310), acessada em junho de 2018.

KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C. E.; KOCH, F. F.; PEDROSO, A. G. *Manual básico de biogás*. Lajeado: Ed. da Univates, 2014.

MACHADO, A. G. B. *Biodigestor Indiano*. *Portal dos Resíduos Sólidos*. 2013. Disponível em <http://www.portalresiduossolidos.com/biodigestor-indiano/>, acessada em dezembro de 2017.

MARTINS, H. H. T. S. Metodologia qualitativa de pesquisa. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 30, p. 289-300, 2004.

MARTINS, I. P.; PAIXÃO, F. *Perspectiva Atuais Ciência – Tecnologia – Sociedade no Ensino e na Investigação em Educação em Ciência*. 2011. Disponível em [http://blogs.ua.pt/isabelpmartins/bibliografia/CapL\\_13\\_IPMartins\\_FPaixao\\_Perspectivas\\_CTS\\_2011.pdf](http://blogs.ua.pt/isabelpmartins/bibliografia/CapL_13_IPMartins_FPaixao_Perspectivas_CTS_2011.pdf), acessada em junho de 2018.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. *Análise Textual Discursiva*, 2ª edição revisada. (Coleção Educação em Ciências) Ijuí: Editora Unijuí, 2011.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. *Geração e Utilização de Biogás em Unidades de Produção de Suínos*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006.

PECORA, V. *Implementação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP: estudo de caso*. Dissertação (mestrado), Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em [http://www.iee.usp.br/producao/2006/Teses/tese\\_vanessapecora.pdf](http://www.iee.usp.br/producao/2006/Teses/tese_vanessapecora.pdf), acessada em julho de 2018.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, v. 13, p. 71-84, 2007.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. *Estudo de Casos no Ensino de Química*. 2ª. ed. Campinas: 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. *Ensaio*, Belo Horizonte, v. 2, p. 110-132, 2000.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação & Pesquisa*, São Paulo, v. 31, p. 443-466, 2005.

Para saber mais

LEMOS, E. G. M.; STRADIOTTO, N. R. *Bioenergia: desenvolvimento, pesquisa e inovação*. São Paulo: Ed. Unesp, 2012.

**Abstract:** *Construction of a biodigester in school: a case study based on a science, technology and society perspective (STS)*. This article describes a classroom report on the construction of a biodigester. Action research was the method used. For the collection and analysis of previous conceptions, the focal group technique was used. Subsequent activities were divided into ten (10) moments, in which we sought to discuss and contextualize Science, Technology and Society (STS) relations. Results showed that the teaching of chemical contents was relevant in the formation of subjects for citizenship and contributed to the appropriation of scientific concepts necessary to understand their social, environmental and economic aspects.

**Keywords:** biodigester. chemistry teaching. science. technology. society.



## Atividade investigativa teórico-prática de Química para estimular práticas científicas

**Matheus S. B. Silva, Daniel M. Silva e Ana Cláudia Kasseboehmer**

Neste artigo, relata-se uma experiência didática de aplicação de uma atividade investigativa teórico-prática com alunos do ensino médio regular em um Clube de Química oferecido em uma universidade pública. O ensino investigativo é uma abordagem didática cujo objetivo é fazer com que os alunos se engajem na resolução de um problema a respeito de um fenômeno natural e desenvolvam habilidades correspondentes ao trabalho científico. Essa atividade contou com dois momentos distintos. Inicialmente, os alunos participaram de uma etapa teórica e, após isso, desenvolveram uma parte experimental. Os estudantes tiveram dificuldades em elaborar hipóteses e procedimentos experimentais coerentes. Ainda assim, os resultados indicam que o erro não afetou a sua participação. A combinação entre uma abordagem teórica e prática foi bem sucedida, uma vez que a ênfase sobre a elaboração de hipóteses permitiu que os alunos pensassem sobre a importância dessa etapa na construção da Ciência.

► abordagem investigativa, ensino de química, hipótese ◀

Recebido em 30/08/2018, aceito em 22/01/2019

360

**O** objetivo deste relato é apresentar uma experiência de aplicação de uma atividade investigativa que combina uma etapa teórica, em que os alunos devem dedicar-se apenas à elaboração de hipóteses, e uma etapa prática, em que os alunos elaboram hipóteses e as investigam por meio de um experimento. A atividade foi aplicada para estudantes do ensino médio regular de diferentes escolas em um Clube de Química desenvolvido em um laboratório de pesquisa em Educação em Ciências em uma universidade pública, nos anos de 2016 e 2017.

Na educação básica, ao priorizar o ensino de conceitos, a Ciência é apresentada aos alunos como uma atividade simples, distanciada do trabalho de cientistas profissionais e construída por meio de etapas mecânicas em um método universal e infalível (Munford e Lima, 2007). Como resultado, os alunos conhecem pouco sobre a natureza das ciências, incluindo os modos de trabalhar dos cientistas, como a formulação de hipóteses, a proposição de procedimentos

experimentais, a análise de dados e as discussões de resultados com seus pares (Munford e Lima, 2007). Logo, a criatividade, a autonomia e a dúvida, processos inerentes à prática científica, não são aprendidos pelos estudantes (Gil-Pérez *et al.*, 2001).

Para Gaston Bachelard (1996), a construção do saber científico é feita a partir de uma mudança para uma nova cultura. O aluno parte de sua cultura cotidiana e baseada no senso comum

para uma cultura em que seus conhecimentos cotidianos interagem, em uma situação de confronto e questionamentos, com os novos conhecimentos aprendidos. Nesse estado, o aluno adquire uma nova linguagem e assim desenvolve o seu espírito científico. Fonseca (2008) relata que a pedagogia científica discutida por Bachelard corresponde a um contexto de estimulação à capacidade do aprendiz de pensar, inquietar-se e de questionar o seu próprio conhecimento. O sujeito passa a sentir necessidade constante de superar suas dificuldades e obstáculos (Bachelard, 1996).

**O aluno parte de sua cultura cotidiana e baseada no senso comum para uma cultura em que seus conhecimentos cotidianos interagem, em uma situação de confronto e questionamentos, com os novos conhecimentos aprendidos.**

## Atividade Investigativa

A atividade investigativa propõe-se a ser uma analogia ao trabalho científico praticado em instituições de pesquisa no sentido de oferecer aos alunos a oportunidade para pensar, refletir, discutir com seus pares e desenvolver sua capacidade argumentativa utilizando a linguagem científica (Munford e Lima, 2007). Conforme discute Sasseron (2015), o ensino investigativo é uma abordagem didática cujo objetivo é fazer com que os alunos se engajem na resolução de um problema a respeito de um fenômeno natural e exercitem práticas de comparação, análise e avaliação, ao mesmo tempo em que interagem com seus colegas, com os materiais didáticos e com seus conhecimentos já existentes. Essa abordagem vem sendo bastante discutida na literatura internacional (Bevin e Price, 2016; Sesen e Tarhan, 2013; Bunterm *et al.*, 2014) e nacional (Belluco e Carvalho, 2013; Miranda *et al.*, 2015; Stuart e Marcondes, 2009; Sasseron, 2015; Kasseboehmer e Ferreira, 2013) e tem mostrado resultados positivos na manifestação de habilidades de escrita, raciocínio e pensamento crítico nos alunos.

Kasseboehmer *et al.* (2015) afirmam que as atividades investigativas criam um ambiente de aprendizagem que incentiva o aluno a buscar, pelas características do problema e a própria necessidade de encontrar uma solução, aprofundar seus conhecimentos e explorar novos conceitos que possam ajudá-lo durante a investigação. Nesse sentido, também promovem o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como o raciocínio lógico e, conforme discutem Sasseron e Carvalho (2011), podem favorecer a construção de uma visão adequada a respeito do trabalho científico. Bevin e Price (2016) acrescentam que essa abordagem permite com que os alunos tenham progressivo domínio sobre as habilidades de investigação, possibilitando o aprendizado de novos conceitos e procedimentos utilizados pela Ciência. Isso resulta em maior capacidade de lidar com a complexidade crescente de um mundo cada vez mais tecnológico (Bevin e Price, 2016).

[...] a partir do momento em que as atividades investigativas tornam-se presentes no planejamento escolar, os alunos tendem a pensar e a realizar as tarefas escolares de forma mais autônoma, e os professores tornam-se mais confiantes em planejar este tipo de atividade.

Atividades dessa natureza podem ser desenvolvidas de diferentes maneiras, conforme o nível de controle dos alunos sobre as etapas de investigação (Bevin e Price, 2016). Esses níveis são descritos pelos graus de abertura da atividade e refletem a autonomia experimentada pelos estudantes ao longo do processo. Nessa perspectiva, Kasseboehmer *et al.* (2015 p. 123) propõem níveis de abertura adaptados de Pella (1961), que seguem um contínuo como destacado no Quadro 1.

Como nos níveis de 0 a 2 basicamente todos os componentes são fornecidos, as atividades geralmente são baseadas em roteiros prontos que devem ser seguidos pelos estudantes. Nessa situação, podem aprender sobre instrumentos e cálculos sem, no entanto, desenvolver processos cognitivos mais complexos (Borges, 2002). No nível três, os alunos têm mais liberdade para propor procedimentos experimentais. Ao serem responsáveis pela coleta e análise dos dados, participam mais ativamente do seu processo de aprendizagem. No nível quatro, é fornecido apenas o problema aos alunos, sendo de sua responsabilidade propor o restante das etapas da atividade.

Kasseboehmer *et al.* (2015) recomendam que os professores aumentem progressivamente os níveis de investigação para que os alunos acostumem-se com essa nova estratégia.

Borges (2002) salienta que, no início de sua aplicação, as atividades investigativas dificilmente produzem resultados, justamente pelo fato de que todo o sistema escolar não está acostumado a essa nova prática. Entretanto, Kasseboehmer *et al.* (2015) discutem que essa dificuldade é apenas inicial e é resultado da

passividade proveniente do modelo tradicional de ensino. Logo, a partir do momento em que as atividades investigativas tornam-se presentes no planejamento escolar, os alunos tendem a pensar e a realizar as tarefas escolares de forma mais autônoma, e os professores tornam-se mais confiantes em planejar este tipo de atividade.

Inicialmente é necessário que os alunos tenham a oportunidade para pensar livremente sobre um problema, que deve ter como característica uma situação de conflito em que os

Quadro 1: Níveis de investigação de acordo com a liberdade fornecida aos alunos.

Nível	Problema	Material	Procedimento Experimental	Coleta e análise de dados	Conclusões
0	Dado	Dado	Dado	Dado	Dadas
1	Dado	Dado	Dado	Dado	Em aberto
2	Dado	Dado	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Dado	Dado	Em aberto	Em aberto	Em aberto
4	Dado	Em aberto	Em aberto	Em aberto	Em aberto
5	Em aberto	Em aberto	Em aberto	Em aberto	Em aberto

estudantes sentem-se desafiados a raciocinar e organizar seus conhecimentos prévios (Scarpa *et al.*, 2017).

Praia *et al.* (2002a), ao discutirem o problema, destacam que este deve fazer parte do universo de interesse dos alunos e, preferencialmente, deve ser colocado por eles no sentido de que o assumam como um desafio e possam engajar-se efetivamente para solucioná-lo. É importante então que o problema se diferencie de uma simples aplicação de fórmulas e que fique claro para o aluno que não há soluções únicas e imediatas (Borges, 2002).

Entendendo o problema, os alunos partem para a próxima etapa da investigação, em que devem formular suas hipóteses. As hipóteses constituem uma solução provisória para o problema proposto inicialmente, antecedendo a etapa experimental, articulando os conhecimentos dos alunos e os auxiliando na tomada de decisões futuras (Praia *et al.*, 2002b).

Conforme discutem Gil-Pérez *et al.* (2001), as hipóteses e a teoria devem assumir um papel de protagonismo na investigação e são essenciais ao trabalho científico. Essa concepção de ciência se distancia da imagem empírico-indutivista que atribui ao experimento um peso maior em relação aos outros aspectos envolvidos na prática científica. Segundo a visão empírico-indutivista, a experimentação não é conduzida por uma teoria prévia e orientadora, mas a partir do controle de variáveis e da repetição exaustiva, chega-se à construção de novos modelos e teorias.

Tendo em vista a concepção de que as hipóteses e a teoria possuem papel fundamental no trabalho científico, a fim de que os alunos tenham condições de elaborar hipóteses e procedimentos experimentais cientificamente coerentes e guiados por um fundo teórico, o professor deve retomar alguns conceitos básicos para o desenvolvimento das novas ideias (Kasseboehmer *et al.*, 2015). Esses conceitos básicos auxiliam os alunos na tomada de decisões e, de acordo com a mediação adotada pelo professor, são aprofundados e explorados na sua relação com outros conceitos científicos abordados pelo problema.

O próximo passo é a validação das hipóteses. Esse processo consiste em utilizar atividades práticas para investigar experimentalmente as hipóteses. É o momento de mudança da atividade intelectual para a atividade manipulativa (Carvalho, 2011), em que os estudantes têm liberdade para propor um procedimento experimental, coletar dados, anotar seus registros e construir suas análises de acordo com o nível de investigação adotado. O contato com diferentes variáveis que podem surgir durante a experimentação permite aos alunos estabelecer relações e, conseqüentemente, aprofundar seus conhecimentos.

As atividades práticas tradicionais geralmente são aplicadas com o objetivo de comprovar e demonstrar leis, teorias

e fatos apresentados durante as aulas teóricas. O resultado é o estabelecimento de uma imagem equivocada da relação entre o experimento e a teoria, onde o primeiro serve como um processo de confirmação do segundo e resultados fora do esperado são vistos como uma anomalia (Borges, 2002). Nesse caso, o erro é colocado em uma posição diretamente ligada ao fracasso. Como consequência, os alunos podem manipular seus dados para chegar às respostas esperadas pela teoria (Borges, 2002). Para evitar isso, os objetivos finais da atividade investigativa experimental devem ser apresentados como um processo de aprendizagem do fazer científico, para além dos conceitos teóricos. Como apontam Praia *et al.* (2002b), nesse tipo de situação o erro é inevitável pelo fato de que aos alunos é dada autonomia para extrapolar sua criatividade. Kasseboehmer *et al.* (2015) discutem que o erro durante a atividade investigativa pode constituir-se como nova fonte de pesquisa e de reorganização do conhecimento, tornando o aluno mais comprometido com a sua aprendizagem.

Como nas atividades investigativas há etapas que envolvem discussões entre os alunos, há o estabelecimento de um espírito cooperativo entre os mesmos e a divisão de responsabilidades entre o grupo (Kasseboehmer *et al.*, 2015). Assim, os aprendizes constroem o que será denominado por Praia *et al.* (2002b, p. 255) de “comunidade científica de alunos”, que permite que os estudantes dialoguem e exponham suas ideias para a resolução de um problema.

## Metodologia

A atividade investigativa foi proposta para 15 alunos do 2º ano do ensino médio com idades entre 15 e 16 anos inscritos em um Clube de Química de uma universidade pública. Dos 15 alunos, 6 eram de escolas particulares e 9 de escolas públicas da cidade. Sobre a familiaridade com experimentação, 7 alunos já haviam tido aulas de laboratório, sendo que 6 eram de escolas particulares e 1 frequentava uma escola

técnica estadual do Centro Paula Souza. Os outros 8 alunos que estudavam em escolas públicas da periferia da cidade alegaram nunca ter participado de atividades experimentais relacionadas com a Química. O interesse dos alunos em realizar atividades experimentais e aumentar seus conhecimentos de Química foi unânime como motivação para participarem do Clube de Química.

O Clube de Química iniciou com dois encontros de preparação para as atividades investigativas. No primeiro deles foi apresentada uma aula expositiva dialogada pelos educadores para discutir como o exercício de pensar e aprender pode ser prazeroso e trazer diversos benefícios para o desenvolvimento dos alunos. Em seguida, realizaram uma discussão sobre o método

**Tendo em vista a concepção de que as hipóteses e a teoria possuem papel fundamental no trabalho científico, a fim de que os alunos tenham condições de elaborar hipóteses e procedimentos experimentais cientificamente coerentes e guiados por um fundo teórico, o professor deve retomar alguns conceitos básicos para o desenvolvimento das novas ideias (Kasseboehmer *et al.*, 2015).**

científico, visando desmistificá-lo como um conjunto de etapas mecânicas e bem definidas seguidas pelos cientistas e apresentá-lo segundo uma abordagem em que há uma interação constante entre a teoria, a hipótese e o experimento. Nesse sentido, teorias e hipóteses podem guiar o experimento da mesma forma que resultados experimentais podem levar a reformulação das construções teóricas. Também foi discutida com os alunos a questão do erro, enfatizando o seu aspecto natural na prática científica e a sua importância no aprendizado. Para complementar essas ideias, foi exibido o episódio “*Scientific Method, Beakmania & Rainbows*” de um programa de televisão estadunidense, *Beakman’s World*, em que é apresentado o método científico e suas etapas.

Como muitos dos alunos nunca tiveram a oportunidade de realizar um experimento, foi aplicada uma prática simples de evidências de reação com nível 2 de abertura conforme o Quadro 1. O objetivo foi que os alunos conhecessem e “perdessem o medo” de manusear vidrarias e reagentes e que se familiarizassem com práticas experimentais. Essas etapas são importantes, considerando que poucos são os alunos que já tiveram contato com um laboratório (Borges, 2002), e muitos deles desconhecem a metodologia científica, que são conhecimentos essenciais para participação nessa abordagem. No segundo encontro, foi conversado com os alunos a respeito da segurança no laboratório e os principais cuidados que devem ser tomados durante os experimentos.

Em seguida, foram apresentadas algumas vidrarias e instrumentos. Nesse encontro foram realizadas uma atividade de nível 2 e outra de nível 3 de abertura, para que os alunos se habituassem com a atividade e conhecessem os materiais utilizados no laboratório. O Clube de Química teve a duração total de 9 semanas e, após essas atividades de adaptação, foram trabalhadas 7 atividades investigativas de nível 4.

Essa abordagem foi desenvolvida combinando-se uma atividade investigativa teórica (Kasseboehmer *et al.*, 2015) e prática (Suart e Marcondes, 2009), esperando-se aumentar o tempo que o estudante dedica à elaboração das hipóteses. Ambas as etapas, apesar das similaridades que as caracterizam como investigativas, possuem objetivos distintos. A teórica tem como propósitos fundamentais que os alunos formulem uma solução provisória a um problema segundo seus conhecimentos teóricos, se dediquem a um trabalho de abstração e possam formular modelos teóricos explicativos, sem necessariamente realizar um experimento. Conforme discutem Kasseboehmer *et al.* (2015), na etapa prática os alunos, além da formulação das hipóteses, utilizam ferramentas físicas para resolver um problema, testar suas ideias, observar, coletar e registrar dados e, então, propor relações dos resultados com a teoria previamente estudada.

Kasseboehmer *et al.* (2015) ainda destacam que a abordagem teórica não deve ser confundida com a resolução de

exercícios simples. Enquanto nestes se pressupõe que apenas uma resposta é correta, os problemas de uma atividade investigativa teórica permitem que mais de uma hipótese coerente seja elaborada, colaborando para o desenvolvimento do raciocínio lógico e da discussão entre os estudantes.

Segundo Suart e Marcondes (2009), nas atividades investigativas práticas, o estudante participa ativamente da elaboração de hipóteses e dos procedimentos experimentais, junto com a execução do experimento. No entanto, a motivação inicial despertada pelo experimento pode ter como consequência a supervalorização do trabalho experimental em detrimento da construção de hipóteses. As atividades desenvolvidas compreendem então uma parte teórica, de elaboração de hipóteses, e uma parte prática, de proposição de procedimentos experimentais, configurando-se como uma atividade investigativa teórico-prática. Em ambas as etapas os problemas colocados aos alunos foram diferentes, porém estavam dentro de uma mesma temática.

Neste artigo será discutida a última atividade investigativa teórico-prática de nível 4 trabalhada com os estudantes. O encontro teve duração de 2 horas e 30 minutos. A atividade foi desenvolvida baseada em um tema relacionado à deficiência de ferro no organismo. Esse tema é justificado dentro de um panorama social e está em coerência com

os interesses dos alunos devido a sua importância médica e nutricional.

A atividade iniciou com uma investigação teórica. Os educadores distribuíram fichas com uma breve contextualização a respeito da temática, abordando a questão da anemia ferropriva, os sintomas manifestados pela deficiência de ferro no organismo, as formas de tratamento e as recomendações nutricionais. Após a leitura do texto, foi solicitado aos estudantes que elaborassem hipóteses para a seguinte questão: “*É um costume popular colocar um prego no preparo da comida como forma de combater a anemia. Elabore uma hipótese para explicar se esse hábito é correto. Justifique sua resposta utilizando seus conhecimentos.*”

Essa etapa foi individual e permitiu que os alunos construíssem hipóteses a partir de seus conhecimentos prévios. Os estudantes ficaram livres para recuperar conhecimentos do seu cotidiano bem como os apresentados pelo professor nas aulas de Química. Sendo uma atividade individual, os alunos deviam organizar mentalmente seus conhecimentos e registrar sua hipótese com suas palavras na folha de respostas, utilizando a linguagem científica. A atividade também contava com três pistas que os alunos podiam consultar caso sentissem dificuldade em elaborar suas hipóteses:

1. Pense nas diferentes formas em que os elementos químicos são encontrados na natureza e estudados na escola;
2. Pense em que forma o ferro se encontra nos alimentos e no prego;

**A teórica tem como propósitos fundamentais que os alunos formulem uma solução provisória a um problema segundo seus conhecimentos teóricos, se dediquem a um trabalho de abstração e possam formular modelos teóricos explicativos, sem necessariamente realizar um experimento.**



incoerentes – explicações incorretas e com erros conceituais.

A análise da resposta coerente mostra que um aluno tem conhecimento a respeito das diferentes formas químicas que o ferro pode assumir e isso varia de acordo com a fonte na qual é encontrado: “*Não, o ferro precisa estar em uma forma adequada para o nosso corpo ( $Fe^{2+}$ ) se não for assim pode gerar alguma reação no corpo, fazendo mal*”.

Uma diferente abordagem feita por quatro alunos relacionou-se ao hábito anti-higiênico da prática e foram classificadas como parcialmente coerentes. Nesse sentido, uma aluna relatou que: “*Este costume popular não é eficaz, pois é anti-higiênico. A maneira mais saudável é o consumo do próprio ferro vitamínico, pois a utilização do prego pode contaminar o alimento*”. A aluna recorreu ao fato de que o prego é um material que pode conter sujeiras e que pode ser prejudicial à saúde, mas não considerou as formas em que o ferro pode ser encontrado na natureza. Outros nove alunos discutiram que o ferro do medicamento era diferente do ferro do prego e por isso o costume popular estaria errado. Essas respostas foram consideradas parcialmente corretas pela falta de conceitos químicos. Uma hipótese foi considerada incoerente pela falta de compreensão na redação da proposta.

A maioria dos alunos compreendeu o problema da atividade investigativa, todavia, não conseguiu elaborar uma hipótese coerente. A principal dificuldade foi a não percepção dos ciclos biogeoquímicos dos elementos. A falta de oportunidades para os estudantes desenvolverem sua capacidade de argumentação durante a sua trajetória escolar prejudica a aprendizagem e a utilização da linguagem e da lógica científicas (Driver *et al.*, 2000). Esta questão demanda que os professores tenham um melhor entendimento a respeito do papel desempenhado pela linguagem no aprendizado dos alunos, especialmente quando esta envolve diferentes estruturas e formas de pensar, como a linguagem científica (Fang, 2004).

Em relação à explicação do raciocínio, apenas uma aluna não preencheu o solicitado. Nove dos quinze alunos citaram que há uma diferença entre o ferro que constitui o prego e o encontrado nos alimentos. Assim, eles construíram suas hipóteses partindo da informação contida na ficha de atividades. Como sugerido por um dos alunos “*O ferro usado no prego vem de rochas e o ferro usado no corpo vem de alimentos*”. Os estudantes souberam diferenciar que o ferro pode encontrar-se em diferentes formas químicas, mas não compreenderam que o ferro da rocha pode, eventualmente, constituir um alimento. Apenas um dos alunos citou que a diferença entre as formas de ferro citadas no texto relaciona-se ao estado de oxidação: “*Na fórmula ( $Fe^{2+}$ ) do ferro para ingerir e na forma do prego  $Fe$* ”.

Duas alunas afirmaram ter utilizado as informações fornecidas pela discussão com colegas e um aluno relatou que

utilizou informações apresentadas no texto e relacionou com conhecimentos anteriormente aprendidos, sem, no entanto, especificar sua origem. Os demais não deixaram claro a quais fontes recorreram para elaborar suas explicações.

### Análise das Propostas Experimentais

Os procedimentos experimentais também foram classificados em coerentes e incoerentes. Apenas três dos quinze alunos não preencheram a ficha com as suas propostas. Doze alunos relataram individualmente suas ideias de como identificar o metal a partir dos materiais que foram disponibilizados, sendo que oito respostas foram classificadas como coerentes e quatro como incoerentes. Como essa etapa foi executada em dupla, os alunos puderam discutir e defender suas propostas de procedimentos experimentais perante seus colegas e selecionar aquele que consideraram a melhor forma de se chegar aos resultados.

Das respostas incoerentes, três alunos relataram ser possível separar o ferro apenas pela dissolução do medicamento e a sua filtração, sendo que o metal deveria, assim, ficar retido no filtro. Essa afirmação mostra que os estudantes não compreenderam a

diferença entre as formas de ferro existentes na Natureza, associando este elemento apenas a seu estado metálico. Sendo um metal, portanto um objeto palpável, os alunos concluem que deve ser retido no filtro. Esse resultado torna explícito que eles não se apropriaram adequadamente do conceito de íons.

Tal como outros conceitos químicos como átomos, moléculas e substâncias, os íons não fazem parte da experiência direta dos estudantes. Por isso, guardam uma natureza abstrata e, portanto, geralmente não são bem assimilados (Taber, 2001). França *et al.* (2009), em um trabalho com estudantes do 3º ano do ensino médio, notaram a dificuldades deles em entender o significado dos íons, sua representação e como são formados. Em um trabalho anterior com estudantes do ensino fundamental, Silva e Aguiar (2008) relatam que os alunos não conseguiram compreender a diferença entre os objetos compostos por ferro e o ferro necessário para a nutrição humana.

A ideia apresentada pelos alunos corrobora as questões identificadas na etapa teórica a respeito da dificuldade dos estudantes em abstrair que o ferro pode ser encontrado em uma forma iônica e não sólida. Essa questão é bastante discutida por Bachelard (1996), quando ele se refere ao apego às primeiras impressões e à dificuldade em abandoná-las, principalmente quando advindas do senso comum e das experiências corriqueiras.

Na quarta resposta incoerente, o estudante sugeriu o ácido como uma substância que marcaria o ferro no medicamento: “*O ácido vai mudar a cor do ferro no comprimido provando que tem ferro*”.

A maioria dos alunos compreendeu o problema da atividade investigativa, todavia, não conseguiu elaborar uma hipótese coerente. A principal dificuldade foi a não percepção dos ciclos biogeoquímicos dos elementos.

Nota-se um obstáculo animista quando o aluno cita que o ácido muda a cor do ferro e prova que o metal está presente no comprimido. Esse tipo de obstáculo atribui características humanas a objetos inanimados (por exemplo, provar alguma coisa), dificultando a aprendizagem efetiva dos conceitos e a necessária abstração para o desenvolvimento do espírito científico (Bachelard, 1996). Nesse caso, o aluno não percebeu que a identificação resulta de uma reação química. Esses obstáculos fazem parte das experiências dos alunos e, portanto, são difíceis de serem superados (Bachelard, 1996). Isso exige que os estudantes entrem em um conflito cognitivo a partir de novas situações de aprendizagem proporcionadas pelo professor.

Dentre as propostas coerentes, sete alunos sugeriram que o ferro pode ser identificado a partir da dissolução do medicamento previamente triturado e da adição de hidróxido de sódio ao filtrado. De acordo com eles, a adição da base deve provocar uma alteração na solução, que adquire uma coloração marrom-avermelhada.

De acordo com Eleotério *et al.* (2007), é necessário adicionar ácido para dissolução do medicamento. Ainda assim, as respostas foram classificadas como coerentes porque os alunos compreenderam a necessidade de dissolver o comprimido e, portanto, entenderam que o ferro pode ser encontrado em outras formas, nesse caso, solúveis em água. Ainda, mostraram conhecer que uma reação química pode ser identificada por uma mudança visual no meio reacional. Um exemplo deste procedimento experimental é o seguinte: “Pensei em usar uma conversão entre formas de ferro, misturar o ferro com uma base e assim se estivermos certos ocorrerá uma reação e ficará de outra cor.”

Apenas um aluno percebeu a necessidade de oxidar o Fe (II) a Fe (III) utilizando um agente oxidante disponível (a água oxigenada, neste caso). Assim, após a execução dos procedimentos experimentais, a maioria dos alunos não obteve o resultado esperado. Isso porque o Fe (II) na presença de íons hidroxila forma um precipitado branco que, em condições normais, adquire uma coloração esverdeada (Vogel, 1981). Caso seja esperado um tempo considerável, é possível que a solução adquira uma coloração marrom-avermelhada como consequência da oxidação pelo oxigênio atmosférico (Vogel, 1981), o que não foi possível no período disponível.

De acordo com o *Currículo de Química do Estado de São Paulo*, os conceitos de reação redox são introduzidos no 2º ano do ensino médio e, portanto, era possível que esses alunos tivessem sucesso em sua proposta. Porém, como discutem Jong *et al.* (1995), este tópico é percebido pelos professores e pelos alunos como um assunto difícil de ser trabalhado, e dificuldades de aprendizagem são esperadas. Por isso mesmo, a aprendizagem de um conceito não pode depender apenas da aula expositiva e esses conceitos precisam ser retomados em estratégias didáticas diversificadas.

É importante destacar que o objetivo da atividade investigativa não é que os alunos efetuem a prática corretamente e cheguem à resposta esperada pelo professor, mas sim que trabalhem os conhecimentos aprendidos nas aulas teóricas e tenham oportunidade de discutí-los. Nessa perspectiva, o erro torna-se uma oportunidade para identificar dificuldades e reestruturar conhecimentos mal estabelecidos. Como discutem Souza *et al.* (2007), o erro faz parte da aprendizagem e torna possível identificar relações e pré-concepções dos estudantes, devendo ser explorado e discutido. Segundo Nogaro e Granella (2004), o erro assume um papel privilegiado na compreensão do que o

aluno não aprendeu, atuando como um ponto de partida para elaborar intervenções que os auxiliem no avanço de sua aprendizagem.

No início do Clube de Química, os alunos ficavam receosos em apresentar suas ideias e resultados por medo de errarem. Porém, ao se familiarizarem com as atividades, o erro passou a estimular novas

discussões e os alunos começaram a enxergá-lo como uma oportunidade de rever os seus conhecimentos.

A combinação entre uma abordagem teórica e prática foi bem sucedida, uma vez que a ênfase sobre a elaboração de hipóteses permitiu que os alunos pensassem sobre a importância dessa etapa no desenvolvimento científico. Nessa abordagem, o experimento deixa de ser a única variável e a hipótese também adquire um papel essencial durante o percurso de construção da Ciência.

### Considerações Finais

A proposta deste artigo foi apresentar o desenvolvimento de uma atividade investigativa teórico-prática. Avaliando as hipóteses formuladas pelos alunos, o resultado mostra que a maioria conseguiu construir uma ideia parcialmente coerente, segundo o critério estabelecido. Em relação aos procedimentos experimentais, apesar de 8 das 12 respostas terem sido classificadas como coerentes, segundo o raciocínio dos alunos, apenas uma proposta previa a oxidação do ferro (II) no medicamento e, com isso, apenas um aluno conseguiu chegar ao resultado esperado pelo experimento.

Em relação às pistas apresentadas, sua maior contribuição diz respeito às situações em que os alunos encontram dificuldades em elaborar um raciocínio coerente. Sugerimos que as pistas sejam mantidas, sendo que as questões um e dois foram essenciais para que os alunos pudessem conduzir a investigação. Entretanto, reconhecemos que a pista três deva ser reformulada, considerando que os alunos não entenderam o seu significado. Caso essa pista permaneça, indicamos que o professor explique a atuação do ácido ascórbico como agente redutor na conversão de ferro (III) para ferro (II) antes da elaboração de hipóteses pelos alunos.

Ainda que o sucesso da execução do experimento tenha ocorrido com apenas uma dupla, a possibilidade de errar não afetou os participantes. Assim, o erro pode ser considerado como parte positiva do trabalho dos alunos, isto é, um aspecto inerente à prática científica e também à prática educativa.

O relato apresentado neste artigo visa contribuir para o desenvolvimento e a divulgação de atividades que objetivam colocar os alunos como protagonistas em sua aprendizagem e, neste caso, que se enfatize a hipótese no ensino investigativo. Os autores, porém, reconhecem as dificuldades em relação à aplicação desse tipo de atividade, considerando o modo como a grade curricular e as aulas são organizadas nas escolas.

A experiência com Clubes de Química mostra que as dificuldades existem apenas inicialmente, até que os professores e os estudantes se acostumem com essa nova estratégia. A tendência é que seja cada vez mais fácil e prazerosa a participação nesse tipo de atividade, tanto para os professores quanto para os alunos. O tempo de 2 horas e meia foi superior ao necessário e, para adaptação para escola, sugerem-se três aulas, sendo a primeira para a parte teórica e as demais para a parte prática. Ainda, a simples adição de quaisquer outros materiais além dos necessários para a realização do

experimento já caracteriza a prática como de nível 4, não sendo necessário um laboratório completo.

## Agradecimentos

Aos alunos que participaram da pesquisa, às escolas e aos professores que permitiram a divulgação do Clube de Química.

Processo n.º 2017/10118-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); Processo n.º 2018/19108-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); Processo n.º 2018/20145-7, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); Processo CNPq 457780/2013-4; Pró-Reitoria de Graduação da USP.

**Matheus S. B. Silva** (matheus.santos.barbosa@usp.br) Licenciado em Ciências Exatas com habilitação em Química pela Universidade de São Paulo (USP). É aluno de iniciação científica no Instituto de Química de São Carlos (IQSC). São Carlos, SP – BR. **Daniel M. Silva** (daniel.matheus.silva@usp.br) licenciado em Ciências exatas com habilitação em Química pelo – IFSC-USP e mestre em Ciências (área de concentração Físico-Química) pelo Instituto de Química de São Carlos – IQSC-USP. Atualmente é aluno de doutorado também pelo IQSC-USP. São Carlos, SP – BR. **Ana Cláudia Kasseboehmer** (claudiaka@iqsc.usp.br), bacharel, licenciada e mestre em Química, doutora em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é docente do Instituto de Química de São Carlos IQSC/ USP. São Carlos, SP – BR.

## Referências

KASSEBOEHMER, A. C.; HARTWIG, D. R. e FERREIRA, L. H. *Contém Química 2: pensar, fazer e aprender pelo método investigativo*. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015.

KASSEBOEHMER, A. C. e FERREIRA, L. H. O método investigativo em aulas teóricas de Química: estudo das condições da formação do espírito científico. *REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, p. 144-168, 2013.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. E. S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. BELLUCO, A. e CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BUNTERM, T.; LEE, K.; KONG, J. N. L.; SRIKON, S.; VANGPOOMYAI, P.; RATTANAVONGSA, J. e RACHAHOON, G. Do different levels of inquiry lead to different learning outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 12, p. 1937-1959, 2014.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). *O Uno e o Diverso na Educação*. Uberlândia: EDUFU, 2011.

JONG, O.; ACAMPO, J. e VERDONK, A. Problems in teaching the topic of redox reactions: actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, n. 10, p. 1097-1110, 1995.

DRIVER, R.; NEWTON, P. e OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.

ELEOTÉRIO, I. C.; KIILL, K. B.; SENE, J. J.; FERREIRA, L. H. e HARTWIG, D. R. Experimentos para identificação de íons ferro em medicamentos comerciais. *Química Nova na Escola*, n. 26, p. 37-39, 2007.

FANG, Z. Scientific literacy: A systemic functional linguistics perspective. *Science Education*, v. 89, n. 2, p. 335-347, 2005.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R. e CARMO, M. P. Estrutura atômica e formação dos íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 275-282, 2009.

FONSECA, D. M. A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. *Educação e Pesquisa*, v. 34, n. 2, p. 361-370, 2008.

GIL-PEREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A. e PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

MIRANDA, M. S.; SUART, R. C. e MARCONDES, M. E. R. Promovendo a alfabetização científica por meio do ensino investigativo no ensino médio de química: contribuições para a formação inicial docente. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. 3, p. 555- 583, 2015.

MOREIRA, M. A. e OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.

MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

NOGARO, A. e GRANELLA, E. O erro no processo de ensino

e aprendizagem. *Revista de Ciências Humanas*, v. 5, n. 5, p. 31-56, 2004.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C. e GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 8, n. 1, p. 127-145, 2002a.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C. e GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002b.

PELLA, M. O. The laboratory and science teaching. *The Science Teacher*, v. 28, n. 5, p. 29-31, 1961.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 17, p. 49-67, 2015.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H. e SILVA, M. B. O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. *Tópicos Educacionais*, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

SESEN, B. A. e TARHAN, L. Inquiry-based laboratory

activities in electrochemistry: High school students' achievements and attitudes. *Research in Science Education*, v. 43, n. 1, p. 413-435, 2013.

SILVA, N. S. e AGUIAR, O. O uso dos conceitos de elemento e substância por estudantes do ensino fundamental: uma perspectiva de análise sociocultural. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 3, 2008.

SOUZA, C. A.; BASTOS, F. P. e ANGOTTI, J. A. P. Cultura científico-tecnológica na educação básica. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 9, n. 1, p. 76-88, 2007.

SUART, R. C. e MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciências & Cognição*, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

TABER, K. S. Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 2, n. 2, p. 123-158, 2001.

VOGEL, A. I. *Química Analítica Qualitativa*. Trad. A. Gimeno. 5ª ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

**Abstract:** *Theoretical-practical inquiry chemistry activity stimulating scientific practices.* In this article, we report a didactic experience using a theoretical-practical inquiry activity carried out with regular high school students in a Chemistry Club offered at a public university. Inquiry activities are didactic approaches in which the purpose is to make students engage in solving a problem regarding a natural phenomenon and develop skills corresponding to the scientific work. This activity had two different moments. Initially students participated in a theoretical step and, after that, developed an experimental part. Students had difficulty in developing coherent hypothesis and experimental procedures. Yet, as the results indicate, mistakes did not affect their participation in the activities. The combination of theoretical and practical approaches was successful, since hypothesis construction allowed students to think about its importance to the development of science.

**Keywords:** inquiry approach, chemistry teaching, hypothesis.

## O ambiente natural como recurso para promover um ensino interdisciplinar

**Sidnei de Lima Júnior, Diógenes Aparecido de Almeida, Luciana Cristina Candido de Menezes e Roberto Greco**

Este artigo configura-se como uma proposta de ensino interdisciplinar em que professores de química, geografia e biologia articulam intervenções didáticas junto a um grupo de alunos da 1ª série do ensino médio técnico em química de uma escola pública do Estado de São Paulo. As atividades que compõem esta articulação são baseadas em pesquisas elaboradas pelos estudantes, a partir de materiais, informações e dados obtidos em visitas de campo a três diferentes áreas do município e da região da escola. Os resultados desta proposta interdisciplinar foram analisados à luz da Análise Textual Discursiva (ATD), evidenciando a construção de importantes compreensões e interações entre conteúdos e conceitos pelos estudantes, demonstrados pelo desenvolvimento de pesquisas, seguido da apresentação dos materiais, dados e informações investigados junto aos docentes e à comunidade, culminando na produção de uma mostra científica permanente sobre aspectos químicos, geográficos e biológicos presentes no município da escola, para compor o acervo do museu histórico e pedagógico da própria cidade.

► ambiente natural como recurso didático, ensino interdisciplinar, aprendizagem ativa ◀

Recebido em 23/08/2018, aceito em 30/04/2019

A necessidade de que os processos educacionais estabeleçam diálogos permanentes com situações reais e do contexto dos estudantes configura-se como um fator importante a ser considerado no desenvolvimento destes sujeitos. Nesse sentido, os documentos oficiais da educação básica preconizam que o planejamento das disciplinas seja baseado em propostas que abordem aspectos sociais, econômicos e ambientais do cotidiano dos estudantes (Brasil 2006, 2013). Esses documentos propõem que as abordagens disciplinares sejam embasadas em processos didáticos que estimulem o levantamento e discussão de situações significativas, possibilitando o aprendizado de conhecimentos científicos e a apropriação de atitudes e valores pelos estudantes (Carvalho, 2008; Delizoicov *et al.*, 2009; Santos e Schnetzler, 2010; Marques *et al.*, 2013). No entanto, a utilização de aspectos que permeiam a temática meio ambiente tem sido objeto de discussão com diferentes enfoques na educação, notadamente no ensino de química.

A utilização de visitas de campo no ensino, segundo Viveiro e Diniz (2009), permite a articulação de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Marques e Praia (2009) também defendem que visitas a ambientes naturais possibilitam melhoria na compreensão sobre a origem do conhecimento científico, valorização do ambiente natural e a integração de saberes pelos estudantes.

Silva *et al.* (2008) sublinham que, ao trabalharem projetos ambientais nas aulas de química, propiciaram maior engajamento e compreensão de conceitos junto aos estudantes. Estes resultados foram alcançados em consequência do desenvolvimento de atividades que estimularam os estudantes a buscarem formas de reaproveitar águas residuais de produções industriais e agrícolas, presentes no próprio município da escola.

Ribeiro *et al.* (2010) também atestam sobre o envolvimento dos alunos nas aulas de química, ao articularem atividades didáticas envolvendo visitas de campo que englobaram coleta e análise de dados sobre poluição aquática. Os autores também verificam o estabelecimento de interações entre conteúdos de diferentes áreas do conhecimento pelos estudantes.

A utilização de visitas de campo no ensino, segundo Viveiro e Diniz (2009), permite a articulação de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Marques e Praia (2009) também defendem que visitas a ambientes naturais

possibilitam melhoria na compreensão sobre a origem do conhecimento científico, valorização do ambiente natural e a integração de saberes pelos estudantes.

Essa integração de conceitos e saberes, pode ser potencializada, quando professores de diferentes componentes curriculares se unem para articular abordagens em torno de um mesmo objeto de estudo, utilizando-se de métodos e práticas com enfoque interdisciplinar. Assim, propicia-se aos estudantes, que estes tenham relações mais intrínsecas entre as diversas áreas das ciências, possibilitando gerar maiores sentidos e significados para os conhecimentos construídos.

Nessa perspectiva, Abreu e Lopes (2013) defendem que o conhecimento químico escolar possui inúmeras interfaces com as demais ciências, cabendo então aos docentes de química não se furtarem do estabelecimento de diálogos e interações constantes com as outras áreas do conhecimento.

Chassot (2012), ao propor que o ensinar química deve transgredir as fronteiras da disciplina, pontua que os conhecimentos passam a ter mais sentido e a contribuir com a geração de maiores significados. Para Zanon (2012), a interdisciplinaridade, aliada à contextualização, pode contribuir com a multiplicidade de relações entre conceitos específicos de componentes curriculares, valorizando a mobilização de processos educativos quando situados ao cotidiano do aluno.

Fazenda (2007) defende que a interdisciplinaridade com enfoque teórico-metodológico permite superar a fragmentação na educação, impulsionando transformações e possibilitando alcançar múltiplas relações conceituais entre diversos campos das ciências. A autora realça que esse resultado é gerado nas práticas docentes, partindo de mediações a partir do todo com as partes, dos meios com os fins, contribuindo significativamente com a construção do conhecimento.

Ao tratarem de uma intervenção interdisciplinar no ensino médio, Correia *et al.* (2004) identificam que estudantes inter-relacionaram saberes de diferentes áreas quando estimulados a pesquisarem assuntos envolvendo o tema bioquímica, após utilizarem diferentes estratégias didáticas, que envolveram desde atividades práticas experimentais, leitura, interpretação de textos, até a produção de uma peça teatral.

Silva (2010), ao propor pesquisas sobre a produção de cachaça no Brasil-Colônia em aulas de química do ensino médio, permitiu que os discentes construíssem relações entre conceitos de diferentes áreas do conhecimento. Esse resultado foi devido a articulações interdisciplinares e multidisciplinares, promovidas a partir de conteúdos da geografia, história, biologia e química.

No que tangem abordagens interdisciplinares que tratam de questões ambientais no ensino, Rua e Souza (2010) propiciaram que estudantes elaborassem pesquisas mais contextualizadas e integradas ao cotidiano destes sujeitos, despertando o senso crítico e permitindo o desenvolvimento

de melhores compreensões acerca de conceitos da química e suas relações com conteúdos de outras áreas científicas entre estes sujeitos.

Em um cenário próximo a este contexto, Silva e Mortimer (2012) relatam as experiências obtidas pelo desenvolvimento de um projeto PIBID, que tratou de questões ambientais delineadas entre professores, estudantes e formadores de docentes. Estas questões procuraram explorar assuntos inerentes à poluição aquática em uma lagoa do município da escola, permitindo alcançar significativos resultados na compreensão, relação entre conhecimentos de áreas distintas entre os sujeitos participantes e o aprimoramento de habilidades cognitivas essenciais, principalmente entre os estudantes e futuros professores.

Mediante a constatação de que o ambiente pode se configurar como um meio propício para a contextualização de saberes e o tratamento interdisciplinar de determinados conceitos, buscamos por meio de uma proposta de intervenção no ensino, verificar como o tratamento de questões que envolvem a exploração mineral no território que engloba o local e a região da escola, pode contribuir com abordagens interdisciplinares, que permitam melhores compreensões e interações entre conteúdos de diferentes áreas das ciências, junto a estudantes do ensino médio técnico.

Nesta perspectiva, objetivamos desenvolver e aplicar uma intervenção interdisciplinar junto à uma turma da 1ª série do ensino médio técnico em química, pertencente à uma escola estadual do interior paulista. Essa proposta, baseia-se em estimular que estudantes em grupo, elaborem um levantamento, análise e socialização de dados e informações sobre aspectos químicos, geográficos e biológicos presentes no ambiente local e regional da escola.

A motivação para o tema ampara-se na valorização do ambiente como fonte de recursos para a contextualização e o estabelecimento de inter-relações entre conteúdos e conceitos científicos de diferentes áreas curriculares.

### Aspectos Metodológicos

Como aporte teórico para este trabalho, recorremos a Fazenda (2007), a qual defende a interdisciplinaridade como um novo pensar e agir entre sujeitos que buscam privilegiar o ensino a partir de convivências interativas e enriquecedoras entre docentes e alunos, sem justaposições entre áreas do conhecimento. Os conteúdos propostos para esta intervenção (Quadro 1) foram selecionados de acordo com a ementa do curso (São Paulo, 2016), ao longo de três reuniões organizadas entre os professores participantes, as quais ocorreram durante o 3º bimestre letivo de 2016.

A utilização do ambiente no ensino é amparada nos pressupostos de Marques e Praia (2009), como fonte de estímulos para a compreensão sobre a natureza dos conhecimentos científicos, a integração de saberes, a valorização do ambiente natural e o trabalho colaborativo entre alunos e professores. Nesse sentido, a utilização da visita de campo (Figura 1) a três diferentes áreas (Quadro 2) serviu de fonte

Quadro 1: Conteúdos e conceitos selecionados

Disciplinas	Conteúdos e conceitos
Química	Substâncias e suas propriedades (Fórmula molecular, temperatura de fusão e ebulição) Comportamento das substâncias e funções inorgânicas Reações químicas (Evidências de reações químicas)
Biologia	Biodiversidade (biomas, organização da diversidade e diversidade brasileira) Interdependência da vida (sucessões ecológicas) Matéria e energia (os movimentos dos materiais e da energia na natureza)
Geografia	Localização e representação (mapas) Espaço e lugar (coordenadas geográficas) A relação homem e biodiversidade (atividades antrópicas)

Fonte: Os autores.



Figura 1: Professores e grupos de alunos durante visitas de campo. Fonte: Os autores.

para tratamento de conceitos e conteúdos científicos que emergem a partir destas atividades.

Nas visitas de campo, os grupos utilizaram um aplicativo gratuito para telefones celulares (*GPS Status*), a fim de possibilitar o registro das coordenadas geográficas dos locais visitados. A atividade prática experimental, que ocorreu ao longo de duas aulas de química, permitiu aos grupos a utilização de um microscópio óptico com câmera fotográfica, possibilitando o registro de imagens e comparação entre materiais rochosos. Esses materiais foram identificados a partir de consultas ao banco de dados do Museu Heinz Ebert da Universidade Estadual Paulista, disponível no website: <https://museuhe.com.br/> (Figura 2).

Para a articulação das atividades investigativas, nos apoiamos em Sasseron (2015), a fim de propiciar pesquisas sobre aspectos químicos, geográficos e biológicos presentes nos dados, informações e materiais coletados pelos grupos, durante as visitas. Os resultados dessas investigações foram apresentados pelos grupos, em formato de exposições digitais, para os docentes. Estes, por sua vez, orientaram os grupos a elaborarem uma única apresentação, unindo os conceitos, conhecimentos e amostras dos materiais pesquisados, para apresentarem à comunidade escolar, como etapa final dos trabalhos (Figura 3).

A apresentação junto à comunidade escolar, que teve a participação dos responsáveis pelos alunos e outros membros da sociedade, culminou na produção de uma mostra científica permanente para o Museu Histórico e Pedagógico

do município da escola, por meio do convite do curador deste museu, que esteve presente na exposição dos alunos (Figura 4).

Os resultados das pesquisas dos grupos foram avaliados por meio da análise textual discursiva, proposta por Moraes (2003), a partir dos textos presentes nas apresentações, nos painéis produzidos para a mostra científica e nos discursos engendrados pelos grupos, que foram gravados e avaliados pelos docentes participantes.

Esses materiais constituíram o *corpus* da análise, emergindo as seguintes categorias: conceitos articulados, imprecisões dos estudantes e interações de conteúdos. Dessas categorias emergiram outras oito subcategorias referentes a conteúdos e conceitos trabalhados pelos grupos, que foram identificados por meio de unidades constituídas de transcrições de trechos provenientes dos materiais analisados.

## Resultados e discussão

As categorias, subcategorias e unidades geradas na análise textual discursiva foram organizadas de acordo com o Quadro 3.

Ao verificarmos as unidades “...ficou fácil ter as coordenadas com o telefone celular...” e “...as coordenadas serviram para chegar nas rochas e minerais pelo mapa...”, constatamos a articulação, pelos grupos, de dados sobre latitude e longitude com informações provenientes de mapas

Quadro 2: Síntese das atividades desenvolvidas na intervenção

Cronograma		Atividade desenvolvida	Objetivo
Semana 1	1 aula (50 min)	Exposição da proposta interdisciplinar	Apresentar a proposta de abordagens interdisciplinares, as disciplinas e atividades envolvidas.
	5 aulas (250 min)	Visita a afloramento rochoso no interior da unidade escolar (Itapira) Visita a afloramento rochoso / Estrada vicinal (Itapira e Mogi Guaçu)	Estimular a observação, registro de dados, informações e imagens relacionadas às coordenadas geográficas (latitude e longitude), tipo de vegetação do ecossistema (bioma) das áreas. Proporcionar o uso de aplicativo tecnológico para <i>smarthphones</i> para localização geográfica (GPS Status).
Semana 2	6 aulas (300 min)	Visita ao parque geológico Varvito / Itu	
Semana 3	6 aulas (300 min)	Debate e aulas expositivas e dialogadas	Estimular a socialização das informações e materiais coletados nas visitas. Ampliar as discussões sobre os conceitos científicos envolvidos (definição de rochas, minerais, ciclos das rochas, substâncias, fórmula química molecular, funções inorgânicas, reações químicas, espaço geográfico e paisagem, biomas, sucessões ecológicas e clímax).
Semana 4	6 aulas (300 min)	Pesquisas investigativas	Instigar a pesquisa investigativa sobre a possível composição dos materiais coletados (caracterização e identificação dos tipos de rochas e seus minerais, uso de mapas digitais, composição química, reações de oxidação nos materiais, biomas e sucessões ecológicas presentes nos ambientes).
Semana 5	2 aulas (100 min)	Atividade prática em laboratório	Identificar as rochas coletadas nas áreas, comparando com amostras do banco de dados do museu virtual: <a href="http://www.rcunesp.br/museuhe.com.br">http://www.rcunesp.br/museuhe.com.br</a>
	4 aulas (200 min)	Elaboração das apresentações	Elaborar uma apresentação dos aspectos e conceitos químicos, geográficos e biológicos evidenciados a partir das pesquisas.
Semana 6	4 aulas (200 min)	Exposição das apresentações dos grupos junto aos professores	Estimular a expressão oral, argumentação sobre os resultados das pesquisas investigativas entre os outros grupos de alunos e professores.
	2 aulas (100 min)	Elaboração de debate entre os grupos	Proporcionar o debate sobre os apontamentos elaborados pelos grupos, durante as apresentações junto aos docentes e grupos de alunos.
Semana 7	4 aulas (200 min)	Produção da apresentação da pesquisa à comunidade escolar	Desenvolver um trabalho em conjunto com todos os grupos, socializando os conhecimentos construídos entre os alunos, na formatação de uma única apresentação.
	2 aulas (100 min)	Apresentação final da pesquisa junto à comunidade escolar	Estimular a expressão oral, argumentação, compreensão de fenômenos e conhecimentos a partir dos resultados das pesquisas científicas junto à comunidade externa.
Semana 8	5 aulas (250 min)	Preparação da mostra científica permanente	Elaborar trabalho científico permanente, para exposição no Museu Histórico e Pedagógico do município. Elencar aspectos químicos, geográficos e biológicos do município da escola.
	1 aula (50 min)	Inauguração da exposição da mostra científica permanente	Desenvolver a socialização da pesquisa científica sobre os aspectos levantados com outros membros da sociedade.

Fonte: Os autores.

digitais a partir de Perrotta *et al.* (2005) e do website: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/2966?show=full>.

Essas constatações são reforçadas ao analisarmos as unidades “...a experiência com o microscópio foi boa para ver detalhes das pedras [...]” e “...a composição do basalto é de óxidos de Fe II e III, Al, Si, Mg, Ca, Na e K com alta

*alcalinidade...*”, demonstrando uma organização em relação à utilização dos achados em campo.

Dessa forma, o desenvolvimento de atividades práticas ao longo das visitas, aliadas às investigações dos grupos, permitiram que fossem identificados os tipos de rochas presentes nas áreas, os minerais e suas respectivas composições



Figura 2: Grupos de alunos durante o registro de imagens e identificação das rochas. Fonte: Os autores.



Figura 3: Alunos durante apresentações para os grupos e para a comunidade. Fonte: Os autores.



Figura 4: Alunos com os professores durante inauguração da mostra científica. Fonte: Os autores.

químicas. Embora os estudantes estabelecessem interações entre os dados, informações e amostras rochosas coletadas, também construíram entendimentos sobre alguns conhecimentos científicos presentes nesses achados.

Marques e Praia (2009) e Silva e Mortimer (2012) pontuam que a articulação de atividades de campo, que envolvam coleta de materiais, registro de dados e a manipulação de equipamentos, pode promover vantagens em relação ao desenvolvimento de habilidades, além do contato direto do estudante com materiais, que antes só eram apresentados em formatos teóricos ou abordados como exemplos pelos professores.

Ao analisarmos as unidades referentes a biomas e sucessões ecológicas, constatamos que a maioria dos grupos conseguiu identificar esses aspectos nas áreas circunvizinhas ao município. No entanto, ao tentarem identificar o bioma que prevalece na área do município da escola, demonstraram dificuldades. Pois os registros de campo dos grupos, referentes à área do município, apresentavam características de dois biomas diferentes: mata atlântica e cerrado. Por essa razão, o professor de biologia acionou o responsável da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, que, por meio de uma palestra ministrada na própria escola, esclareceu as dúvidas dos grupos. Ele confirmou que, na área que engloba o município em que a escola se insere, há biomas de mata atlântica e cerrado.

Outro momento de imprecisão dos alunos foi demonstrado nas unidades “...algumas rochas contêm oxidações por causa do ferro presente em sua composição e as reações causadas pela água da chuva e umidade do ar...” e “...no intemperismo químico ocorre a mudança da pedra, porém alterações químicas dos componentes da rocha...”. Essas unidades explicitaram a ausência de explicações mais abrangentes sobre reações químicas no ambiente por parte dos estudantes. Desse modo, o professor de química solicitou que os grupos pesquisassem sobre possíveis tipos de reações que ocorrem nessas dinâmicas naturais expostas anteriormente, para apresentarem de forma mais detalhada para a comunidade.

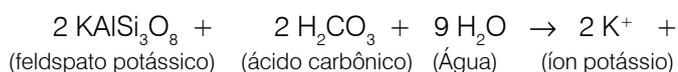
Assim, os alunos apresentaram informações sobre a ocorrência de reações de hidrólise em minerais de feldspato

Quadro 3: Categorização dos conteúdos dos textos e dos discursos dos alunos

Categorias	Subcategorias	Unidades
Conceitos articulados	Coordenadas geográficas	<p>“...as coordenadas geográficas foram importantes para ver os pontos no mapa e chegar na rocha...”</p> <p>“...a latitude e longitude ajudaram muito na identificação dos tipos de rochas...”</p> <p>“...as coordenadas serviram para chegar nas rochas e minerais pelo mapa...”</p> <p>“...ficou fácil ter as coordenadas com o telefone celular...”</p>
	Rochas, minerais, identificação e caracterização	<p>“...a pedra que está na escola é metamórfica, na estrada de Itapira é magmática [...] e a do parque visitado é sedimentar...”</p> <p>“...as rochas do parque são ritmitos compostas de arenitos, siltitos e argilitos...”</p> <p>“...a experiência com o microscópio foi boa para ver detalhes dos minerais [...] é basalto mesmo...”</p> <p>“...o que há na região da escola é gnaiss e migmatito também [...] dá pra ver bem pelas linhas daqui da foto...”</p>
	Substâncias, composição química e funções inorgânicas	<p>“...a composição do basalto é de óxidos de Fe II e III, Al, Si, Mg, Ca, Na, K com alta alcalinidade...”</p> <p>“...as rochas são formadas por minerais que tem óxidos e sais...”</p> <p>“...o quartzito é formado essencialmente por sílica...”</p> <p>“...os processos de formação dos minerais podem deixar ele ácido e outros alcalinos...”</p> <p>“...os minerais têm composição química estabelecida, cristalizado e formam as rochas...”</p>
	Biomassas e sucessões ecológicas	<p>“...nestas áreas têm sucessões secundárias, porque já foram alteradas...”</p> <p>“...nos lugares visitados predominam características de ambiente de cerrado...”</p>
Imprecisões dos estudantes	Identificação do bioma de Itapira/SP	<p>“...o lugar tinha mata atlântica e também características de cerrado...”</p> <p>“...em Itapira há mata atlântica e cerrado...”</p>
	Intemperismo e reações químicas	<p>“...algumas rochas contêm oxidações por causa do ferro presente em sua composição e as reações causadas pela água da chuva e umidade do ar...”</p>
Interações de conteúdos	Constatações interdisciplinares	<p>“...antes desta pesquisa eu não tinha noção do que tinha uma pedra, não imaginava toda a história, a química e a física que ela carrega...”</p> <p>“...é muito importante usar conhecimentos de outras áreas, além da química, para entender o que tem na Terra...”</p> <p>“...porque antes eu não tinha noção da história que tem contida nesta pedra...”</p>
	Utilização do ambiente e seus materiais	<p>“...tendo em vista terem as lajes de pedras servido de material de construção...”</p> <p>“...carregamento e transporte para beneficiamento, produzindo brita e asfalto...”</p> <p>“...as rochas sedimentares têm grande importância econômica, como exemplo o carvão e os depósitos de petróleo e gás natural...”</p> <p>“...estes materiais são fonte para produzir tijolos e vidros...”</p> <p>“...uma rocha importante para a agricultura, pois o produto de sua decomposição é uma argila de coloração avermelhada, que origina solos férteis (terra roxa)...”</p>

Fonte: Os autores.

potássico, comumente presentes no ambiente, relacionando a ocorrência dessas reações à água e ao gás carbônico



encontrados no ambiente e que podem interagir para formar o ácido carbônico:



Sasseron (2015) defende que a valorização de pequenas ações que busquem sanar imprecisões e pequenos erros manifestados pelos estudantes, no cotidiano do ensino, contribuem fortemente para um aprendizado mais efetivo. A autora ainda sublinha que a investigação no ensino de ciências também propicia que os discentes desenvolvam, gradativamente, maiores compreensões sobre determinados conceitos.

Nesse contexto, percebemos um pequeno avanço na compreensão dos estudantes em relação a conceitos que envolvem reações químicas, utilizando da exemplificação e explicação sobre uma reação química de produção de argilas, a partir da hidrólise de minerais feldspáticos. Esse tipo de evento ocorre de forma natural no ambiente, devido a fatores que constituem o intemperismo químico sobre esses minerais comumente encontrados em rochas e solos.

Em relação às unidades “...*tendo em vista terem as lajes de pedras servido de material para construção...*” e “...*as rochas sedimentares têm grande importância econômica, como exemplo o carvão e os depósitos de petróleo e gás natural...*”, verificamos compreensões avançadas a respeito de alguns aproveitamentos de materiais naturais pela sociedade.

Esses apontamentos comprovam o estreitamento e inter-relacionamento entre conteúdos abordados pelos professores e algumas observações registradas pelos estudantes, durante as visitas de campo, salientando a potencialidade em propiciar relações entre saberes escolares e o cotidiano (Fazenda, 2007; Zanon, 2012). Marques e Praia (2009) também corroboram para essa análise, ao constatarem que há atribuições de sentidos reais aos conteúdos articulados a partir de temas ambientais, promovendo novas leituras sobre o ambiente natural e antrópico pelos estudantes. Rua e Souza (2010) atestam que o ambiente não pode ser retratado, no ensino de ciências, como mero palco das ações humanas, mas como elemento integrante de dinâmicas das quais o educando faz parte, permitindo o estabelecimento de novas percepções em relação aos lugares e seus materiais.

Ao analisarmos as unidades “...*antes desta pesquisa eu não tinha noção do que tinha uma pedra, não imaginava toda a história, a química e a física que ela carrega...*” e “...*é muito importante usar conhecimentos de outras áreas, além da química, para entender o que tem na Terra...*”, evidenciamos alguns resultados dos trabalhos desenvolvidos entre grupos de alunos e docentes, despertando compreensões dos estudantes em relação à necessidade de ligação entre saberes na promoção de entendimentos mais amplos.

Fazenda (2007) e Zanon (2012) pontuam que as abordagens interdisciplinares no ensino possibilitam que os discentes percebam o estabelecimento de relações entre vários conceitos de diferentes áreas no ensino. Porém, Fazenda (2007) defende que estas múltiplas relações devam partir dos docentes, por meio do trabalho conjunto entre esses atores, sem sobreposições de conteúdos e disciplinas, a fim de propiciar maiores significados para os conhecimentos construídos pelos alunos.

Foi neste contexto que se constituiu a produção da mostra

científica permanente, fruto de um trabalho conjunto entre grupos de alunos e professores que auxiliaram os estudantes na seleção dos materiais relacionados ao contexto do município para comporem essa mostra.

Dessa forma, foram apresentados conceitos e informações relevantes sobre os tipos de relevos presentes no município, fatores relacionados às dinâmicas provenientes da teoria da deriva continental, que permitiram o desenvolvimento dos biomas e seus constituintes da flora e fauna presentes nessa área. Também foram apresentados aspectos que se inter-relacionam com essas dinâmicas, passando pelos tipos de rochas, minerais e suas respectivas composições químicas. Outros trabalhos nesta exposição referem-se a produtos gerados a partir da exploração mineral na área do município, que abarcam as produções de cerâmica, massa asfáltica e de alimentos, por meio das atividades agrícolas estabelecidas na área em que a escola se insere.

## Conclusões

A busca dos aspectos químicos, geográficos e biológicos presentes no ambiente local e regional da escola possibilitou a contextualização de conteúdos e conceitos pelos docentes dessas diferentes áreas do conhecimento, despertando maior interesse e envolvimento dos estudantes no processo de ensino.

As relações que foram estabelecidas entre os alunos, a partir dos trabalhos em grupo, envolvidos desde as visitas de campo até a produção e inauguração da mostra científica permanente no museu histórico e pedagógico do município da escola, também demonstram que trabalhos cooperativos podem facilitar o aprendizado entre os discentes.

O aprendizado construído pelos estudantes foi concretizado no desenvolvimento e aprimoramento de habilidades de observação, reflexão, análise, expressão e comparação articulados por estes sujeitos, que foram demonstrados também, ao longo da elaboração de relações e inter-relações entre conceitos e conteúdos de diferentes áreas do conhecimento.

Nesse sentido, destacamos que os resultados desta pesquisa só foram alcançados por meio do envolvimento pleno dos professores participantes. Pontuamos, ainda, que uma proposta de ensino interdisciplinar não pode se restringir somente a articulações entre docentes de química, geografia e biologia, mas, também, deve permitir a participação de representantes de outras áreas do conhecimento, no intuito de contribuir com o estreitamento e a construção de relações entre os diferentes saberes.

Porém, salientamos que houve convite para outros docentes que lecionam para essa turma ao longo das reuniões de planejamento das atividades, mas que não houve adesão dos mesmos, limitando uma maior efetividade na ligação entre conhecimentos de diferentes áreas, que poderiam enriquecer ainda mais esta proposta interdisciplinar.

**Sidnei de Lima Júnior** (sidnei.junior20@etec.sp.gov.br) Doutorando em Ensino de Ciências e Matemática do Programa PECIM (Unicamp), professor no Centro

Paula Souza e na Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. Itapira, SP-BR. **Diógenes Aparecido de Almeida** (diogenes.geo10@hotmail.com) Mestrando em Ensino e História da Terra (Unicamp), professor no Centro Paula Souza. Itapira, SP - BR. **Luciana Cristina Candido de Menezes** (lucrcm@gmail.com) Mestre em Ciências Biológicas (Unesp-RC), professora no Centro Paula Souza. Itapira, SP - BR. Roberto Greco (greco@unicamp.br), professor do Instituto de Geociências (Unicamp) e coordenador do Internacional Geosciense Education

Organization (IGEO). Campinas, SP - BR. **Roberto Greco** (greco@ige.unicamp.br), professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências da Terra (Unicamp). Licenciado em Ciências Naturais e Doutor em Ciência do Sistema Terra: ambiente, recursos e patrimônio cultural (Universidade dos Estudos de Modena e Reggio Emilia), vice-coordenador da Organização Internacional de Educação em Geociências (IGEO) e membro do Conselho Executivo das Associação Internacional para a Promoção da Geoética (IAPG). Campinas, SP - BR.

## Referências

ABREU, R.G. e LOPES, A.C. A Interdisciplinaridade e o Ensino de Química: Uma leitura a partir das políticas de currículo. In: SANTOS, W.L.P. e MALDANER, O.A. (org.) *Ensino de Química em Foco*. Unijuí: Ijuí, 2010.

BRASIL. Orientações curriculares para o ensino médio. *Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação: Brasília, 2006.

BRASIL. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica*. Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral: Brasília, 2013.

CARVALHO, I.C.M. *Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico*, 3ª ed., Cortez: São Paulo, 2008.

CHASSOT, A.I. Da Química às Ciências: um caminho ao avesso. In: ROSA, M.I.P. e ROSSI, A.V. *Educação Química no Brasil: Memórias, Políticas e Tendências*, 2ª ed., Átomo: Campinas, 2012.

CORREIA, P.R.M.; DAZZANI, M.; MARCONDES, M.E.R. e TORRES, B.B. A Bioquímica como ferramenta interdisciplinar: vencendo o desafio da integração de conteúdos no Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v.19, p. 19-23, 2004.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A. e PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos*, 3ª ed, Cortez: São Paulo, 2009.

FAZENDA, I.C.A. *Didática e Interdisciplinaridade* (org.), 12ª ed., Papirus: Campinas, 2007.

MARQUES, L. e PRAIA, J. Educação em Ciência: atividades exteriores à sala de aula. *Terrae Didactica*, v.5, n.1, p.10-26, 2009.

MARQUES, C.A.; SILVA, R.M.G.; GONÇALVES, F.P.; FERNANDES, C.S.; SANGIOGO, F.A. e REGIANI, A.M. A abordagem de questões ambientais: contribuições de formadores de componentes curriculares da área de ensino de química. *Química Nova*, v.36, n.4, p.600-606, 2013.

MONTEIRO, B.A.P. e MARTINS, I.G.R. O Portal Eletrônico Interativo: Contexto, Estrutura, Possibilidades de Navegação e Discursos sobre Formação de Professores de Química. *Química Nova na Escola*, v.32, n.4, p.249-256, 2010.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação*, São Paulo, vol. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

PERROTTA, M. M.; SALVADOR, E. D.; LOPES, R. C.;

D'AGOSTINO, L. Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S. D.; GARCIA, M. G. M. e LACERDA FILHO, J. V. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000. *Programa Geologia do Brasil*. PGB/CPRM, São Paulo: 2005.

RIBEIRO, E.M.F.; MAIA, J.O. e WARTHA, E.J. As questões ambientais e a química dos sabões e detergentes. *Química Nova na Escola*, v. 32, n.3, p. 169-175, 2010.

RUA, E. R. e SOUZA, P.S.A. Educação ambiental em uma abordagem Interdisciplinar e contextualizada por meio das disciplinas Química e Estudos Regionais. *Química Nova na Escola*, v.32, n.2, p. 95-100, 2010.

SANTOS, W.L.P. e SCHNETZLER, R.P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. 4ª ed. rev. atual. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SÃO PAULO. Plano de curso com matriz curricular. *Controles e Processos Industriais*. Habilitação Profissional de Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo. 2016. Disponível em <http://etecitapira.com.br/arquivos/ementas/ementa-quimica.pdf>, acessada em novembro 2018.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio*, v.17, n. especial, p.49-67, 2015.

SILVA, P.B.; BEZERRA, V.S.; GREGO, A. e SOUZA, L.H.A. A pedagogia de projetos no ensino de química – o caminho das águas na região metropolitana do Recife: dos mananciais ao reaproveitamento dos esgotos. *Química Nova na Escola*, v.29, p. 14-19, 2008.

SILVA, R.O. Cana de Mel, Sabor de Fel-Capitania de Pernambuco: Uma Intervenção Pedagógica com caráter multi e interdisciplinar. *Química Nova na Escola*, v.32, n.2, p. 90-94, 2010.

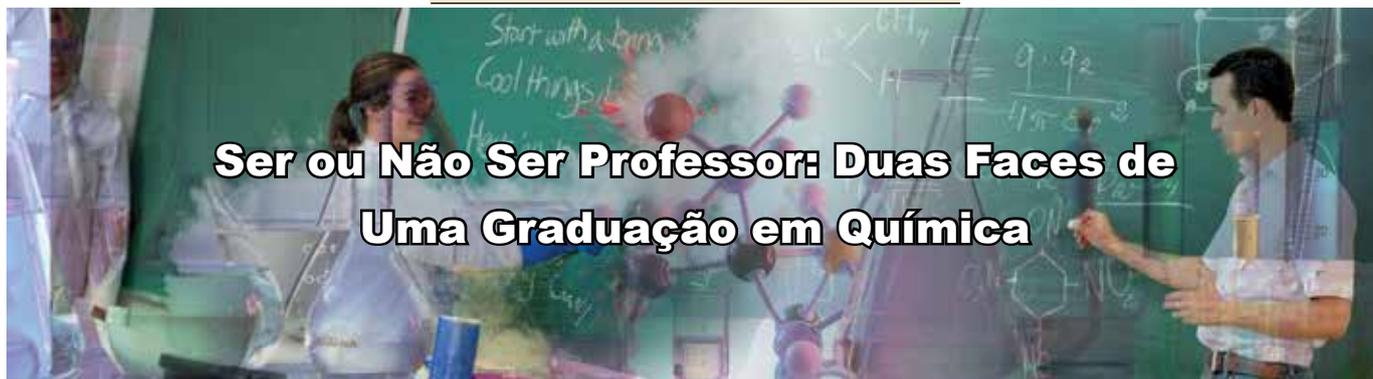
SILVA, P.S. e MORTIMER, E.F. O projeto água em foco como uma proposta de formação no PIBID. *Química Nova na Escola*, v.34, n.4, p.240-247, 2012.

VIVEIRO, A.A. e DINIZ, R.E.S. Atividades de campo no ensino das ciências e na educação ambiental: refletindo sobre as potencialidades desta estratégia na prática escolar. *Ciência em Tela*, v.2, n.1, 2009.

ZANON, L.B. Tendências Curriculares no Ensino de Ciências/Química: um olhar para a contextualização e a interdisciplinaridade como princípios da formação escolar. In: ROSA, M.I.P. e ROSSI, A.V. *Educação Química no Brasil: Memórias, Políticas e Tendências*, 2ª ed, Átomo: Campinas, 2012.

**Abstract:** *The natural environment as a resource for promoting interdisciplinary teaching.* This article is a proposal of interdisciplinary teaching in which chemistry, geography and biology teachers articulate a didactic intervention with a group of 1<sup>st</sup>-year students of a public, technical chemistry high school from São Paulo State (Brasil). The proposed activities are based on research developed by the students on materials, information and data obtained in field visits to three different areas of the school municipality and neighbor counties. Important understandings and interactions between content and concepts among students, evidenced by the development of researches and the presentation of the results to teachers and the community, culminated in the production of a permanent scientific exhibition on chemical, geographic and biological aspects present in the school municipality, offered to the collection of the local historical and pedagogical museum.

**Keywords:** natural environment as educational tool, interdisciplinary teaching, active learning



## Ser ou Não Ser Professor: Duas Faces de Uma Graduação em Química

Camila L. Miranda, Julio C. F. Lisboa e Daisy B. Rezende

O tema deste estudo é desvelar a representação social sobre “*ser professor de Química*” de estudantes de um curso de Licenciatura em Química. No grupo de 71 sujeitos investigados, 48% não desejavam atuar como docentes. Entre os sujeitos que não apresentam interesse em exercer a docência, observou-se que os termos relacionados ao imaginário social têm maior frequência (30%) do que o valor verificado para aqueles que têm interesse (6%). As ideias que ressaltam os aspectos negativos geralmente associados socialmente à atividade docente em nosso País são tão fortes no primeiro subgrupo que chegam a fazer parte do conjunto de termos constituintes do Núcleo Central da representação, uma possível explicação para seu afastamento dessa possibilidade de atuação profissional.

► química, professor, representação social ◀

Recebido em 26/10/2018, aceito em 18/01/2019

377

No Brasil, há, hoje, uma grande necessidade de professores para as disciplinas voltadas às Ciências da Natureza. Sampaio *et al.* (2002), com base em informações fornecidas pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), ressaltaram haver carência de professores de Química para o Ensino Médio no Brasil e também para o ensino de Ciências no Ensino Fundamental. Mesmo subtraída a previsão de licenciados formados de 1991 a 2010, ainda persistiria uma carência de mais de dezesseis mil profissionais. Nesse mesmo estudo, em uma comparação com a demanda em Língua Portuguesa e a previsão dos licenciados formados em 2010, haveria um saldo positivo de mais de cento e trinta mil profissionais além da demanda estimada. Sá e Santos (2011, p. 1), por meio da análise das estatísticas do Ministério da Educação, indicam que a carência de professores de Química “está mais ligada

Sá e Santos (2011, p. 1), por meio da análise das estatísticas do Ministério da Educação, indicam que a carência de professores de Química “está mais ligada à baixa procura e à alta evasão que propriamente à escassez de cursos”.

à baixa procura e à alta evasão que propriamente à escassez de cursos”.

Aliada a essa carência de docentes para as Ciências Naturais, está a desmotivação dos alunos de Licenciatura pelo futuro exercício da profissão na Educação Básica, como ressaltam estudos com diferentes públicos (Ens *et al.*, 2012; Leite *et al.*, 2011; Souza, 2012) – os quais mostram, dentre outros aspectos, que esses alunos buscam, cada vez mais,

outras opções profissionais, principalmente a carreira acadêmica em Instituições de Ensino Superior. Esses resultados são especialmente interessantes por se referirem a estudantes da Licenciatura, uma vez que o principal papel dessa graduação, dentre outros possíveis, é o de formar professores. Como exemplo, Souza (2012) identificou

que cerca de um terço dos estudantes que ingressaram na Licenciatura em Física da Universidade de São Paulo não desejam atuar como professores e que esse número aumenta ao longo do curso. Os cerca de 20% que desejam lecionar na Educação Básica vislumbram essa possibilidade apenas como uma alternativa, caso não consigam atuar em pesquisas científicas, voltando-se para o Ensino Superior, por exemplo.

A seção “Ensino de Química em Foco” inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos, procedimentos metodológicos e discussão dos resultados.

Tendo em vista que diversos estudos (Alves-Mazzotti, 2007; Ens *et al.*, 2012; Leite *et al.*, 2011; Souza, 2012; Tartuce *et al.*, 2010) têm diagnosticado uma forma de alteridade ancorada na desvalorização social da docência, cada vez mais presente em nossa sociedade, os sentimentos de continuidade a essa identificação externa podem modificar o modo como as pessoas constituem sua identidade e são especialmente preocupantes, na medida em que afastam da Educação Básica os docentes ou possíveis candidatos à docência. Há uma forte associação a fatores extrínsecos à docência para justificar a baixa atratividade da carreira docente, como a desvalorização da profissão, o desinteresse e desrespeito dos alunos, bem como a baixa remuneração em comparação a outras carreiras de nível superior.

A depreciação do valor social do professor reflete-se, ainda, em outros resultados. Ao responderem à questão “Alguns de vocês pensa ou pensou recentemente em ser professor?”, estudantes concluintes do Ensino Médio responderam, em sua maioria, negativamente, sendo que apenas 2% dos participantes ( $n_T = 1500$ ) apontaram a carreira docente como possibilidade profissional (Tartuce *et al.*, 2010).

A desmotivação para a docência é, também, refletida na construção, pelos licenciandos, de imagens negativas de seus futuros alunos, influenciados pelos meios de comunicação. Os estudantes reproduzem imagens do aluno da escola pública como carente, com baixo aproveitamento escolar, desinteressado e indisciplinado, imagens essas mostradas repetidamente na mídia, sempre rondando a maioria dos espaços sociais (Leite *et al.*, 2011).

A depreciação do valor social do professor é um processo que interfere, ainda, na maneira como os professores se enxergam. Ao assumir um elevado número de funções, que, por diversas vezes, são alheias à formação docente, o professor vivencia a degradação das condições do exercício de sua profissão, o que se reflete na “degradação de suas representações sociais, que se traduz, em geral, em uma atitude de descrença com a profissão” (Loureiro, 2001, p. 46). Essas constatações são também relatadas por Alves-Mazzotti (2007), cujos resultados indicaram que a depreciação do valor do professor perante a sociedade afeta mais profundamente a identidade profissional dos professores das séries iniciais do que a daqueles das séries finais. No primeiro grupo, os professores sentem-se “obrigados a assumir funções que consideram ser da família, o que, para eles, equivale a um esvaziamento da função docente” (p. 591). No último grupo, as falas sugerem que os professores vinculam sua identidade profissional a outro grupo mais “valorizado (os matemáticos, os historiadores, por exemplo), escapando, assim, à desvalorização do magistério”. Ambos os grupos enfatizam as dificuldades encontradas para o exercício efetivo da profissão, como as condições da estrutura escolar, falta de tempo para planejamento das aulas e para seu desenvolvimento profissional.

São encontrados, ainda, outros resultados referentes à questão da alteridade negativa relacionada à profissão de professor. Por exemplo, Silva (2009), ao analisar publicações da década de sessenta do século XX sobre essa temática,

conclui que, em um período de cinquenta anos, os trabalhos apresentam um caráter semelhante. Em síntese, atribuem ao professor a culpa por todas as mazelas da Educação, centrando exclusivamente no docente a responsabilidade quanto ao sucesso e, sobretudo, o fracasso escolar. Naquele trabalho, conclui-se que uma das formas de desresponsabilizar o poder público pelos resultados da Educação é focalizar o indivíduo e não o contexto.

Assim, a percepção da “crescente tendência de enfraquecimento dos professores, em todos os níveis da atividade educativa” (Pereira e Martins, 2002, p. 130) é cada vez mais recorrente. Ela reflete as “mudanças que caracterizam o mundo contemporâneo, que alteram a dinâmica das instituições de ensino e se refletem diretamente no trabalho cotidiano dos professores” (André e Almeida, 2010, p. 75). De modo que a desvalorização dos professores também está relacionada com a falta de credibilidade e confiança da sociedade nesses profissionais, no contexto brasileiro. Essa desvalorização social é marcante e perpassa os inúmeros meios sociais brasileiros, conforme demonstrado pelos estudos analisados supramencionados.

É importante considerar que os licenciandos estão constantemente expostos a fatores que poderiam fazê-los reconstruir suas representações sociais sobre o que é “ser professor”. Nessa perspectiva, essa (re)construção está ligada, então, a aspectos extrínsecos à docência, além da relação estabelecida com essa atividade profissional (Melucci, 2004; Penna, 2008; Pimenta, 2005; Silva, 2009).

Nesse sentido, algumas pesquisas (Dotta, 2006; Lyra, 1999; Galindo, 2004; Penna, 2008; Placco e Souza, 2011) retratam que, embora a imagem social da docência esteja ancorada em sua desvalorização, esses sujeitos, ainda assim, identificam valores positivos em suas atividades, vivenciando a contradição entre como se reconhecem e como são reconhecidos pelo outro. Para Nóvoa (1999), ainda que essa degradação da atividade docente seja “confirmada por certos discursos de organizações sindicais e mesmo das autoridades estatais, a docência ainda apresenta facetas atrativas” (p. 29). Embora esse autor se refira ao contexto europeu, essa ideia possivelmente possa ser estendida à realidade brasileira.

Inúmeros autores concordam que a construção das representações sobre essa temática precede as eventuais influências exercidas durante a formação inicial que se dá no processo oficial – a Licenciatura, sendo fomentadas por inúmeras referências, durante toda a vida do sujeito (Cunha, 1997; Quadros *et al.*, 2005). Esse aspecto é bem sintetizado nas palavras de Tardif e Gauthier (2001, p. 202) quando dizem que “o professor, para atingir os objetivos pedagógicos, também se baseia em julgamentos que provêm de tradições escolares, pedagógicas e profissionais, as quais ele próprio assimilou e interiorizou”.

Assim, o objetivo do presente artigo é o de apresentar os resultados de um estudo sobre as representações sociais de estudantes de um curso de Licenciatura e Bacharelado em Química quanto a “*ser professor de Química*”. Neste trabalho, a representação social sobre “*ser professor de Química*”

de estudantes que, embora estejam cursando a Licenciatura, não vislumbram a docência como possibilidade de atuação será comparada à daqueles que anteveem essa perspectiva profissional.

O curso focalizado apresenta inúmeras singularidades importantes para o estudo desenvolvido. A primeira delas se deve à estrutura do curso, segundo a qual a obtenção do título de Bacharel vinculava-se à prévia finalização da Licenciatura. Em decorrência disso, no curso de Licenciatura dessa Instituição há vários sujeitos sem qualquer interesse pela docência, ou desejo de atuar como professores no futuro.

Outro aspecto peculiar é o da localização da instituição de ensino. Ela se situa em uma região tradicionalmente industrial, o que facilita seu acesso a estudantes que já trabalham nas indústrias e estudam no contraturno. Também é facilitado o ingresso de estudantes nesse mercado de trabalho. A maioria dos alunos da Faculdade é proveniente do entorno da região em que se situa a instituição. Por outro lado, os professores de Química da maior parte das escolas da região são egressos dessa Instituição formadora.

## Referencial Teórico

A noção de representação social, tal como é aqui entendida, foi proposta por Serge Moscovici e se refere à proposição expressa na Teoria das Representações Sociais (TRS), aludindo ao estudo “de um fenômeno específico e delimitado: as teorias do senso comum, buscando compreender como se situa o conhecimento mobilizado na comunicação informal” (Miranda *et al.*, 2015, p. 3). Essas teorias são conjuntos de conceitos articulados que têm origem nas práticas sociais e diversidades grupais (Santos, 2005), sendo importante frisar que “não são apenas ‘opiniões sobre’ ou ‘imagens de’, mas teorias coletivas sobre o real, que “determinam o campo dos valores ou das ideias compartilhadas pelos grupos e regem, subsequentemente, as condutas desejáveis ou admitidas” (Alves-Mazzotti, 1994, p. 62).

Dessa maneira, Moscovici (2012, p. 54) reconstrói o conceito das representações ao afirmar que “representar uma coisa (...) não é, com efeito, simplesmente duplicá-la, repeti-la ou reproduzi-la; é reconstituí-la, retocá-la, modificar-lhe o texto”. O ato de representar implica em conceber sujeito e objeto intrinsecamente conectados; sujeitos reconstroem sua realidade cotidiana na interação com os objetos sociais, os quais são também modificados nessa interação.

Isto significa, ainda, que, embora sempre se possa construir representações referentes aos objetos com os quais haja interações, estas somente poderão ser denominadas sociais caso sejam comuns aos sujeitos de um determinado grupo social.

As representações sociais possibilitam a coesão dos grupos e facilita a adoção de posturas imediatas por eles, situando-se em um contexto ativo, dinâmico, concebido na relação indivíduo-coletividade (Moscovici, 2012). Constituem-se em um saber prático, uma vez que é gerador de práticas sociais.

Dentro dos pressupostos defendidos pela TRS existem abordagens consagradas e complementares à grande teoria, desenvolvidas por colaboradores de Moscovici. Neste estudo, a obtenção e análise das informações basearam-se nos pressupostos da vertente Estruturalista, proposta inicialmente por Abric (1998; 2001). Esse aporte teórico apoia-se na premissa de que a representação social é constituída por duas estruturas: o Núcleo Central e o Sistema Periférico. Os termos pertencentes ao Núcleo Central são marcados por sua estabilidade e resistência às mudanças, assegurando, assim, a continuidade e a permanência da representação. O Sistema Periférico engloba os demais termos da representação e caracteriza-se pela flexibilidade, mutabilidade e modulações individuais, na medida em que suporta a heterogeneidade do grupo e as contradições advindas das histórias individuais, protegendo o Núcleo Central. As formas de desvelar essas estruturas serão discutidas mais detalhadamente na seção de Metodologia deste artigo.

## Metodologia

Na abordagem proposta por Abric (1998; 2001), também denominada Teoria do Núcleo Central, a ênfase reside na “dimensão cognitivo-estrutural das representações” (Sá, 1998, p. 65) e conduz à identificação dos termos componentes do Núcleo Central e do Sistema Periférico. Nessa abordagem, muitas vezes emprega-se a técnica de evocação livre de palavras, em que se propõe um termo indutor – que se refere ao objeto social alvo do estudo – ao qual cada sujeito do público-alvo associará as palavras ou expressões que lhe ocorram mais imediatamente à mente.

Muitas vezes, em uma segunda questão, os participantes da pesquisa são orientados a hierarquizar os termos citados, possibilitando que as informações sejam tratadas pela combinação dos critérios de frequência e hierarquia, variáveis que expressam o valor simbólico do termo para o grupo social pesquisado (equações de 1 a 3). Nessa construção, as palavras e expressões mais frequentes entre os sujeitos e evocadas nas primeiras posições são consideradas pertencentes ao Núcleo Central da representação. Por sua vez, as palavras ou expressões que foram evocadas menos frequentemente integram o Sistema Periférico (Reis *et al.*, 2013).

$$OME = \frac{\sum_1^n E_n \times n}{f} \quad (1)$$

$$f_{\text{média}} = \frac{\sum_1^n f}{n} \quad (2)$$

$$OME_{\text{média}} = \frac{\sum_1^n OME}{n} \quad (3)$$

onde  $E_n$  corresponde ao número de evocações para determinada hierarquia;  $n$  corresponde à hierarquia atribuída ao termo evocado;  $n$  é o número total de termos; e  $f$  corresponde

à frequência total de evocação para determinado termo, considerando-se todas as hierarquias.

Dos valores obtidos estabelecem-se os parâmetros para a organização de um diagrama, conhecido na literatura da área como quadro de quatro casas ou quadrante de Vergès (Abric, 1994 *apud* Sá, 1996) (Quadros 1, 2 e 3), que evidencia os possíveis termos componentes do Núcleo Central e do Sistema Periférico, caracterizando a estrutura da representação social do grupo pesquisado com relação ao objeto pesquisado.

Quadro 1: Estrutura do quadro de quatro casas e critérios para sua elaboração. Fonte: elaborado pelos autores

Elementos Centrais	Primeira periferia
frequência $\geq$ frequência média OME < OME média	frequência $\geq$ frequência média OME $\geq$ OME média
Zona de Contraste	Segunda periferia
frequência < frequência média OME < OME média	frequência < frequência média OME $\geq$ OME média

Empregaram-se, no estudo, questionários com questões abertas, constituídos por dois blocos de questões com diferentes objetivos: o primeiro visava a caracterização do público-alvo, enquanto, no segundo bloco, solicitava-se que os estudantes evocassem as três palavras que lhes viessem mais imediatamente à mente a partir da leitura do termo indutor “*ser professor de Química*”. Além disso, pediu-se aos alunos que fosse redigido um texto breve expondo sua visão quanto a “*ser professor de Química*”, para obter informações que facilitassem a categorização dos termos evocados, facilitando a atribuição de significado aos termos alocados no Núcleo Central pelo emprego da abordagem prototípica que conduz à elaboração do quadrante de Vergès (Quadros 1, 2 e 3).

Quadro 2: Quadro de quatro casas das evocações livres ao termo indutor “*ser professor de Química*”, entre estudantes que não desejam se tornar professores (n = 34)

Elementos Centrais $f \geq 2,6$ OME < 1,77			Primeira periferia $f \geq 2,6$ OME $\geq 1,77$		
	$f$	OME		$f$	OME
Desvalorizado	3,0	1,33	Salários-baixos	4,0	2,00
Inteligente	3,0	1,67	Paciência	4,0	2,00
Dinâmico	4,0	1,50	Conhecimento	5,0	1,80
Zona de Contraste $f < 2,6$ OME < 1,77			Segunda periferia $f < 2,6$ OME $\geq 1,77$		
	$f$	OME		$f$	OME
Responsabilidade	2,0	1,00	Desrespeito	2,0	2,00
Vocação	2,0	1,00	Aprendizado	2,0	2,00
Futuro	2,0	1,00	Autoridade	2,0	2,00
Respeito	2,0	1,50	Alunos	2,0	2,50
Química Cotidiano	2,0	1,50	Notas	2,0	3,00
			Mestrado	2,0	3,00

O questionário foi aplicado a 71 estudantes de um curso de Licenciatura em Química, período noturno, situado na cidade de Santo André (SP), Brasil, dos quais 34 dos sujeitos não vislumbravam atuar como professores após completarem a Licenciatura em Química.

As informações obtidas pelos questionários aplicados e pelos textos redigidos pelos estudantes foram exploradas através de duas técnicas de análise: a Análise de Conteúdo (Bardin, 2000) e a Análise Estrutural proposta por Abric (1998; 2001), levando à construção dos dados apresentados neste trabalho.

As representações sociais sobre “*ser professor de Química*” dos grupos de licenciandos investigados foram analisadas a partir do diálogo entre os dados obtidos através da análise do texto produzido e aqueles advindos dos quadros de quatro casas (Abric, 1998; 2001). Para concretizar o diálogo necessário entre os dados obtidos através dos dois tratamentos utilizados, foram construídas categorias com base em critérios semânticos, segundo procedimentos da análise de conteúdo de linha francesa (Bardin, 2000). Foi possível categorizar os termos alocados no Núcleo Central e no Sistema Periférico considerando-se as justificativas dadas pelos próprios licenciandos para a escolha das palavras ou expressões. Desse modo, do discurso dos estudantes construíram-se três categorias relacionadas à sua representação sobre “*ser professor de Química*”, a saber: (i) *características*; (ii) *visão sobre o ensino* e (iii) *imaginário social*.

A categoria (i) agrupa termos associados a aspectos potencialmente promotores dos processos de ensino e aprendizagem. Na (ii), *visão sobre o ensino*, agruparam-se termos que descreviam a representação dos estudantes quanto à metodologia de ensino a ser empregada pelos professores, como discutido mais detalhadamente em outro artigo (Miranda, et. al. 2015).

No presente artigo, serão aprofundados os aspectos relativos à categoria *imaginário social*, aquela de maior destaque

Quadro 3: Quadro de quatro casas das evocações livres ao termo indutor “Professor de Química”, entre estudantes que desejam se tornar professores (n = 37)

Elementos Centrais $f \geq 3,0$ $OME < 1,74$			Primeira Periferia $f \geq 3,0$ $OME \geq 1,74$		
	$f$	OME		$f$	OME
Dedicação	3,0	1,33	Mudar a visão da Química	3,0	2,00
Realização Profissional	4,0	1,25	Responsabilidade	3,0	2,00
Conhecimento	5,0	1,20	Experimentos	3,0	2,33
Dinâmico	9,0	1,00	Paciência	3,0	3,00
Zona de Contraste $f < 3,0$ $OME < 1,74$			Segunda periferia $f < 3,0$ $OME \geq 1,74$		
	$f$	OME		$f$	OME
Inteligente	2,0	1,50	Disciplina	2,0	2,00
Didática	2,0	1,50	Troca de experiência	2,0	2,00
Determinação	2,0	1,50	Medo	2,0	2,00
Tabela Periódica	2,0	1,50	Organização	2,0	2,50
Atualizar-se	2,0	1,50			

entre os sujeitos que declararam não pretenderem se tornar professores, embora estivessem cursando a Licenciatura.

## Resultados e Discussão

A formação inicial de professores é um problema central no Brasil, pois embora os cursos de Licenciatura em âmbito público e privado sejam suficientes, não tem havido seja procura pelos cursos em si seja fixação na profissão, sendo recorrente a deficiência de profissionais bem formados, principalmente em áreas críticas como a das Ciências Naturais.

Nesse sentido, a compreensão da construção da representação social sobre “*ser professor de Química*”, percebida através das evocações dos licenciandos quanto a este objeto, pode ser encarada como um processo social influenciado por diversos fatores, dentre os quais os “discursos que circulam ininterruptamente nas dimensões sociais e culturais relacionadas aos docentes e à escola” (Silva, 2009, p. 54).

A categoria *imaginário social* foi subdividida nas subcategorias (i) *dom*, que se refere às ideias que retratam a docência como uma missão em resposta a uma vocação inata, em detrimento da compreensão de seu caráter de profissão; e (ii) *aspectos negativos*, abrangendo evocações referentes aos aspectos negativos associados à docência, à sua baixa atratividade relacionada à desvalorização da profissão, ao desinteresse e desrespeito dos alunos, bem como à baixa remuneração em comparação a outras profissões que exigem formação similar.

No caso dos estudantes que não desejam se tornar professores, 20% das evocações da Zona de contraste

(Quadro 2), bem como 12% das respostas na análise do texto correspondem à subcategoria *dom*, indicando que essa visão é importante para um grupo minoritário desse subgrupo social. Esta categorização pode ser exemplificada através dos excertos das justificativas, transcritos a seguir: “dom de Deus” (Sujeito 9) e “quando se tem vocação, o trabalho é desenvolvido com amor e excelência” (Sujeito 38). Esses estudantes não vislumbram a carreira docente como opção profissional e, em geral, já atuam em empresas da área da indústria química. Talvez seja essa uma das razões para atribuírem o exercício da docência a um “dom” que, eventualmente, não possuam, os eximindo do exercício da função.

Esses resultados corroboram os relatados em outros trabalhos (Placco e Souza, 2011; Sugahara e Souza, 2010; Tartuce *et al.*, 2010), nos quais também se observaram percepções da docência intrinsecamente ligadas à noção de vocação. Embora essa ideia esteja bastante naturalizada, é importante ressaltar, como bem o expressou Pellisson (2011, p. 282), que “ser professor não é um ato natural”. Não há um dom

inato para o exercício dessa profissão e sim um processo de constituição da profissionalidade docente que se dá ao longo do percurso de vida dos indivíduos. Assim, concepções de que a docência seja um dom são preocupantes, na medida em que a retratam como uma missão a ser cumprida em resposta a uma vocação, associando-a, por exemplo, ao sacerdócio. Essa visão se consolida em detrimento da percepção da docência como uma profissão de nível superior, semelhante a várias outras, muito valorizadas socialmente, como a Engenharia, a Medicina ou o Direito o que, assim

[...] a compreensão da construção da representação social sobre “*ser professor de Química*”, percebida através das evocações dos licenciandos quanto a este objeto, pode ser encarada como um processo social influenciado por diversos fatores, dentre os quais os “discursos que circulam ininterruptamente nas dimensões sociais e culturais relacionadas aos docentes e à escola” (Silva, 2009, p. 54).

como afirmam Tartuce *et al.* (2010), contribui para a desvalorização social do professor ou advém dela.

Em outra subcategoria, que denominamos *aspectos negativos*, encontram-se referências à baixa atratividade da profissão docente, relacionadas a fatores como baixa remuneração ou desinteresse e desrespeito por parte dos alunos, como exemplificado nas falas: “uma profissão muito árdua, pois o salário é baixo e não é valorizado” (Sujeito 28) e “desmotivador, não há reconhecimento” (Sujeito 52). Essas referências a aspectos negativos da docência estiveram presentes entre os termos constituintes do provável Núcleo Central (23% das evocações) da representação social sobre “*ser professor de Química*” dos estudantes que não pretendiam exercer a docência profissionalmente (n = 34,48%; Quadro 2).

Esse resultado não é de todo inesperado, uma vez que, se esses sujeitos manifestaram explicitamente não desejar exercer o magistério, era possível que tivessem para com a docência uma relação em que os aspectos negativos fossem relevantes. Caso essa hipótese se confirmasse, como o “Núcleo Central da representação é determinado, por um lado, pela natureza do objeto apresentado e, por outro, pela relação que o sujeito mantém com esse objeto” (Abric, 2001, p. 163), seriam observados termos referentes a aspectos negativos como componentes do Núcleo Central da representação social desse grupo de estudantes.

Essa concepção negativa está presente, também, nos termos constituintes da segunda periferia (25% das evocações; Quadro 3) da representação do grupo de estudantes que desejam lecionar. Cabe ressaltar que “algumas circunstâncias, independentemente de uma representação, podem levar uma população a ter práticas em desacordo, mais ou menos violento, com a representação” (Flament, 2001, p. 179).

Dessa maneira, o desacordo que Flament indica é percebido, nos resultados apresentados neste artigo, ao se observar a tensão entre o desejo de atuar em uma profissão e seus aspectos negativos, os quais já adquiriram praticamente um estatuto de senso comum no País. “Essas discordâncias se inscrevem inicialmente nos esquemas periféricos que se modificam, protegendo, por algum tempo, o núcleo central” (Flament, 2001, p. 179). Assim, embora esses sujeitos desejem ser professores, eles não deixam de vislumbrar

os mesmos aspectos negativos que levaram os demais a afastarem a possibilidade de virem a atuar como docentes.

Isso pode ser atribuído ao fato de que, independentemente do desejo de se tornarem professores, esses estudantes estão expostos às representações que permeiam os meios sociais dos quais eles fazem parte e, conforme indicado por inúmeros estudos (Alves-Mazzotti, 2007; Dotta, 2006; Galindo, 2004; Lyra, 1999; Penna, 2008; Placco e Souza, 2011), as concepções negativas sobre a docência estão presentes entre diferentes públicos e nas diversas mídias sociais, perpassando os diversos meios sociais e influenciando a construção da representação social desses licenciandos sobre a docência, embora não seja este o aspecto mais importante de sua representação.

Em síntese, por meio da categorização das respostas presentes na questão discursiva pode-se contabilizar sua frequência, de modo que foi possível perceber uma maior frequência de termos relacionados ao imaginário social entre os sujeitos que não objetivam a atuação como professores (30%) em comparação com os que objetivam (6%) (Quadro 4).

Já a partir da comparação entre os termos do Núcleo Central desses dois subgrupos foi evidenciado que as ideias que ressaltam os aspectos negativos que permeiam a atividade docente são tão fortes entre os sujeitos que não almejam se tornar professores ao ponto de estarem entre os termos do Núcleo Central da representação (Quadro 4), termos esses marcados por sua estabilidade e resistência às mudanças, refletindo os valores do grupo e afastando-os dessa possibilidade de atuação profissional.

Os estudantes que não desejam exercer a docência representam cerca de metade dos sujeitos-alvo dessa investigação, correspondendo a uma parcela de 47% dos investigados (n = 34). Uma possível explicação para a baixa pretensão desses licenciandos em se tornar professores pode ser atribuída à questão salarial e às condições para o exercício da docência nas escolas básicas brasileiras.

Informações referentes especificamente ao Estado de São Paulo indicam que o salário inicial de um professor que leciona para classes de anos finais do Ensino Fundamental (9º ano) e do Ensino Médio (3º ano), com jornada de 40 horas semanais, seja de R\$ 2.257,84 (Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, 2019). Por sua vez, segundo o

Quadro 4: Síntese dos dados obtidos através da Análise Estrutural e da frequência de respostas para a questão discursiva para o subgrupo de estudantes que aspiram à atuação como professores e os que não manifestam esse desejo

Categoria	Desejam exercer o magistério <sup>a</sup>	Não desejam exercer o magistério <sup>b</sup>	Desejam exercer o magistério <sup>a</sup>	Não desejam exercer o magistério <sup>b</sup>
	Núcleo-central <sup>c</sup>		Sistema Periférico <sup>c</sup>	
Imaginário social	Dom 19%	Aspectos negativos 23%	Aspectos negativos 25%	Aspectos negativos 17%
	Frequência <sup>c</sup> da análise do texto		Frequência <sup>c</sup> da análise do texto	
	Dom 3,0%	Dom 12%	Aspectos negativos 3,0%	Aspectos negativos 18%

<sup>a</sup>n = 34; <sup>b</sup>n = 37; <sup>c</sup>dada a natureza qualitativa do trabalho, a precisão na indicação das porcentagens foi minimizada.

Conselho Regional de Química, IV Região (CRQ-IV, 2019), o piso salarial do Químico é de R\$ 4.632,50 para oito horas diárias de trabalho (cerca de R\$ 3.800,00, com os devidos descontos previstos em lei). Embora o salário líquido do químico também esteja longe de ser atrativo em uma cidade com o custo de vida de São Paulo, ainda assim, é 68% maior do que aquele do professor da rede estadual de ensino. Levando-se em consideração que ambos os profissionais têm o mesmo tempo de escolaridade, não é de se estranhar que esses estudantes prefiram optar pelas indústrias e não pela sala de aula. Essa suposição é confirmada pela presença desses estudantes em empresas do setor químico industrial: dos 34 estudantes que não desejam atuar como docentes, 23 deles (68%) já atuam nesse setor, enquanto entre os que apresentam o desejo pela docência, dos 37 sujeitos, 18 deles (49%) já atuam nesse tipo de atividade.

Em vários outros estudos (Leite *et al.*, 2011; Ens *et al.*, 2012; Souza, 2012) também foi diagnosticada a falta de interesse dos licenciandos em atuar como docentes na Educação Básica, o que é preocupante, visto que, até o momento, esta é a única graduação que habilita os estudantes a atuarem como professores na Educação Básica.

### Considerações Finais

A formação em Química possibilita a seus concluintes incontáveis possibilidades profissionais, porém está recorrentemente associada ao trabalho em indústrias, mesmo entre os concluintes da Licenciatura. Os resultados do presente estudo corroboram a literatura, pois se observou que uma parcela significativa dos sujeitos alvo dessa investigação já atuam no setor químico industrial (62%; n = 44). Esse dado mostra que a atuação em sala de aula é depreciada, o que é enfatizado pelo fato de 48% (n = 34; total = 71) dos sujeitos não objetivarem atuar como docentes.

Assim, percebeu-se, neste estudo, que a identificação prévia com a profissão altera a maneira como ela é vislumbrada, corroborando o que inúmeros autores afirmam em relação à construção da representação do próprio docente, pois essa construção está ligada à relação que o professor (ou futuro professor) estabelece com o magistério, além dos aspectos extrínsecos à docência (Melucci, 2004; Penna, 2008; Pimenta, 2005; Silva, 2009). Nessa perspectiva, o interesse pela docência modifica a maneira como o imaginário social influencia na construção dessas representações.

O imaginário social influencia de modo mais aparente as representações dos sujeitos que não vislumbram a docência como possibilidade profissional, tendo em vista a frequência de respostas deste subgrupo que puderam ser alocadas nesta subcategoria. Se entre os sujeitos que desejam se tornar

professores essa menção ficou próxima aos 5%, entre os sujeitos que não apresentam esse desejo essa porcentagem ficou próxima de 30%.

Considerando os pressupostos da Abordagem Estruturalista (Abric, 1998; 2001), segundo os quais o Núcleo Central da representação é composto por termos marcados por sua estabilidade e resistência às mudanças e refletem os valores do grupo, a presença de termos categorizáveis na subcategoria *Aspectos Negativos* no Núcleo Central da representação indica que essas ideias que ressaltam esses aspectos da atividade docente são tão fortes entre os sujeitos que não almejam se tornar professores ao ponto de afastá-los dessa possibilidade de atuação profissional.

Outro aspecto importante, evidenciado com os resultados do presente estudo, é que, embora não proponha caminhos, indica – inclusive em um diálogo com outros estudos (Ens *et al.*, 2012; Leite *et al.*, 2011; Souza, 2012) – que algo não está adequado no que se refere à profissão de professor. A Licenciatura, embora possibilite outras possibilidades profissionais, é a única graduação reconhecida para a formação de professores para a Educação Básica no Brasil. Assim, é preocupante diagnosticar que, mesmo entre os estudantes que estão nesse curso, a docência não é uma opção profissional, sinalizando que há necessidade da implementação de políticas de Estado consequentes de valorização da carreira docente da escola básica, para que haja possibilidade de mudanças nesse quadro.

Concordamos com Machado (2009) que afirma ser a valorização do professor um aspecto primordial a ser discutido ao se pensar sobre a qualidade da Educação. Não é possível imaginar uma educação de qualidade sob a orientação de profissionais tão desvalorizados socialmente quanto são os professores no Brasil, de uma forma geral.

Essa valorização não significa a concessão de bônus salarial atrelado ao suposto bom desempenho dos alunos, mas à modificação das condições de trabalho e salariais que têm reduzido os professores a boias-frias em busca de cada vez mais aulas, para que possam sobreviver com dignidade. Assim, alinhados com vários trabalhos (Pimenta, 2005; Weber, 1996), é importante ressaltar que a valorização do professor envolve questões referentes, além da remuneração e das condições de trabalho, também à formação inicial e continuada desses profissionais. Ainda no que se refere à formação permanente, Maldaner (2006, p. 110) sublinha a formação continuada como uma “necessidade intrínseca à prática pedagógica, sempre mais complexa e de nível crescente de exigência de conhecimentos, da qual a formação inicial não pode dar conta”.

Perante a situação retratada pelo presente estudo, que confirma o já descrito na literatura, alguns estudos (por

O imaginário social influencia de modo mais aparente as representações dos sujeitos que não vislumbram a docência como possibilidade profissional, tendo em vista a frequência de respostas deste subgrupo que puderam ser alocadas nesta subcategoria. Se entre os sujeitos que desejam se tornar professores essa menção ficou próxima aos 5%, entre os sujeitos que não apresentam esse desejo essa porcentagem ficou próxima de 30%.

exemplo, André e Almeida, 2010; Cordeiro e Cordeiro, 2012; Pereira e Martins, 2002; Tardif *et al.*, 1991) elencam alguns dos fundamentos dessa desvalorização. Estudos internacionais, embora a discutam em um contexto diferente do brasileiro, podem ampliar nossa compreensão sobre essa temática (Tardif *et al.*, 1991; Tardif e Gauthier, 2001). Para Tardif *et al.* (1991), um dos elementos explicativos para o desprestígio vivenciado pelos professores seria a questão da visão fabril dos saberes, em que a produção de novos conhecimentos se impõe como um fim em si mesma e as atividades de formação e de educação tendem a ocupar uma posição inferior à dessa produção. Nesse contexto, os autores afirmam que, pelo menos em princípio, a função social do corpo docente deveria ser considerada tão relevante quanto aquela da comunidade científica, uma vez que esses dois pólos são indissociáveis.

A consciência da precariedade das condições de trabalho inerentes à profissão de professor no Brasil, perpassando pela decadência de sua imagem social, diagnosticadas através de inúmeros estudos, deve ser acompanhada pela percepção da necessidade de reflexão quanto aos conhecimentos, às práticas e aos saberes requeridos para o exercício da docência, bem como pela disposição em lutar pela melhoria dessas condições, em um movimento que envolva os docentes, a sociedade e o governo, em prol da valorização da categoria

(André e Almeida, 2010; Cordeiro e Cordeiro, 2012; Pereira e Martins, 2002).

Considerando as limitações de um trabalho dessa natureza frente à complexidade do contexto, pretendeu-se, com este estudo, oferecer uma contribuição para o debate a respeito da importância do conhecimento da Representação Social dos futuros professores sobre sua futura profissão, pois esta poderá influenciar suas futuras práticas, uma vez que as representações “servem para agir sobre o mundo e o outro” (Jodelet, 2001, p. 28). Além disso, tais dados podem ser úteis em políticas públicas, visto que identificam obstáculos para a escolha dos estudantes pela carreira docente.

---

**Camila Lima Miranda** (camilamiranda.clm@gmail.com), licenciada e bacharel em Química pelo Centro Universitário Fundação Santo André (FSA), doutora em Ensino de Ciências (Modalidade Ensino de Química) pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP), é professora da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) no curso de Licenciatura em Educação do Campo, Uberaba, MG – BR. **Julio Cezar Foschini Lisbôa** (jclis@uol.com.br) possui graduação em Licenciatura em Química e mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade Química) pela USP. Atualmente é professor colaborador do Grupo de Pesquisa em Educação Química (GEPEQ) da USP e professor titular do FSA, Santo André, SP – BR. **Daisy de Brito Rezende** (dbrezend@iq.usp.br), doutora em Química Orgânica pela USP, é professora doutora do Departamento de Química Fundamental e orientadora plena do Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP. Líder do grupo de pesquisa Linguagem no Ensino de Química/LIEQUI/USP/CNPq, São Paulo, SP – BR.

384

## Referências

ABRIC, J. C. Abordagem estrutural das representações sociais. In: MOREIRA, A. S. P. e OLIVEIRA, D. C. (Orgs.). *Estudos interdisciplinares de representação social*. Goiânia: AB, 1998, p. 27-37.

\_\_\_\_\_. O estudo experimental das representações sociais. In: JODELET, D. (Org.). *As representações sociais*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2001, p. 155-171.

ALVES-MAZZOTTI, A. J. Representações da identidade docente: uma contribuição para a formulação de políticas. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 15, n. 57, p. 579-594, 2007.

\_\_\_\_\_. Representações sociais: aspectos teóricos e aplicações à educação. *Em Aberto*, n. 61, p. 60-78, 1994.

ANDRÉ, M. e ALMEIDA, P. C. A. A profissionalidade dos professores de licenciatura sob o impacto das reformas educativas e das mudanças no mundo contemporâneo. In: ENS, R. T. e BEHRENS, M. A. (Orgs.). *Formação do professor: profissionalidade, pesquisa e cultura escolar*. Curitiba: Champagnat, 2010, p. 75-96.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2000.

CORDEIRO, M. H. e CORDEIRO, J. E. Ser professor de crianças: algumas contribuições para o estudo das representações sociais sobre o trabalho do professor. In: ENS, R. T.; VOSGERAU, D. S. R. e BEHRENS, M. A. (Orgs.). *Trabalho do professor e saberes docentes*. 2ª ed. Curitiba: Champagnat, 2012, p. 142-161.

CRQ-IV (Conselho Regional de Química – IV Região). Disponível em [https://www.crq4.org.br/informativomat\\_374](https://www.crq4.org.br/informativomat_374), acessado em Julho 2019.

CUNHA, M. I. Conta-me agora! As narrativas como alternativas

pedagógicas na pesquisa e no ensino. *Revista Faculdade de Educação*, v. 23, n. 1-2, 1997.

DOTTA, L. T. *Representações sociais do ser professor*. São Paulo: Alínea, 2006.

ENS, R. T.; EYNG, A. M. e GISI, M. L. O trabalho do professor nas representações sociais de alunos de licenciatura em pedagogia e biologia. In: ENS, R. T.; VOSGERAU, D. S. R. e BEHRENS, M. A. (Orgs.). *Trabalho do professor e saberes docentes*. 2ª ed. Curitiba: Champagnat, 2012, p. 127-142.

FLAMENT, C. Estrutura e dinâmica das representações sociais. In: JODELET, D. (Org.). *As representações sociais*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2001, p. 173-186.

GALINDO, W. C. M. A construção da identidade profissional docente. *Psicologia, Ciência e Profissão*, v. 24, p. 14-23, 2004.

JODELET, D. (Org.). *As representações sociais*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2001.

LEITE, Y. F.; MENN, M. S.; LIMA, C. M.; QUINTANILHA, E. C.; ZECHI, J. M.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, A. A. e SHIMIZU, A. M. Professores em formação e representações sociais sobre seus futuros alunos: diferenças entre estudantes de pedagogia e outras licenciaturas. In: ENS, R. T. e BEHRENS, M. A. (Orgs.). *Ser professor: formação e os desafios na docência*. Curitiba: Champagnat, 2011, p. 203-230.

LOUREIRO, C. *A docência como profissão*. Lisboa: Asa, 2001.

LYRA, J. Docência: uma profissão? Estudo da representação social do professor com relação a sua profissão. *Cadernos de Extensão*, v. 2, p. 75-82, 1999. Disponível em [http://www.proext.ufpe.br/publicacoes\\_cadernos\\_educacao.html](http://www.proext.ufpe.br/publicacoes_cadernos_educacao.html), acessado em Julho 2019.

MACHADO, N. J. *Educação: competência e qualidade*. Coleção Temas Transversais, vol. 37. São Paulo: Escrituras, 2009.

MALDANER, O. A. *A formação inicial e continuada de professores de química*. 3ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.

MELUCCI, A. *O jogo do eu*. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2004, apud SILVA, M. R. L. A complexidade inerente aos processos identitários docentes. *Notandum Libro*, n. 12, p. 45-58, 2009.

MIRANDA, C. L.; REZENDE, D. B. e LISBOA, J. C. F. A licenciatura e a construção das representações sociais sobre ser professor de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 20, n. 2, p. 1-11, 2015.

MOSCOVICI, S. *A representação social da psicanálise*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 2012.

NÓVOA, A. O passado e o presente dos professores. In: \_\_\_\_\_. (Org.). *Profissão professor*. Porto: Porto Editora, 1999, p. 13-34.

PELLISSON, M. C. R. M. Análise de um memorial de formação: a afetividade no processo de constituição de uma professora. In: LEITE, S. A. S. (Org.) *Afetividade e práticas pedagógicas*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2011. p. 281-311.

PENNA, M. G. O. Exercício docente na escola: relações sociais, hierarquias e espaço escolar. *Educação e Pesquisa*, v. 34, n. 3, p. 557-569, 2008.

PEREIRA, L. P. L. S e MARTINS, Z. I. O. A identidade docente e a crise do profissional docente. In: BRZEZINSKI, I. (Org.). *Profissão professor: identidade e profissionalização docente*. Brasília: Plano Editora, 2002, p. 113-133.

PIMENTA, S. G. Formação de professores: identidade e saberes da docência. In: \_\_\_\_\_. (Org.). *Saberes pedagógicos e atividade docente*. 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2005, p. 15-34.

PLACCO, V. M. N. S. e SOUZA, V. L. T. Movimentos identitários de professores nas representações de docência. In: ENS, R. T. e BEHRENS, M. A. (Orgs.). *Políticas de formação do professor: caminhos e perspectivas*. Curitiba: Champagnat, 2011, p. 117-134.

QUADROS, A. L.; CARVALHO, E.; COELHO, F. S.; SALVIANO, L.; GOMES, M. F. P. A.; MENDONÇA, P. C. e BARBOSA, R. K. Os professores que tivemos e a formação de nossa identidade como docentes: um encontro como nossa memória. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 7, n. 1, p. 1415-2150, 2005.

REIS, A. O. A.; SARUBBI-JUNIOR, V.; BERTOLINO-NETO, M. M. e ROLIM-NETO, M. L. *Tecnologias computacionais para o auxílio em pesquisa qualitativa: software EVOC*. São Paulo: Schoba, 2013.

SÁ, C. P. *A construção do objeto de pesquisa em representações sociais*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1998.

\_\_\_\_\_. *Núcleo central das representações sociais*. Petrópolis: Vozes, 1996.

SÁ, C. S. S. e SANTOS, W. L. P. Licenciatura em química: carência de professores, condições de trabalho e motivação pela carreira. In: *Anais do XVIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Campinas, SP, 2011, p. 1-12.

SAMPAIO, C. E. M.; SOUSA, C. P.; SANTOS, J. R. S.; PEREIRA, J. V.; PINTO, J. M. R.; OLIVEIRA, L. L. N. A.; MELLO, M. C. e NÉSPOLI, V. Estatísticas dos professores no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 83, n. 203/204/205, p. 85-120, 2002.

SANTOS, M. F. S. A teoria das representações sociais. In: SANTOS, M. F. S. e ALMEIDA, L. M. (Orgs.). *Diálogos com a teoria das representações sociais*. Pernambuco: EdUFPE, 2005, p.13-19.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Salário 8,1% maior será pago aos 415 mil servidores da rede nessa quarta-feira (7)*. Disponível em <http://www.educacao.sp.gov.br/noticias/salario-8-1-maior-sera-pago-aos-415-mil-servidores-da-rede-no-dia-7>, acessado em Agosto 2019.

SILVA, M. R. L. A complexidade inerente aos processos identitários docentes. *Notandum Libro*, n. 12, 2009.

SOUZA, C. A. *A identidade de licenciandos em física: em busca de uma caracterização*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

SUGAHARA, L. Y. e SOUSA, C. P. Análise dos significados de afetividade como condição do trabalho docente. *Revista Educação & Cultura*, v. 7, n. 15, p. 75-91, 2010.

TARDIF, M. e GAUTHIER, C. O professor como “ator racional”: que racionalidade, que saber, que julgamento? In: PAQUAY, L.; PERRENOUD, P.; ALTLET, M. e CHARLIER, E. C. (Orgs.). *Formando professores profissionais: Quais estratégias? Quais competências?* Trad. F. Murad e E. Gruman. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2001, p. 185-210.

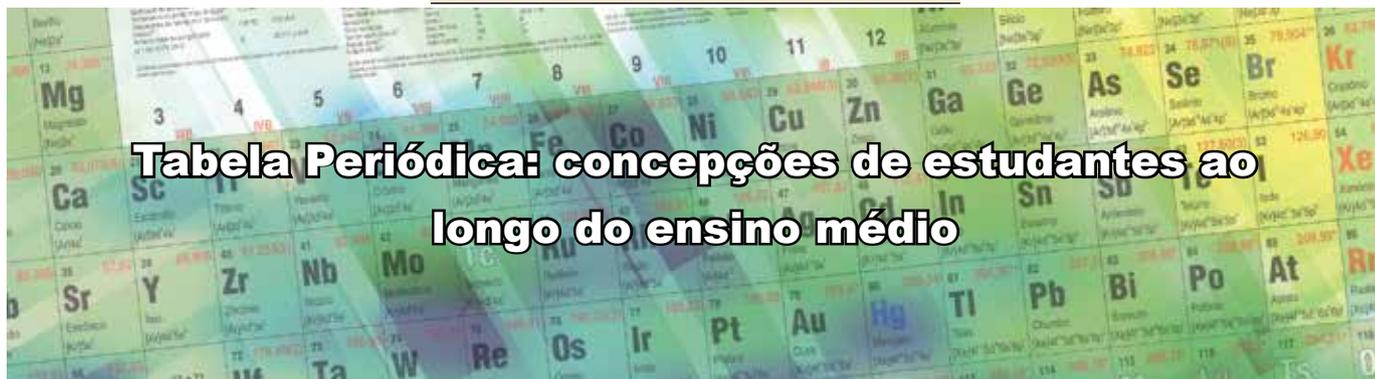
\_\_\_\_\_; LESSARD, C. e LAHAYE, L. Os professores face ao saber: esboço de uma problemática do saber docente. *Teoria e Educação*, n. 4, p. 215-233, 1991.

TARTUCE, G. L. P. B.; NUNES, M. M. R. e ALMEIDA, P. C. A. Alunos do ensino médio e atratividade da carreira docente no Brasil. *Cadernos de Pesquisa*, v. 40, n. 140, p. 445-477, 2010.

WEBER, S. *O professorado e o papel na sociedade*. São Paulo: Papirus, 1996.

**Abstract:** *Being or Not Being a Teacher: Two Faces of a Bachelor of Chemistry*. This study aims to unveil the social representation on “being a chemistry teacher” of Chemistry undergraduate students. In the investigated group of 71 subjects, 48% did not wish to work as teachers. Among the subjects who don't have interest in teaching, it was observed that the terms related to the social imaginary have higher frequency (30%) than the value found for those who are interested (6%). The ideas that highlight the negative aspects usually socially associated with the teaching activity in our country are so strong among the first subgroup that they are part of the constituent terms of the Central Core of the representation, a possible explanation for students' removal from the professional possibility of becoming teachers.

**Keywords:** chemistry, teacher, social representation



## Tabela Periódica: concepções de estudantes ao longo do ensino médio

**Nycollas S. Vianna, Camila A. T. Cicuto e Maurícius S. Pazinato**

O objetivo desta pesquisa foi verificar a compreensão dos estudantes em relação ao conteúdo de Tabela Periódica (TP) nas três séries do ensino médio em uma Escola Pública do Rio Grande do Sul (n=135). Para isso, elaborou-se um questionário (27 afirmações) contendo três categorias julgadas por meio da escala *Likert*. Os dados foram avaliados por intermédio da Análise Hierárquica de Agrupamentos com o auxílio do *software Pirouette*. Essa análise permitiu agrupar os alunos em função da similaridade das respostas. Os resultados evidenciam as principais concepções e dificuldades dos alunos, tais como: necessidade de memorizar a TP; compreensão equivocada da construção da TP; dificuldade de consultá-la; pouco ou nenhum estabelecimento de relações entre os elementos químicos e sua aplicação no cotidiano. Apesar disso, observaram-se indícios de aprendizagem significativa quando estudantes da 2ª e 3ª séries conseguiram recuperar informações sobre o assunto após o terem estudado em anos anteriores.

► Aprendizagem, concepções alternativas, Tabela Periódica ◀

Recebido em 05/08/2018, aceito em 31/01/2019.

386

**A** Tabela Periódica (TP) se originou em um período no qual os químicos, a exemplo dos físicos e biólogos, buscavam formas de sistematizar o conhecimento existente até o momento, estabelecendo princípios e leis, que facilitassem seu estudo (Leite e Porto, 2015). A TP pode ser considerada uma das descobertas mais relevantes da Química, e tornou-se um importante guia nas pesquisas em Química, além de um valioso recurso didático para estudantes da Educação Básica e Superior. Isso porque é uma ferramenta que disponibiliza várias informações sobre os elementos, além de ser fundamental na compreensão de outros conceitos químicos. Assim, o estudo da Química, que requer a compreensão da organização e características dos elementos, pressupõe o entendimento da TP (Tolentino *et al.*, 1997).

**A TP pode ser considerada uma das descobertas mais relevantes da Química, e tornou-se um importante guia nas pesquisas em Química, além de um valioso recurso didático para estudantes da Educação Básica e Superior.**

Na literatura da área, existem diversos estudos sobre o ensino da TP por meio de múltiplos enfoques. O trabalho de Ferreira *et al.* (2016) apresenta uma revisão da literatura brasileira sobre diversas estratégias que permitem promover

o ensino da TP de maneira alternativa ao tradicional. Os pesquisadores encontraram um total de 43 trabalhos sobre o tema, sendo que 29 apresentam estratégias de ensino. Esses trabalhos envolvem as seguintes temáticas: jogos didáticos (14), educação especial (3), história da TP (3), utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (3), dentre outras formas (6). Em relação à utilização de jogos didáticos, destacam-se os trabalhos de Godoi *et al.* (2010) com o Super Trunfo; Silva *et al.* (2015) com a proposta de um jogo didático de caráter investigativo; e Saturnino *et al.* (2013) com o pôquer dos elementos dos blocos s e p.

Em contrapartida, há na literatura outros trabalhos (Hara *et al.*, 2007; Olive e Riffont, 2008) que apontam para o uso de técnicas associadas à memorização da TP. A tentativa dos autores é que frases e poemas auxiliem os estudantes

A seção "O Aluno em Foco" traz resultados de pesquisas sobre ideias informais dos estudantes, sugerindo formas de levar essas ideias em consideração no ensino-aprendizagem de conceitos científicos.

na assimilação de dados e informações presentes na TP, tais como nomenclatura dos elementos, símbolos e comportamento periódico. Porém, acredita-se que essas técnicas e exercícios de memorização resultam em uma aprendizagem mecânica (Ausubel, 2000) e contribuem para a difusão da ideia que a TP deve ser memorizada.

Fernandes (2011) utiliza o termo “regrinhas” para se referir a estas técnicas de memorização de símbolos e propriedades dos elementos químicos no estudo da TP. O uso dessas técnicas é bastante frequente, porém, há indícios de que esse tipo de conhecimento seja descartável, visto que é esquecido após a aplicação do exame, ou seja, ao término do estudo (Fernandes, 2011).

Na Educação Básica brasileira, de acordo com Trassi *et al.* (2001), frequentemente, os professores priorizam exercícios e atividades de memorização de símbolos, propriedades e disposição dos elementos químicos. Essa abordagem passa a concepção de que a TP deve ser memorizada, pois privilegia a aprendizagem de conceitos de forma mecânica, além de reforçar o pensamento de que esse instrumento de consulta foi construído de uma única vez por um único “cientista”, visto que geralmente é enfatizado, em sala de aula, apenas o produto final de anos de estudo.

Em oposição a isso, desde o início dos anos 2000, os documentos oficiais (Brasil, 2002) apontam que a reconstrução histórica com base nas propriedades macroscópicas, tal como foi feita por Mendeleev, pode ser uma oportunidade para ampliar conhecimento sobre a periodicidade de propriedades dos elementos químicos como a reatividade química e a densidade em função das massas atômicas. Dessa forma, faz-se necessário que os docentes esclareçam que a construção da TP não foi feita única e exclusivamente por Mendeleev, pois, ao longo da história da Química, diversos estudiosos contribuíram nesse processo (Niaz *et al.* 2004; Brito *et al.* 2005).

Nessa perspectiva, este artigo tem como foco de estudo as concepções de TP resultantes do ensino formal desse tópico nas três séries do ensino médio brasileiro, e tem por objetivo verificar as compreensões de um grupo de estudantes de uma escola pública da região sul do Brasil sobre o assunto ao longo desse nível de ensino. Como fundamento teórico utilizou-se a Teoria da Assimilação por meio da Aprendizagem e Retenção Significativas, a qual é brevemente exposta a seguir.

## Fundamentação teórica

O fracasso do ensino baseado na memorização pode ser explicado pela Teoria da Assimilação por meio da Aprendizagem e Retenção Significativas. Essa teoria foi proposta por David Ausubel em meados da década de 1960, e propõe uma descrição do processo cognitivo de assimilação

de novos conhecimentos com ancoragem (ou não) nos conhecimentos prévios dos estudantes.

Segundo Ausubel (2000), o processo de aprendizagem ocorre como um *continuum* entre a aprendizagem significativa e a mecânica. A aprendizagem significativa é o conceito central na teoria do referido autor, sendo definida como um processo em que a nova informação relaciona-se ao conhecimento prévio, pré-existente na estrutura cognitiva do indivíduo, de maneira não arbitrária e não literal. Em outras palavras, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes preexistentes na estrutura cognitiva dos indivíduos. Esse processo envolve a interação da nova informação com o conhecimento prévio dos estudantes, o qual Ausubel define como subsunção existente na estrutura cognitiva (Moreira, 1999; Ausubel, 2000).

Ausubel (2000) ainda define a aprendizagem mecânica. Nessa forma de aprendizagem, as novas informações não apresentam ou apresentam pouca interação com o conhecimento prévio. O indivíduo não consegue relacionar o que já sabe com a nova informação, sendo o resultado desse processo a memorização, já que não faz sentido para ele. Porém,

destaca-se que aprender mecanicamente nem sempre é ruim, visto que esse tipo de aprendizagem é necessário quando um indivíduo adquire informações em uma nova área (Moreira, 1999; Ausubel, 2000). No entanto, salienta-se que, quando a aprendizagem é significativa, o aluno consegue recuperar as informações após algum tempo e elas podem ser

utilizadas em contextos diferentes daquele em que se deu a aprendizagem (Moreira, 2006).

Conforme descrito, o estudo da Química exige certa compreensão sobre o funcionamento e disposição dos elementos químicos na TP, a qual deve ser vista pelos estudantes como um instrumento de consulta. As técnicas para memorizar, ou “decorar” a TP, não favorecem a aprendizagem significativa, que de acordo com Moreira (1999) trata-se de “um processo por meio do qual nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo” (Moreira, 1999, p.153).

A aprendizagem, quando ocorre de forma significativa, é capaz de proporcionar ao aluno a capacidade de reconhecer aspectos importantes sobre determinado assunto após estudá-lo. Porém, quando a aprendizagem ocorre de forma mecânica – por exemplo, por meio da memorização de regras – o aluno tem uma grande probabilidade de esquecer os conceitos após ser avaliado, ou seja, após uma prova do conteúdo.

Por intermédio deste referencial teórico, a presente pesquisa busca compreender se os estudantes investigados alcançaram uma aprendizagem significativa após o estudo formal deste conteúdo e se são capazes de aplicar

[...] este artigo tem como foco de estudo as concepções de TP resultantes do ensino formal desse tópico nas três séries do ensino médio brasileiro, e tem por objetivo verificar as compreensões de um grupo de estudantes de uma escola pública da região sul do Brasil sobre o assunto ao longo desse nível de ensino.

os conhecimentos referentes à TP em outros contextos e no seu cotidiano como, por exemplo, pelo reconhecimento da presença de diversos elementos químicos, visto que muitas vezes essa presença não é tão perceptível para os estudantes em situações rotineiras. Com essa pesquisa pretende-se identificar se os estudantes investigados fornecem indícios de uma aprendizagem significativa sobre TP ao longo do ensino médio, ou se há indícios de que houve uma aprendizagem mecânica, priorizando o “decorar para a avaliação”.

### Procedimentos metodológicos

Os sujeitos da pesquisa (n=135) foram estudantes da 1ª série (n=45), 2ª série (n=29) e 3ª série (n=61) de uma escola pública de ensino médio da região Sul do Brasil. Praticamente todos os participantes estavam com idade regular para o ensino médio, ou seja, a faixa etária nas três séries ficou entre 14 e 18 anos. Antes do início da etapa de coleta de dados, os estudantes conheceram os propósitos da pesquisa e receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que foi assinado pelos pais ou responsáveis, os quais autorizaram a participação na pesquisa.

O instrumento de coleta de dados apresentou 27 afirmações e foi organizado em três categorias. A validade desse instrumento foi verificada por intermédio da aplicação de um estudo piloto com graduandos de uma universidade brasileira também da região Sul. O estudo piloto foi realizado com o objetivo de verificar a consistência interna, pertinência, organização e clareza das questões. Isso permitiu adequar as questões e evitar eventuais equívocos, antes da aplicação definitiva do instrumento. Como a presente pesquisa foi desenvolvida nas três séries do Ensino Médio, optou-se por realizar a validação do questionário com estudantes que já tinham passado por esse nível de ensino, priorizando acadêmicos que estavam no início do curso de graduação. Após essa etapa, calculou-se o valor de *Alfa de Cronbach* com auxílio do *software* SPSS para verificar a consistência interna do instrumento (Field, 2009). A Tabela 1 apresenta as categorias, seus objetivos e os respectivos valores de *Alfa de Cronbach* obtidos após a aplicação com os acadêmicos.

Segundo Hair *et al.* (2005), os valores de *Alfa de Cronbach* (variam de 0 a 1) mais próximos de 1 indicam uma alta relação entre as afirmações do questionário, enquanto que valores próximos de 0 indicam baixa relação. O limite mínimo do *Alfa de Cronbach* para ser considerado confiável é 0,7, porém esse valor pode ser menor em pesquisas exploratórias (limite de 0,6), como é o caso da presente pesquisa.

Além disso, o instrumento foi apreciado por dois especialistas com perfis diferentes, um com doutorado em Química e o outro em Ciências. O especialista em Ciências tem experiência na Educação Básica, tendo atuado quatro anos como professor de Química no ensino médio. Atualmente é Professor Titular em uma universidade pública do estado do Rio Grande do Sul, orienta em programa de Pós-graduação na área de Ensino de Química e coordena, em sua instituição, o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) na área de Química. O especialista com doutorado em Química atua na área de Físico-Química e é Professor Adjunto também de uma universidade pública do Rio Grande do Sul. Assim, através dos perfis diferentes buscou-se obter maior rigor na construção das afirmações. Após a avaliação dos mesmos alcançou-se o parecer favorável para a utilização do instrumento na coleta de dados em pesquisas na área de Ensino de Química.

As afirmações do instrumento (Quadro 1) foram julgadas através da escala de *Likert* com quatro níveis: (1) Discordo Totalmente, (2) Discordo Parcialmente, (3) Concordo Parcialmente e (4) Concordo Totalmente. Destaca-se que todos os participantes já haviam estudado formalmente o conteúdo de TP durante a 1ª série, quando responderam ao instrumento. Esse tópico foi desenvolvido nas turmas pesquisadas por professores diferentes, por intermédio de aulas teórico-expositivas e dialogadas, utilizando livro didático e atividades de fixação. Durante a aplicação do instrumento de coleta de dados, foram disponibilizadas Tabelas Periódicas impressas para consulta dos estudantes, no modelo das utilizadas em provas ou concursos, as quais contêm as seguintes informações: símbolo, massa atômica e número atômico dos elementos químicos.

Para avaliação dos dados foram utilizados métodos estatísticos multivariados, os quais permitem o reconhecimento de padrões naturais. A Análise Hierárquica de Agrupamentos (do inglês *Hierarchical Cluster Analysis – HCA*) foi

Tabela 1: Descrição das categorias do instrumento

Categorias	Objetivo	nº de afirmações	Alfa
Concepção sobre a Tabela Periódica	- conhecer as visões dos estudantes sobre o tema	08	0,615
Tabela Periódica como meio de consulta	- averiguar se os estudantes são capazes de utilizar a Tabela Periódica como instrumento de consulta nas aulas de Química.	09	0,612
Tabela Periódica no cotidiano	- investigar se os estudantes percebem a presença dos elementos químicos no seu cotidiano	10	0,638

Quadro 1: Afirmações do instrumento de coleta de dados

(-) Afirmações incorretas
<b>Concepção sobre a Tabela Periódica</b>
(-) É preciso decorar a Tabela Periódica para utilizá-la. A Tabela Periódica é fundamental para o estudo da Química. Os conceitos relacionados à tabela periódica proporcionam uma melhor compreensão do meu dia a dia. A Tabela periódica é um instrumento de consulta, sendo necessário o entendimento de sua organização e informações. A Tabela Periódica sistematiza diversas informações sobre os elementos químicos. Os conceitos de Tabela Periódica são utilizados ao longo de todo Ensino Médio. (-) A Tabela Periódica foi construída por um Cientista. (-) A Tabela periódica está finalizada, ou seja, apresenta a organização de todos os elementos existentes, não havendo mais espaços para novos elementos.
<b>Tabela Periódica como meio de consulta</b>
Os elementos químicos estão distribuídos na tabela periódica em ordem crescente do número atômico. (-) O número do período indica o número de elétrons da camada de valência. O grupo da tabela periódica indica o número de elétrons da camada de valência. (-) O elemento químico Potássio é representado pela letra "P". (-) O elemento químico Criptônio apresenta número atômico igual a 83. O elemento Alumínio apresenta número de massa igual a 27 e número atômico igual a 13. O número do período indica a quantidade de níveis eletrônicos dos átomos. Atualmente estão organizados 118 elementos químicos na Tabela Periódica. (-) Os elementos do grupo dos halogênios possuem 5 elétrons na camada de valência.
<b>Tabela Periódica no cotidiano</b>
(-) Nas alianças de Ouro são encontrados apenas átomos desse elemento químico (Au). (-) No tratamento da água potável são adicionadas substâncias que contenham o elemento químico Mercúrio (Hg). Na fabricação de moedas são utilizadas ligas metálicas dos elementos Níquel (Ni) e Cobre (Cu). O Nitrogênio (N) é o elemento químico mais abundante na atmosfera. O sal de cozinha é uma substância composta pelos elementos químicos Sódio e Cloro. (-) O Césio é um elemento químico responsável pelo fortalecimento dos ossos humanos. Podemos encontrar o elemento químico Lítio (Li) na bateria de celulares. O elemento químico Ferro (Fe) pode ser encontrado em objetos como cadeiras, mesas, pregos, parafusos, ferramentas em geral, entre outros. O diamante e a grafita da lapiseira são formados exclusivamente pelo elemento químico Carbono (C). O Ferro (Fe) é vital para o metabolismo dos seres humanos, pois auxilia no transporte de gás oxigênio.

realizada com o auxílio do *software Pirouette*, o que permitiu agrupar os alunos em função da similaridade das respostas geradas no instrumento de coleta de dados.

Para a construção da HCA, utilizou-se a soma dos pontos obtidos pelos estudantes ao avaliarem as 27 afirmações do questionário. Diferentes valores poderiam ser pontuados em cada afirmação, o que foi ponderado de acordo com o nível de coerência da resposta, sendo que as pontuações máximas possíveis para as categorias foram:

- Concepção sobre a Tabela Periódica: 32 pontos (8 afirmações com 4 níveis);
- Tabela Periódica como meio de consulta 36 pontos (9 afirmações com 4 níveis);
- Tabela Periódica no cotidiano: 40 pontos (10 afirmações com 4 níveis).

## Resultados e discussões

O dendrograma obtido pelo *software Pirouette* é apresentado na Figura 1. Considerou-se 53,4% de similaridade das respostas dos estudantes para a caracterização dos grupos (linha tracejada).

Na Figura 1 percebe-se uma organização de cinco grupos de estudantes com respostas similares, sendo que cada cor corresponde a um agrupamento de alunos. A partir dos grupos formados pela HCA, calcularam-se os valores médios das pontuações obtidas e desvio-padrão, conforme Tabela 2.

Com base na Tabela 2 pode-se caracterizar cada grupo de estudantes de acordo com suas concepções sobre TP. O Grupo I apresenta 19 estudantes, o que corresponde a aproximadamente 14% dos sujeitos da pesquisa. Tal grupo apresentou a menor média na categoria "Concepções sobre a Tabela Periódica", obtendo 20,9 pontos de 32. Isso indica que os estudantes inseridos no conjunto apresentam concepções consideradas equivocadas sobre a TP. Já nas outras duas categorias, o grupo teve média de 27,2 e 30,6 pontos respectivamente.

O Grupo II contemplou 32 estudantes (23,7% do total de sujeitos da pesquisa) e obteve uma média de acertos considerada satisfatória nas três categorias. Na segunda categoria "Tabela Periódica como meio de consulta", o grupo apresentou o melhor resultado, evidenciando que os alunos ali inseridos conseguem utilizar a Tabela para averiguar algumas informações importantes, tais como número atômico e de massa, relação entre o nome do elemento e seu símbolo químico, grupos e períodos da TP.

O Grupo III é composto por 20 estudantes (14,8% dos sujeitos) e apresentou as maiores médias em duas das três categorias avaliadas. Em relação à primeira categoria, "Concepções sobre a Tabela Periódica", o grupo apresentou média de 25,8 pontos, ou seja, índice que corresponde a mais de 80% da pontuação máxima. Para a categoria "Tabela Periódica no cotidiano", a média obtida foi 34,5, o que equivale a uma média de aproximadamente 86% do total de pontos possíveis. Com esses dados pode-se inferir que tal grupo teve as melhores respostas e que os alunos perceberam mais facilmente a presença de elementos químicos no cotidiano e apresentaram concepções mais coerentes sobre a TP.

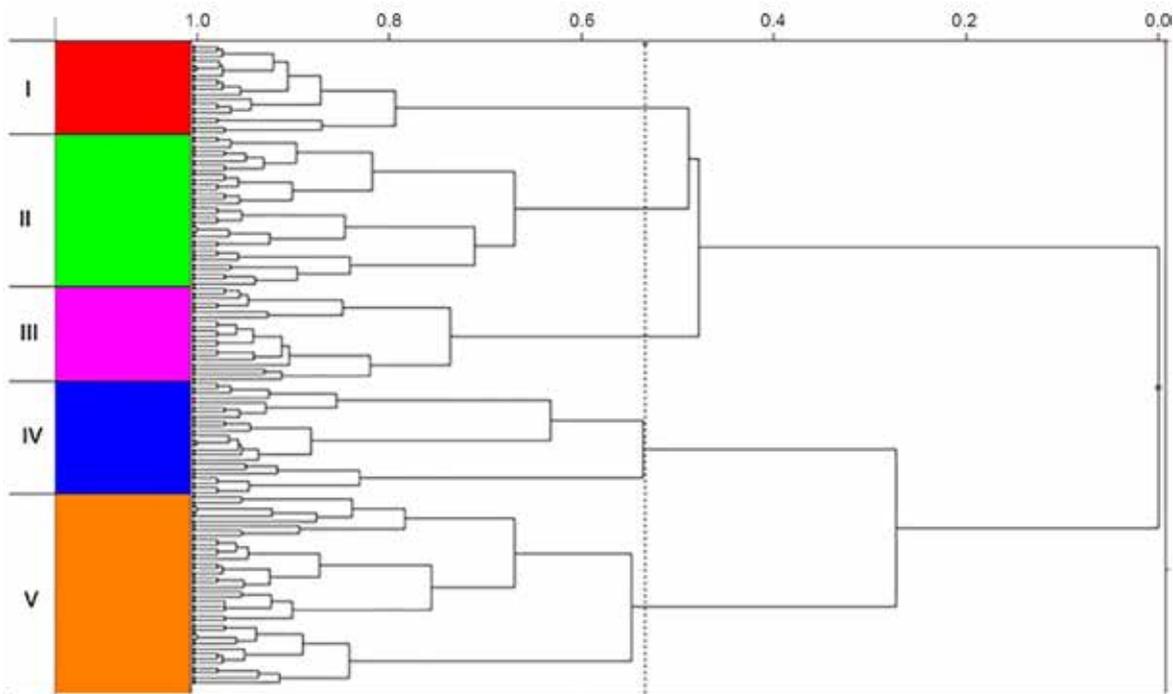


Figura 1: Dendrograma obtido a partir da HCA utilizando uma matriz de dados X (135x3): método Ward/Incremental e a distância Euclidiana.

390 Tabela 2: Média de pontos e desvio-padrão de cada grupo da HCA

Categoria	Grupo I (n=19)	Grupo II (n=32)	Grupo III (n=20)	Grupo IV (n=24)	Grupo V (n=40)
Concepção sobre a Tabela Periódica	20,9 (1,6)	25,7 (2,3)	25,8 (2,0)	24,2 (2,7)	24,1 (2,9)
Tabela Periódica como meio de consulta	27,2 (1,5)	28,7 (2,4)	27,0 (2,3)	26,3 (3,2)	22,2 (1,5)
Tabela Periódica no cotidiano	30,6 (1,3)	29,5 (1,5)	34,5 (1,3)	23,3 (2,4)	28,6 (2,7)

O Grupo IV é formado por 24 estudantes, equivalente a 17,7% dos sujeitos, e apresentou a menor média na terceira categoria, a qual investigou a presença de elementos químicos no cotidiano. Nessa categoria, o Grupo IV obteve média 23,3, dos 40 pontos possíveis. Nas outras duas categorias, o grupo alcançou médias consideradas satisfatórias: 24,2 na categoria “Concepções sobre a Tabela Periódica”, o que equivale a mais de 75% da pontuação, e 26,3 na categoria “Tabela Periódica como meio de consulta”, correspondente a 73% da pontuação da pontuação máxima possível.

O Grupo V é o maior em número de sujeitos, pois reuniu 40 estudantes, ou seja, 29,6% do total de participantes. Quando comparado com os demais, esse grupo alcançou a média mais baixa na categoria que investigou o uso da TP como meio de consulta (22,2). Na categoria “Tabela Periódica no cotidiano”, o grupo alcançou média 28,6, o que equivale a mais de 70% da pontuação; e na categoria “Concepções sobre a Tabela Periódica”, obteve média 24,1, correspondente a 75% da pontuação máxima, sendo considerados índices satisfatórios.

Em geral, por meio da apreciação conjunta dos grupos formados pela HCA pode-se inferir que o Grupo V apresentou o maior número de sujeitos e o Grupo I o menor. Ainda é possível constatar que o Grupo I teve os piores resultados na categoria “Concepções sobre a Tabela Periódica” e o Grupo V na categoria “Tabela Periódica como meio de consulta”, o que evidencia que aproximadamente 30% dos sujeitos não sabem retirar informações deste instrumento. Além disso, o Grupo IV apresentou baixos índices na categoria “Tabela Periódica no cotidiano”.

Complementar a esta análise, na Tabela 3 apresenta-se o número e a porcentagem de alunos de cada série do ensino médio que compõem os cinco grupos formados pela HCA.

Grande parte dos alunos (31,1%) da 1ª série foi agrupada no Grupo II, ou seja, eles manuseiam a TP e retiram importantes informações dela, utilizando-a como um instrumento de consulta. Apenas dois estudantes dessa série foram agrupados no Grupo III, considerado o com melhores resultados. Além disso, observou-se que 22,2% dos alunos (n=10) foram distribuídos no Grupo I, o qual se destacou pela presença

Tabela 3: Número de alunos de cada série nos grupos da HCA.

	1ª Série	2ª Série	3ª Série
Grupo I (n=19)	10 (22,2%)	1 (3,5%)	8 (13,1%)
Grupo II (n=32)	14 (31,1%)	2 (6,9%)	16 (26,2%)
Grupo III (n=20)	2 (4,4%)	7 (24,1%)	11 (18,0%)
Grupo IV (n=24)	10 (22,2%)	4 (13,8%)	10 (16,4%)
Grupo V (n=40)	9 (20,1%)	15 (51,7%)	16 (26,3%)
Total	45 (100%)	29 (100%)	61 (100%)

de concepções alternativas sobre a TP. O restante dos estudantes desta série foi classificado nos Grupos IV (22,2%) e V (20,1%). Dessa forma, apesar de conseguirem utilizar a TP, os estudantes ingressantes no ensino médio apresentam concepções alternativas sobre o tópico e possuem dificuldade em aplicá-la em seu cotidiano.

Esse resultado pode indicar que a aprendizagem na 1ª série ocorreu predominantemente de forma mecânica. Os estudantes podem ter entendido como consultar a TP para resolução de exercícios em sala de aula ou em avaliações, porém não compreenderam sua construção histórica, pensam que é necessário decorá-la e não conseguem aplicar os conceitos envolvidos em outras situações, inclusive em fatos do dia a dia. Desta forma, provavelmente eles venham a esquecer desses conceitos, caso futuramente, nas próximas séries não ocorram relações com conhecimentos pré-existentes em suas estruturas cognitivas (Ausubel, 2000).

Essas concepções alternativas possivelmente são decorrentes da abordagem do tópico em sala de aula, visto que ela pode ter reforçado visões distorcidas de conceitos científicos e da construção histórica da TP.

Essas concepções alternativas possivelmente são decorrentes da abordagem do tópico em sala de aula, visto que ela pode ter reforçado visões distorcidas de conceitos científicos e da construção histórica da TP. Neste contexto, alguns trabalhos relacionam as concepções de estudantes do ensino médio com a formação ineficiente dos cursos de licenciatura em Química. Como exemplo disso, Fernandes (2011) destaca que o tópico TP é desenvolvido em cursos de formação inicial de professores, principalmente, por meio de aulas expositivas com o uso de lousa e giz, com ênfase nas explicações das variações das propriedades periódicas.

Já a pesquisa de Neves *et al.* (2001) buscou inferir como a relação entre o saber disciplinar/conhecimento pedagógico sobre Lei e Tabela Periódica é trabalhada em um curso de Licenciatura em Química. Os autores relataram que os graduandos atribuem importância ao conhecimento da história da TP, mas não explicitam argumentos pedagógicos sólidos sobre o papel da história do Ensino de Ciências, limitando-se a confirmar o que aparece nos livros de Química do ensino médio.

A abordagem acrítica e sem relação com os contextos que levaram à elaboração da TP nos cursos de Licenciatura forma professores que não refletem sobre a importância da História da Ciência na formação conceitual de seus estudantes. A

respeito desse aspecto, vários pesquisadores (Flôr, 2009; Porto, 2010; Mehlecke *et al.*, 2012; Moura e Guerra, 2016) têm defendido a inserção da História da Ciência nos currículos dos cursos das Licenciaturas. De maneira geral, esses autores defendem que ela pode humanizar os conteúdos científicos ao relacioná-los com os interesses éticos, culturais e políticos. Além disso, pode auxiliar na compreensão de como o conhecimento é produzido e desmitificar as ideias de conhecimentos prontos, evitando a geração de concepções equivocadas sobre a natureza da Ciência.

Em relação aos estudantes da 2ª série, mais da metade deles (51,7%) foi categorizado no grupo V. Com isso, constatou-se que esses alunos apresentam dificuldades em utilizar a TP como um meio de consulta e tendem a pensar que é necessário decorar as informações contidas nesse instrumento. O restante dos sujeitos da 2ª série foi organizado nos Grupos I (apenas um aluno), Grupo II (6,9%) e Grupo

III (24,1%).

A concepção sobre a necessidade de memorizar a TP é muito presente no ensino de Química (Trassi *et al.*, 2001). Isso, também, pode ser consequência do tratamento dado pelos professores durante a explicação do tópico, o que recai na necessidade de discutir metodologias, como referências, sobre como ensinar Lei e Tabela Periódica em cursos de Licenciatura (Neves *et al.*, 2001).

Fernandes (2011) ainda ressalta que as metodologias de ensino voltadas para o nível básico, quando exploradas nos cursos de formação de professores, priorizam atividades lúdicas, como jogos e *softwares*. Segundo o autor, essas atividades não proporcionam a discussão das propriedades dos elementos e suas variações, e geralmente atuam como veículo de memorização de símbolos e números atômicos, o que é muito pouco para um professor em formação inicial. Dessa forma, acredita-se que esses fatores constituem algumas das causas que fazem com que os professores repitam métodos de memorização no ensino de TP.

Os estudantes da 3ª série foram agrupados em grande parte nos Grupos II e V, 16 sujeitos (26,2%) em cada grupo. O Grupo II reúne os alunos que obtiveram bons resultados no que se refere ao uso da TP como meio de consulta. Contrastando com esse dado, no Grupo V foram classificados

os estudantes que apresentaram dificuldades na utilização da TP para verificar informações. Com isso, infere-se que parte dos concluintes do ensino médio não sabe consultar a TP. Um total de 13,1% dos alunos foi organizado no Grupo I da HCA, o qual foi caracterizado pela presença de concepções alternativas referentes à necessidade de memorizar a TP e de sua construção histórica, que ocorreu por meio da contribuição de vários pesquisadores (Niaz *et al.* 2004; Brito *et al.* 2005). Por outro lado, destaca-se que 18% dos estudantes da 3ª série (n=11) fazem parte do Grupo III, que apresentou os melhores resultados dentre todos.

Apesar da identificação desses equívocos sobre a TP, destaca-se que o Grupo III (composto por 55% de alunos concluintes do ensino médio, 35% de estudantes da 2ª série e apenas 10% de alunos ingressantes) forneceu indícios de aprendizagem significativa nas repostas dos estudantes, especialmente da 2ª e 3ª séries, os quais foram capazes de utilizar, relacionar, aplicar informações e conceitos referentes ao tópico após já o terem estudado formalmente (Ausubel, 2000). Esses estudantes conseguiram relacionar os elementos químicos da TP no cotidiano e apresentaram concepções consideradas adequadas sobre o tema, tais como não ser necessário memorizar a TP, e que vários cientistas contribuíram para sua construção. Isso evidencia que os mesmos não tiveram uma aprendizagem descartável (Fernandes, 2011).

### Considerações finais

A TP representa uma ferramenta de consulta essencial para o Ensino de Química, pois através da sua leitura e interpretação pode-se verificar várias informações sobre os elementos químicos. O presente trabalho verificou as concepções dos estudantes nas diferentes séries do ensino médio, de uma escola pública brasileira, sobre essa temática.

Os dados foram coletados por meio de um instrumento investigativo, elaborado previamente e validado conforme orientações da literatura. Dentre os resultados, destacam-se as principais concepções e problemas resultantes do ensino formal no nível médio:

- necessidade de memorizar a TP;
- compreensão equivocada da construção da TP;
- dificuldade de consultar a TP para obter informações importantes sobre os elementos químicos, tais como número atômico e de massa;
- pouco ou nenhum estabelecimento de relações entre os elementos químicos e suas aplicações no cotidiano.

Apesar das diversas concepções alternativas encontradas, observaram-se indícios da ocorrência de aprendizagem significativa por parte de alguns estudantes ao longo do ensino médio. Por intermédio da HCA, obtiveram-se cinco grupos de alunos organizados pela similaridade de suas repostas

ao instrumento investigativo. Dentre esses, destacou-se o Grupo III, o qual apresentou concepções satisfatórias para as três categorias analisadas: “Concepções sobre a Tabela Periódica”, “Tabela Periódica como meio de consulta” e “Tabela Periódica no cotidiano”.

A maioria dos estudantes (90%) que compõe o Grupo III pertence às turmas da 2ª e 3ª séries do ensino médio. Eles utilizaram informações essenciais sobre o tema, apesar de terem estudado formalmente o tópico em anos anteriores. Assim, os estudantes recuperaram conceitos importantes mesmo após terem sido vistos e os utilizaram em um novo contexto, sendo isso um indício da aprendizagem significativa (Ausubel, 2000; Moreira, 1999). Os alunos desse grupo ainda relacionaram elementos químicos ao seu cotidiano e demonstraram concepções mais adequadas em relação ao assunto, pois entendem que não há necessidade de decorar o instrumento e que muitos pesquisadores contribuíram em sua confecção.

Por fim, a partir dos resultados encontrados nesse estudo ressalta-se a importância do tratamento dado pelo professor à TP durante o ensino médio. É importante que seja enfatizada a sua construção histórica, em vez de regras de

memorização, para que, ao longo do ensino médio, façam sentido para os estudantes informações como propriedades e características dos elementos químicos, que podem ser consultadas por intermédio da interpretação desse instrumento. Além disso, alerta-se para a necessidade de retomar a TP e a rede conceitual que envolve seu estudo à medida que o estudante avança nas séries

do ensino médio, visto que, conforme detectado por esta pesquisa, inicialmente a aprendizagem sobre o tópico tende a ser predominante mecânica. No entanto, conforme o referencial teórico adotado, esse tipo de aprendizagem é necessário durante a aquisição de conhecimentos em uma nova área, e para que se torne significativa é necessário que sirva de ancoradouro das novas situações. Neste contexto, haverá um estímulo à aprendizagem significativa em detrimento da mecânica.

*A TP representa uma ferramenta de consulta essencial para o Ensino de Química, pois através da sua leitura e interpretação pode-se verificar várias informações sobre os elementos químicos. O presente trabalho verificou as concepções dos estudantes nas diferentes séries do ensino médio, de uma escola pública brasileira, sobre essa temática.*

**Nycollas Stefanello Vianna** (nycollasv@hotmail.com), formado em Ciências da Natureza-Licenciatura pela Universidade Federal do Pampa (Unipampa), e mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Rio Grande, RS – BR. **Camila Aparecida Tolentino Cicuto** (camilacicuto@unipampa.edu.br), formada em Química-Licenciatura pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e doutora em Ensino de Química pela Universidade de São Paulo (USP). Professora da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), campus Dom Pedrito. Dom Pedrito, RS - BR. **Maurício Selvero Pazinato** (mauricius.pazinato@ufrgs.br), formado em Química-Licenciatura e doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Professor do Instituto de Química (Departamento de Química Orgânica) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, RS – BR.

## Referências

AUSUBEL, D.P. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, p. 102, 2002.

BRITO, A.; RODRÍGUEZ, M. A. E NIAZ, M. A. Reconstruction of Development of the Periodic Table Based on History and Philosophy of Science: Its Implications for General Chemistry Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 42, n. 1, p. 84 -111, 2005.

FERNANDES, M. A. M. *A abordagem da Tabela periódica na formação inicial de professores de Química*. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.

FERREIRA, L. H.; CORREA, K. C. S. E DUTRA, J. L. Análise das estratégias de ensino utilizadas para o ensino da Tabela Periódica. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 4, p.349-359, 2016.

FIELD, A. *Discovering statistics using SPSS*. London: Sage Publications, 2009.

FLÔR, C. C. A história da síntese de elementos transurânicos e extensão da Tabela Periódica numa perspectiva Fleckiana. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 246- 250, 2009.

GODOI, T. A. F.; OLIVEIRA, H. P. M. E CODOGNOTO, L. Tabela Periódica - Um Super Trunfo para alunos do Ensino Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 22-25, 2010.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. E TATHAM, R. L. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HARA, J. R.; STANGER, G.R.; LEONY, D. A.; RENTERIA, S. S.; CARRILLO, A. E MICHAEL, K. Multilingual Mnemonics for the Periodic Table. *Journal of Chemical Education*, v. 84, n.12, p. 1918, 2007.

LEITE, H. S. A. E PORTO, P. A. Análise da abordagem histórica para a Tabela Periódica em livros de Química Geral para o ensino superior usados no Brasil no século XX. *Química*

*Nova*, v. 38, n. 4, p. 580-587, 2015.

MEHLECKE, C. DE M.; EICHLER, M. L.; SALGADO, T. D. M. E DEL PINO, J. C. A abordagem histórica acerca da produção e da recepção da Tabela Periódica em livros didáticos brasileiros para o ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 3, p. 521 - 545, 2012.

MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem, significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.

MOURA, C. B. E GUERRA, A. História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16. n. 3, p. 725–748, 2016.

NEVES, L. S. DAS; NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L.; SILVEIRA, G. C. L. DA E DINIZ, A. L. P. O conhecimento pedagógico do conteúdo: lei e tabela periódica. Uma reflexão para a formação do licenciado em química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 2, p. 85-86, 2001.

NIAZ, M.; RODRÍGUEZ, M. A. E BRITO, A. An appraisal of Mendeleev's contribution to the development of the periodic table. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 35, p. 271-282, 2004.

OLIVE, G. E RIFFONT, D. French Mnemonics for the Periodic Table. *Journal of Chemical Education*, v. 85, n. 11, p. 1489, 2008.

PORTO, P. A. *História e filosofia da ciência no ensino de química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade*. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). *Ensino de química em foco*. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. p. 159-180.

SATURNINO, J. C. S. F.; LUDUVICO, I. E SANTOS, L. J. Pôquer dos Elementos dos Blocos s e p. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 3, p. 174-181, 2013.

SILVA, B.; CORDEIRO, M. R. E KIILL, K. B. Jogo Didático Investigativo: uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2015.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. E CHAGAS, A. P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. *Química Nova*, v. 20, n. 1, p. 103-117, 1997.

TRASSI, R. C. M.; CASTELLANI, A. M.; GONÇALVES, J. E. E TOLEDO, E. A. Tabela periódica interativa: “um estímulo à compreensão”. *Acta Scientiarum*, v. 23, n. 6, p. 1335-1339, 2001.

**Abstract:** *Periodic Table: students' conceptions through high school.* The objective of this research was to ascertain students' understanding of the contents of the Periodic Table (PT) in the three high school grades at a Public School in Rio Grande do Sul (n = 135). We elaborated a questionnaire (27 statements) containing three categories judged by the Likert scale and evaluated the data by means of Hierarchical Cluster Analysis aided by the software *Pirouette*. This analysis allowed us to group the students according to similarities in their answers. Results show students' main conceptions and difficulties, such as: the need to memorize the PT; misunderstandings about its construction; difficulty in consulting it; little to no establishment of relations between chemical elements and their applications in everyday life. Despite this, we found signs of meaningful learning when students from the 2nd and 3rd years were able to recall information about the topic after having studied it in previous years.

**Keywords:** learning; misconceptions; Periodic Table.



## Célula solar na escola: como construir uma célula solar sensibilizada por corantes naturais

**Ivana de Souza Christ, Kauana Nunes de Almeida, Verônica Granvillia de Oliveira, Matheus Costa de Oliveira, Marcos José Leite Santos e Nara Regina Atz**

A crescente consciência quanto ao impacto ambiental causado por uma matriz energética baseada em combustíveis fósseis tem impulsionado a pesquisa por novas fontes de energia que sejam limpas, renováveis e acessíveis. Embora no ensino básico e médio em aulas de biologia, física e química, o tema energia renovável seja abordado, a realização de experimentos simples pode contribuir para a compreensão de como a energia solar é convertida em energia elétrica. Dentro desse contexto, o objetivo do presente trabalho é apresentar um método simples de montagem de Células Solares Sensibilizadas por Corantes Naturais, que possa ser empregado como atividade experimental, utilizando materiais de baixo custo e facilmente encontrados. Este trabalho tem o propósito de despertar o interesse de professores e alunos sobre a produção de energia limpa e renovável.

► célula solar, educação, corantes naturais ◀

Recebido em 30/10/2018, aceito em 27/01/2019

**A** busca por novas fontes de energia tem crescido enormemente nas últimas duas décadas. Este crescimento tem sido impulsionado pela necessidade de substituir a matriz energética atual, baseada em combustíveis fósseis, por uma nova matriz, baseada em fontes de energia limpa e renovável. Essas novas fontes devem permitir o desenvolvimento da sociedade atual sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras. Dentro desse contexto, a conversão de luz solar em energia elétrica é uma das tecnologias mais interessantes que tem sido explorada. Embora o sol esteja na verdade sendo consumido, a sua luz deve incidir sobre a Terra pelos próximos cinco bilhões de anos, portanto do ponto de vista da expectativa de vida da espécie humana, o sol pode ser considerado uma fonte infinita de luz. A conversão de energia solar em energia elétrica, através do efeito fotovoltaico constitui a base de uma célula solar. Este efeito foi inicialmente observado em 1839, por Edmond Becquerel, que produziu corrente elétrica ao incidir luz sobre eletrodos

mergulhados em eletrólito (Grätzel, 2001). Essa tecnologia evoluiu passando por diferentes gerações de células solares (silício monocristalino, silício policristalino e filmes finos) e, na década de 90, foi publicado por Michael Grätzel e colaboradores, o desenvolvimento de Células Solares Sensibilizadas por Corantes (CSSC's).

As CSSC's fazem parte da chamada terceira geração de células solares; são leves, podem ser flexíveis e obtidas a baixo custo. São constituídas por um corante (sensibilizador), um semiconductor nanocristalino ( $\text{TiO}_2$ , dióxido de titânio), um par redox (solução de iodo), dois eletrodos de vidro com uma camada condutora e transparente (ITO - óxido de estanho dopado com índio, eletrodo negativo) e um catalisador (grafite ou platina, eletrodo positivo) (Azevedo e Cunha, 1991). A geração de energia através de uma CSSC é obtida através do *efeito fotoeletroquímico*, que se baseia na habilidade de um sensibilizador adsorvido sobre a superfície de um semiconductor, em absorver luz gerando elétrons excitados que são transferidos para o semiconductor. Os sensibilizadores podem ser corantes naturais, como os utilizados no presente trabalho. No processo de conversão, a luz incidente é absorvida pelo sensibilizador, promove elétrons do seu orbital ocupado de maior energia (HOMO) para o orbital

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.

desocupado de menor energia (LUMO). Estes elétrons são transferidos para a banda de condução do semiconductor e se movem em direção a um eletrodo coletor, onde podem ser utilizados para gerar corrente elétrica. Como o HOMO do sensibilizador é oxidado pela luz, é necessário um par redox que regenere o sensibilizador doando um elétron. O par redox mais utilizado é o iodeto/triiodeto ( $I^-/I_3^-$ ).

## Objetivo

O principal objetivo desse estudo é proporcionar uma rota simples e detalhada para a montagem de Células Solares Sensibilizadas por Corantes Naturais, que possa ser utilizada para fins didáticos.

**Materiais utilizados na montagem das CSSCN's:** beterraba, repolho roxo e sementes de urucum (fontes de corantes naturais); papel alumínio; papel filtro ou filtro de café adquiridos no mercado; corretivo líquido à base de água (fonte de  $TiO_2$ ) e grampos metálicos adquiridos em papelerias; Display - LCD (*Liquid Crystal Display*) de calculadoras ou celulares em desuso (fonte de ITO - óxido de estanho dopado com índio); tintura de iodo 2% (solução eletrolítica) e pinça adquiridos em farmácias; multímetro ou voltímetro; cortador de vidro; chave de fenda e fita crepe adquiridos em ferragens; *mixer* ou ralador de legumes; placa de Petri; funil de vidro ou de plástico; secador de cabelo; chapa de aquecimento ou mufla (forno); vela de parafina (fonte de carbono); conta gotas; bastão de vidro ou colher de plástico.

## Passo a passo para a montagem e caracterização das CSSCN's

### 1º Passo: Extração dos corantes naturais

Para extração dos pigmentos, 25 g de beterraba (ralada, sem casca e crua), repolho roxo ou sementes de urucum foram colocados separadamente em béqueres de 250 mL com 100 mL de água. As misturas (contendo vegetais ou sementes de urucum) permaneceram em repouso por cerca de 10 min, com ciclos de agitação manual a cada 2 min para melhorar a extração. As misturas já com os pigmentos extraídos, foram filtradas em papel filtro ou filtro de café e estocadas em frascos de vidro com tampa.

### 2º Passo: Obtenção dos eletrodos

Com o auxílio de uma chave de fenda, foram abertas calculadoras para obtenção das duas placas de vidro, localizadas no meio do display, que são cobertas por uma fina camada de óxido de estanho dopado com índio (ITO) (Silveira et al., 2012). Estas placas de vidro cobertas com ITO serão utilizadas para montagem dos eletrodos (negativo e positivo) das CSSCN's. Esse passo deve ser realizado com cuidado, pois para separar as placas de vidro é necessário inserir um artefato cortante (faca). Utilizando um cortador de vidro estas placas devem ser cortadas, no tamanho de 2 por 2 cm (Figura 1). Cuidado para não arranhar as placas e assim não remover a camada de ITO. O corte das placas pode

gerar bordas afiadas, portanto este passo deve ser realizado com extremo cuidado.

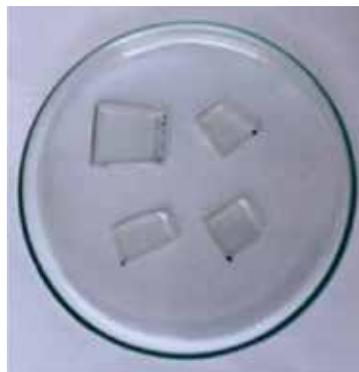


Figura 1: Mostra pedaços de vidro, contendo óxido de índio e estanho (ITO), retirados de displays de LCD de uma calculadora e cortados no tamanho aproximado, de 2 x 2 cm para a construção das CSSCN's.

### 3º Passo: Preparação do eletrodo negativo (-)

a) A placa de vidro do display da calculadora deverá ser limpa com água e detergente e seca com secador. É importante não atritar a placa fortemente ao lavar, para não remover a camada de ITO, que está depositada em um dos lados do vidro.

b) O lado condutor da placa de vidro do display LCD pode ser determinado através de medida da resistência elétrica. Isto pode ser feito com os dois terminais (preto e vermelho), conectados a um multímetro, colocados em contato com a mesma face da placa de vidro do display LCD. Na face do vidro que contém a camada com ITO será medido um valor de tensão no multímetro (Figura 2). Atenção: selecionar a função resistência elétrica no multímetro.



Figura 2: Mostra como medir, usando um multímetro, o lado condutor da placa de vidro contendo óxido de índio e estanho (ITO).

c) A placa de vidro com ITO deve ser fixada sobre uma mesa, usando fita adesiva nos lados, deixando o meio da

placa livre e garantindo que a superfície condutora esteja virada para cima (Figuras 3a-b).

d) A camada de  $\text{TiO}_2$  (corretivo líquido a base de água) deve ser depositada sobre a face da placa de vidro condutora (ITO) exposta como mostra a Figura 3c.

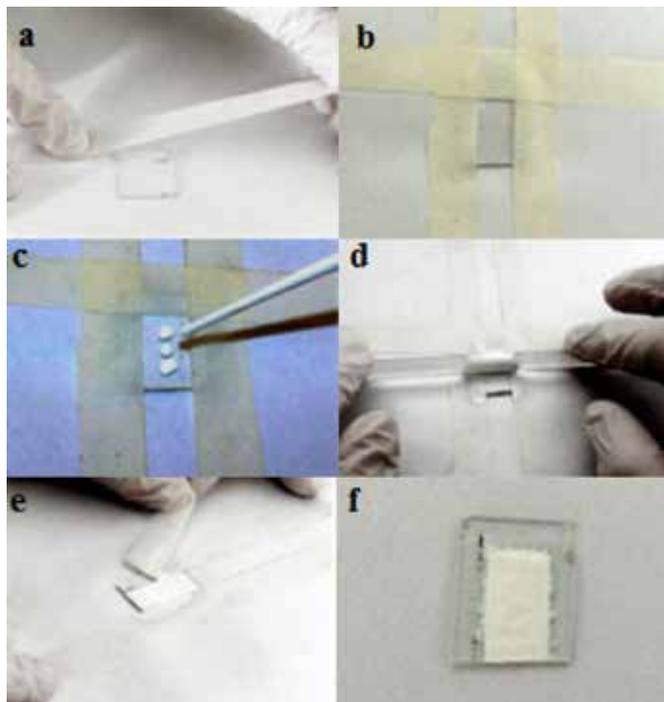


Figura 3: Sequência de etapas (a - f) feitas para a obtenção do eletrodo negativo (placa de vidro condutora (ITO) mais a camada de  $\text{TiO}_2$ ).

e) O corretivo ( $\text{TiO}_2$ ) deve ser espalhado de modo a formar uma camada fina e homogênea (Figura 3d). Esperar esse filme secar à temperatura ambiente ou usar um secador de cabelo para que o processo ocorra mais rápido.

f) Depois de seco o filme, retirar a fita adesiva do vidro com cuidado para não danificar a camada de corretivo ( $\text{TiO}_2$ ) depositada sobre a placa de vidro condutor (Figura 3e). É fundamental que a camada de  $\text{TiO}_2$  esteja íntegra para melhor eficiência da célula solar em converter luz em eletricidade.

g) A placa (Figura 3f) deve ser colocada sobre uma chapa de aquecimento, coberta com papel alumínio e aquecida entre  $200^\circ\text{C}$  até  $350^\circ\text{C}$  por cerca de 30 minutos (Fig. 4a-b).

#### 4º Passo: Preparação do eletrodo positivo (+)

a) A outra metade do vidro (ITO) retirado do display LCD da calculadora deve ser limpa com água e detergente (com cuidado) e seca com secador de cabelo.

b) Usar novamente um multímetro para determinar o lado condutor (medir a resistência).

c) Um filme de carbono (C) deve ser depositado sobre superfície condutora do display (ITO + carbono). Esse filme pode ser obtido através da queima do pavio de uma vela de parafina (Figura 5), garantindo que a fuligem resultante da queima forme um filme de carbono sobre a superfície do

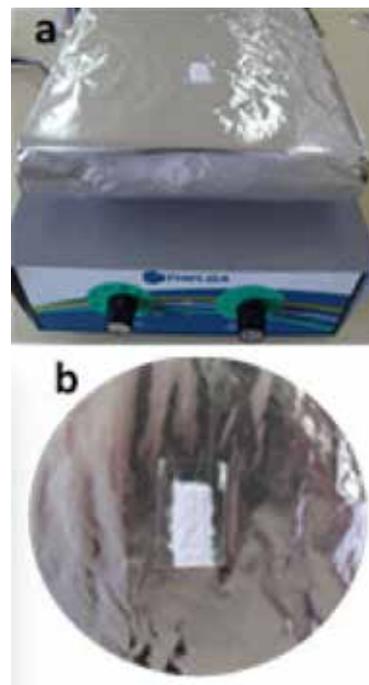


Figura 4: A placa de vidro condutora com o ITO mais a camada de  $\text{TiO}_2$  (Figura 3f) colocada sobre uma chapa de aquecimento para a queima de produtos orgânicos. (a) Placa de vidro colocada diretamente na chapa de aquecimento e (b) Placa de vidro na chapa de aquecimento em evidência.



Figura 5: Depósito da camada de carbono (preta) na superfície da placa de vidro condutora (ITO) por meio da queima do pavio de uma vela de parafina.

ITO. A superfície condutora da placa de vidro deverá ser coberta uniformemente com carbono.

#### 5º Passo: Adsorção do corante natural sobre o eletrodo negativo (ITO + filme de $\text{TiO}_2$ )

a) O eletrodo negativo depois de pronto (3º passo) deve ser imerso, por 30 minutos, na solução aquosa contendo o corante obtido de vegetais, como por exemplo, beterraba (Figura 6a) ou de sementes de urucum (Figura 6b).

b) Após retirar o eletrodo negativo dos corantes (Figuras 6a-b), com o auxílio de uma pinça, o mesmo deve ser lavado com água e seco com secador de cabelo. Após esse processo, a coloração da placa se mostrará menos intensa do que quando estava imersa nos corantes.

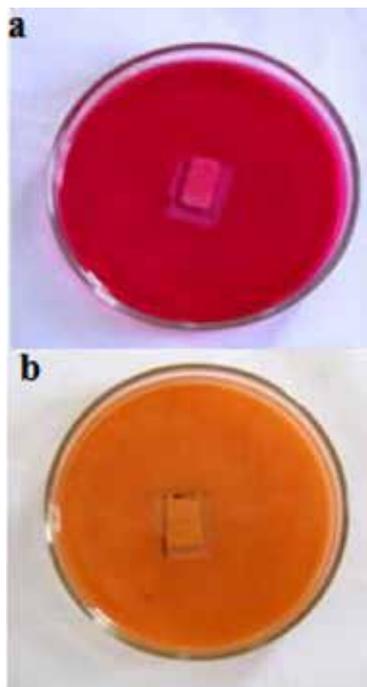


Figura 6: Etapa da aplicação do corante natural (sensibilizador) ao eletrodo negativo (ITO + camada de  $\text{TiO}_2$ ) para posterior montagem dos dispositivos (CSSCN's). a) Corante da vegetal beterraba e b) Corante de sementes de urucum.

#### 6º Passo: Montagem da Célula Solar Sensibilizada por Corante Natural (CSSCN)

a) A Célula Solar Sensibilizada por Corante Natural é montada num arranjo tipo sanduíche (Figura 7); os eletrodos negativos (ITO +  $\text{TiO}_2$ ) e positivo (ITO + C) são unidos utilizando um grampo metálico.

b) No espaço entre os eletrodos negativo e positivo devem ser acrescentadas algumas gotas de solução de tintura de iodo a 2% (solução marrom da Figura 7), fonte de íon iodeto, até que os mesmos estejam saturados dessa solução.

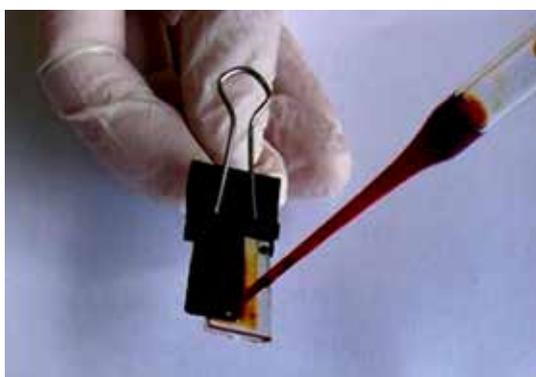


Figura 7: Mostra a solução de tintura de iodo 2% (solução marrom) sendo acrescentada, com conta gotas, entre as placas de vidro que contêm o eletrodo negativo (placa inferior branca) e o eletrodo positivo (placa superior preta).

#### 7º Passo: Teste de funcionamento da (CSSCN)

Assim como uma célula solar gera fotocorrente, também gera fotovoltagem. Para testar o funcionamento da célula solar, a voltagem da mesma pode ser medida com um

multímetro da seguinte forma: Os cabos preto e vermelho, conectados ao multímetro, devem ser postos em contato com os eletrodos negativo (-) e o eletrodo positivo (+), respectivamente (Figura 8). O teste de funcionamento da CSSCN deve ser realizado de duas formas: i) no escuro, apagando todas as luzes do ambiente e mantendo a CSSCN dentro de um recipiente sem luz e ii) sob iluminação, usando as luzes do ambiente ou a luz solar. A medida no escuro não deve gerar fotovoltagem, contudo a medida sob iluminação irá gerar. A fotovoltagem assim como a fotocorrente depende da intensidade da luz incidente, portanto quanto mais intensa for a luz maior será a fotovoltagem medida. A escala de tensão usada foi a de corrente contínua, na faixa de 2000 mV. As medidas da tensão elétrica das CSSCN's contendo os corantes oriundos do vegetal beterraba e de sementes de urucum foram 359 mV (Figura 8) e 478 mV, respectivamente. Estes valores de tensão dependem da intensidade da luz incidente, do corante e do procedimento de montagem da CSSCN.



Figura 8: Medida da tensão (359 mV), com um multímetro, da CSSCN produzida com corante (sensibilizador) extraído do vegetal beterraba.

#### Conclusão

Com base em testes realizados por alunos do primeiro semestre do curso técnico em química do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – campus Porto Alegre, verificou-se com êxito que a montagem passo-a-passo de CSSCN's é possível de ser executada como uma atividade didática prática (Nunes *et al.*, 2016). Nessa atividade se trabalhou com duplas de alunos, em um tempo em torno de duas horas, com a orientação de um professor. A rota de montagem das células solares apresentada neste trabalho, embora muito simples e utilizando materiais do dia a dia, resulta em uma célula solar que pode ser montada rapidamente e que de fato converte luz em corrente elétrica. O composto bixina, pigmento extraído de sementes de urucum, aparentemente, se adsorveu mais na superfície do  $\text{TiO}_2$  (semicondutor da

célula) do que a molécula da betalaína, pigmento presente no corante da beterraba.

**Ivana de Souza Christ** (ivana.christ93@gmail.com), estudante do curso técnico em Química pelo IFRS, Campus Porto Alegre, RS – BR. **Kauana Nunes de Almeida** (kauanaalmeida@hotmail.com), estudante do curso técnico em Química pelo IFRS, Campus Porto Alegre, RS – BR. **Verônica Granvilla de Oliveira** (veronica\_granvilla@hotmail.com), estudante do curso técnico em Química pelo IFRS, Campus Porto Alegre, RS – BR. **Matheus Costa de Oliveira**

(matheuscdeoliveira@gmail.com), estudante do curso de Química Industrial da UFRGS, Porto Alegre, RS – BR. **Marcos José Leite Santos** (mjls@ufrgs.br), bacharel em Química, mestrado e doutorado em Química pela Universidade Estadual de Maringá. Parte do doutorado desenvolvido na University of Victoria, Victoria, Canadá. Pós-doutorado pelo Instituto de Física da USP de São Carlos. É Professor do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. **Nara Regina Atz** (nara.atz@poa.ifrs.edu.br), bacharel e licenciada em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, mestrado e doutorado em Ciências dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Parte do doutorado na Friedrich-Alexander Universität, Alemanha. É professora do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, campus Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil.

## Referências

AZEVEDO, M.; CUNHA, A. Fazer uma célula fotovoltaica. *Rev. Physical on Stage*, v. 2, n. 4, p. 1-3, 1991. Disponível em <http://www.cienciaviva.pt/docs/celulafotovoltaica.pdf>, acessada em janeiro de 2019.

NUNES, K.; GRANVILLA, V.; CHRIST, I.S.; ATZ, N.R., SANTOS, M.J.L. *Construção de células solares sensibilizadas por corantes naturais para fins didáticos*. 17ª Mostra de Pesquisa, Ensino e Extensão do IFRS Campus Porto Alegre, 06 e 07 de Out. de 2016, em Porto Alegre /RS. Disponível em <http://poaconf.poa>

[ifrs.edu.br/index.php/mostra/mostra/paper/view/168](http://ifrs.edu.br/index.php/mostra/mostra/paper/view/168), acessada em janeiro de 2019.

GRÄTZEL, M. Photoelectrochemical cells. *International Journal of Science Nature*, n. 414, p. 338-344, 2001. Disponível em <https://www.nature.com/articles/35104607>, acessada em janeiro de 2019.

SILVEIRA, A.V.M.D.; FUCHS, M.D.S.; MEILI, L.; BERTUOL, D.A. Caracterização e processamento de telas de LCD de celulares visando a reciclagem. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 8, n. 8, p. 1785-1793, 2013. Disponível em <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/7314/pdf>, acessada em janeiro de 2019.

**Abstract:** *Solar cell in the school: how to build a dye sensitized solar cell using natural pigments.* The growing awareness about the environmental impacts caused by a fossil fuel based energetic matrix has driven the research of new generation of clean, renewable and affordable energy resources. Although in primary and secondary schools this subject is discussed in biology, physics and chemistry classes, a simple experiment can help the students to understand how solar energy can be converted into electricity. The present work shows the assembling of Natural pigment-based dye-sensitized solar cells. The simplified procedure allows the assembling of solar cells in experimental classroom activities using easily available materials. This study is intended to arouse the interest of teachers and students about the production of clean and renewable energy.

**Keywords:** solar cell, education, natural pigments

# A Filosofia na Formação de Professores de Química em Minas Gerais: O que se Mostra nos Componentes Curriculares de Licenciaturas em Química?

## Philosophy In Teachers' Education In Minas Gerais State: What Is Shown In Curricular Components Of Chemistry Undergraduate Courses?

Robson S. de Sousa, Alexandre R. dos Santos e Maria do Carmo Galiuzzi

**Resumo:** Neste artigo, apresentamos percepções e elaboramos compreensões acerca da formação filosófica de professores de Química. Fundamentamos nossa investigação em uma proposição de uma *Filosofia da Educação em Ciências* – que articula a Filosofia, a Filosofia da Educação e a Filosofia da Ciência como eixos formadores dos estudos neste campo. Identificamos componentes curriculares nesses eixos nos cursos de Licenciatura em Química das Universidades Federais do Estado de Minas Gerais. As ementas desses componentes curriculares foram analisadas com a pergunta fenomenológica de pesquisa: “O que é isto que se mostra: a Filosofia na formação de professores de Química em Minas Gerais?”. Dos 23 cursos de Licenciatura em Química encontrados, 10 deles possuem vínculo com a Filosofia no nome do componente curricular. Nestes cursos, foram identificados 13 componentes curriculares com este vínculo, majoritariamente atribuídos à Filosofia da Educação. Na análise realizada, emerge a ideia de uma formação filosófica de professores de Química vinculada a aspectos epistemológicos, metodológicos e curriculares do conhecimento científico.

**Palavras-chave:** Filosofia da Educação em Ciências. Educação Química. Formação de Professores. Filosofia da Educação. Filosofia da Ciência.

**Abstract:** In this article, we present perceptions and elaborate understandings about the philosophical education of chemistry teachers. Our investigation is based on a proposal of a Philosophy of Science Education – which articulates Philosophy, Philosophy of Education and Philosophy of Science as formative axes of studies in this field. Curricular components belonging to these axes were identified in undergraduate courses in Chemistry of Federal Universities of the State of Minas Gerais. The available syllabuses were analyzed from the phenomenological question: “What is philosophy in chemistry teachers’ education?”. Of the 23 undergraduate courses in Chemistry found, only 10 entail philosophy in the name of curricular components. Of these, 13 curricular components with this link were identified, mainly attributed to the Philosophy of Education or the Foundations of Education. In the analysis carried out, it emerges the idea of a philosophical education of Chemistry teachers linked to epistemological, methodological and curricular aspects of scientific knowledge.

**Keywords:** Philosophy of Science Education. Chemistry Education. Teachers Education. Philosophy of Education. Philosophy of Science.

**Robson Simplicio de Sousa** (robsonsimplicio@hotmail.com) é doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG), mestre em Química Tecnológica e Ambiental pela FURG e licenciado em Química pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Atua como professor adjunto no Departamento de Sociais e Humanas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina, Palotina, PR – BR. **Alexandre Rodrigues dos Santos** (santos.18alexandre@gmail.com) é acadêmico do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Iturama, MG – BR. **Maria do Carmo Galiuzzi** (mcgaliuzzi@gmail.com) é doutora e mestre em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), licenciada em Química pela FURG e bacharel em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É professora titular voluntária na FURG, Rio Grande, RS – BR. Recebido em 21/11/2018, aceito em 17/12/2018

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.

A construção da identidade de um professor de Ciências se vincula aos aspectos filosóficos por ele apropriados, uma vez que é a partir deles que o professor expõe suas concepções epistemológicas, a ciência que ensina e aprende, o modo como a propaga e sua disposição às relações educativas (Schulz, 2014). Isto repercute no modo como o professor escolhe conteúdos de ensino, como planeja esse ensino e como se compromete com a formação do estudante e com a sua própria formação, à medida que questiona sua prática. Assim, neste artigo, questionamos sobre como se apresentam os aspectos filosóficos na formação acadêmica de professores de Química. Buscamos, a partir desse questionamento, delinear pressupostos filosóficos que se mostram nas ementas dos currículos de formação universitária de estudantes de cursos de Licenciatura em Química em Minas Gerais.

Nosso interesse teórico parte de Schulz (2014), quando afirma que muito do afastamento dos professores de Ciências em relação à Filosofia é responsabilidade da própria academia que o forma. Isto se constitui no que o autor chama de uma *insuficiência filo-educacional* que desemboca numa maior vinculação do professor de Ciências à ciência, em função do prestígio atribuído ao cientista, em detrimento da Educação em Ciências e seus aspectos filosóficos. Trataremos, neste artigo, especificamente, do que se mostra nas ementas acerca desses aspectos filosóficos, cuja vinculação inquestionável ao paradigma que norteia a construção da ciência que ensina, desdobra-se em uma problemática para a Educação Química.

A construção da Química está fundamentada em uma racionalidade técnico-científica que sustenta a ciência calcada no positivismo como modo de conhecer o mundo. Referimo-nos ao modo de olhar o mundo que se centra em discriminar, classificar e identificar as coisas com padrões previamente estabelecidos, buscando dominá-las. Constrói-se baseada numa linguagem de medida e aferição com o propósito de computar novas ideias, hipóteses com vistas à produção de novos produtos de interesse do mercado. Aposta fortemente na competitividade, com foco em um desenvolvimento cujo projeto presente é melhor do que o anterior. Seus conhecimentos são baseados em verificações corretas, pois foram elaborados por métodos que permitem a eliminação do erro (Martins e Bicudo, 2006). Em um contexto educativo, vincular-se exclusivamente a uma racionalidade técnico-científica reduz possibilidades formativas do *Educar Quimicamente*. Isto porque

*O ideal de cientificidade herdado do Iluminismo impõe uma orientação objetificadora e tecnicizada ao processo educativo contrária à multiplicidade de concepções e ideais que irrompem da diversidade biográfica e da multiplicidade cultural. Regras, normas e esquemas burocráticos traduzidos na rigidez e no esquematismo disciplinar predeterminado segmentam a ação educativa destituindo-a da autonomia, conectividade e autorreflexividade*

*indispensáveis ao processo formativo* (Flickinger, 2010, p. XVIII-XIX).

O ensino de Química tem sido tratado com objetivismo<sup>1</sup> (Sjöström, 2007), com pouco diálogo entre os sujeitos envolvidos no processo educativo, raro tratamento das tradições históricas<sup>2</sup> e estéticas da Química e de seu ensino, além do escasso registro por meio da escrita das compreensões alcançadas, enquanto materialidade do ato educativo (Sousa e Galiazzi, 2017; 2018). A sala de aula de Química tem sido caracterizada como a ciência, um lugar de domínio e de controle da razão.

A moderna educação de professores em Ciências tem passado à margem da Filosofia e da Filosofia da Educação em favorecimento de estudos em Psicologia e ciências cognitivas, especialmente, em teorias de aprendizagem e de desenvolvimento (Schulz, 2014). Entretanto, se considerarmos que a educação significa mais do que o uso de técnicas instrucionais e que abrange intenções amplas, incluindo uma educação cidadã e questões fundacionais sobre a natureza da educação, da aprendizagem, do conhecimento e da ciência, então a Filosofia precisa ser trazida à baila (Schulz, 2014) e ser cada vez mais incluída nos cursos de Licenciatura em Química.

Para Röhr (2015), existem muitas teorias educacionais disponíveis à escolha do educador que podem guiar suas práticas educativas. Aquele que toma para si a responsabilidade de escolher uma teoria a seguir pode: i. compreender a educação como aquela em que a tarefa pedagógica se reduz a algo que pode ser plenamente realizado; ou ii. questionar-se acerca das consequências negativas de visões mais restritas da educação e também das contribuições positivas daquelas mais amplas, nas quais se incluem as facetas da vida humana. Na primeira escolha, pouco interessam os fundamentos filosóficos orientadores da prática docente, pois a tarefa pedagógica está pronta, é preciso apenas aplicá-la. A segunda escolha, uma aposta no questionamento e na reflexão, exige do professor conhecer, escolher e se posicionar diante de fundamentos filosóficos para poder avaliar sua prática educativa.

Diante disso, buscamos elaborar compreensões a partir da análise de ementas que compõem o currículo em cursos de Licenciatura em Química. Utilizamos da hermenêutica como suporte teórico para a compreensão filosófica do currículo, como nos traz Berticelli (2010) ao afirmar que

*O currículo é sempre proposta de experiência do mundo. Por outro lado, ele é experiência do mundo. É um tipo de experiência proposto aos educandos. O currículo é sempre uma complexa trama de mundos vividos e não de um só mundo, pois ele resulta de muitas experiências históricas e de projeto para o futuro de muitas histórias: as histórias dos educandos junto com as histórias dos educadores, no sentido mais amplo de compreensão possível. Assim, me*

*autorizo a dizer que o currículo é uma trama tecida de linguagens* (Berticelli, 2010, p. 73).

Com isso, o currículo se materializa na linguagem. É, portanto, um texto, um discurso que se constitui no pensamento educacional, nas normas, nas intenções, na filosofia, na ideologia, nos conteúdos de ciência e o que mais que possa estar nele incluído (Berticelli, 2010). A partir de sua natureza linguística, compreendê-lo significa interpretá-lo. Esta é nossa intenção com o presente artigo.

Como apresentamos acima, compreendemos o currículo além de “matrizes” e “grades” curriculares, além dos projetos políticos pedagógicos e além das ementas que o compõem. Entretanto, nosso esforço analítico foi o de compreender a partir dos textos que estes currículos nos disponibilizaram, as ementas, entendendo-os sempre como intencionalidades do real, sempre parciais e incompletos ao descreverem a prática curricular.

Nesta interpretação de textos, somos influenciados pela Fenomenologia, uma postura filosófica com uma visão de conhecimento e realidade na qual sujeito e objeto não são separados, mas estão ontologicamente unidos (Martins e Bicudo, 2006). É a busca de “dirigir-se para o fenômeno da experiência, para o dado, e procurar vê-lo da forma como ele se mostra na própria experiência em que é percebido” (Martins e Bicudo, 2006, p. 16). Nosso modo de perguntar nesta investigação é de estranhamento, é de dar-se conta do percebido e de espantar-se com o que percebemos. Assim, na Fenomenologia, perguntamos “o que é isto?” para ressaltar este dar-se conta de que percebeu o que lhe estranha, tanto que se torna um fenômeno a ser investigado. Neste artigo, questionamos ***O que é isto que se mostra: a Filosofia na formação de professores de Química em Minas Gerais?***

Restringimos nossa análise a cursos de Licenciatura em Química de Universidades Federais do Estado de Minas Gerais. Isto se justifica em função de que Minas Gerais é o Estado da federação com mais universidades federais.

Orientamos nossa investigação a partir do que Schulz (2014) chama de *Filosofia da Educação em Ciências*, o que será apresentado na segunda seção deste artigo. Na terceira seção, identificamos e mapeamos, utilizando o *software* Qgis,<sup>3</sup>

os cursos de Licenciatura em Química com componentes curriculares de interesse – Filosofia, Filosofia da Educação e Filosofia da Ciência. Na quarta seção, utilizamo-nos da Análise Textual Discursiva (ATD) para a análise dos textos das ementas desses componentes curriculares.<sup>4</sup> A Análise Textual Discursiva (Moraes e Galiuzzi, 2016; Sousa *et al.*, 2016; Sousa e Galiuzzi, 2016) assume os princípios fenomenológicos e hermenêuticos, exigindo a descrição detalhada do fenômeno para perceber como este se mostra. Nesse caminho, o exercício foi feito a partir dos significados das palavras intencionalmente escolhidas, permitindo movimentar-nos baseados em preconceitos com vistas a horizontes de compreensão ampliados para a construção do metatexto.

A ATD realizada partiu das ementas dos componentes curriculares de interesse, o *corpus* de análise. As ementas são constituídas, basicamente, de títulos de conteúdos a serem trabalhados nos componentes curriculares. Ao fragmentarmos este *corpus*, foi necessária a reescrita das unidades de significado, conforme dos orienta a metodologia de análise:

*(...) como na fragmentação sempre se tende a descontextualizar as ideias, é importante reescrever as unidades de modo que expressem com clareza os sentidos construídos a partir do contexto de sua produção. Isso implica incluir alguns elementos de unidades anteriores ou posteriores dentro da sequência do texto original. Isso se faz necessário, pois as unidades, quando levadas à categorização, estarão isoladas e é importante que seu sentido seja claro e fiel às vozes dos sujeitos da pesquisa* (Moraes e Galiuzzi, 2016, p. 41-42).

Assim, trabalhamos na análise com as unidades de significado reescritas com seus sentidos os mais completos possível, para que delas pudéssemos seguir para a categorização. A aproximação realizada foi a partir de categorias *a priori* que são explicitadas na seção dois (Tabela 1).

Na categorização inicial, as aproximações das unidades de significado nos levaram à elaboração de sínteses descritivas que possibilitam iniciar a construção do argumento em torno da categoria.

Tabela 1: Exemplo do processo de unitarização realizado nas ementas

Universidade	Componente Curricular	Ementa	Unidades de Significado
UFLA Lavras	<i>Filosofia da Educação</i>	Estudo de diversas correntes filosóficas que possibilitem a compreensão e a intervenção crítica e reflexiva no processo educativo.	UFLA.1.1. Estudo de correntes filosóficas que possibilitem a compreensão no processo educativo. UFLA.1.2. Estudo de correntes filosóficas que possibilitem a intervenção crítica no processo educativo. UFLA.1.3. Estudo de correntes filosóficas que possibilitem a intervenção reflexiva no processo educativo.

*Os sistemas de categorias correspondem a sínteses dos elementos que mais se destacam nos fenômenos investigados. Nesse sentido, constituem pontes para a realização de inferências dos textos aos contextos, dos materiais analisados para os fenômenos pesquisados. A concretização, cada vez mais elaborada, dessas inferências, aparecerá em forma de meta-textos descritivos e interpretativos, expressando as compreensões atingidas (Moraes e Galiuzzi, 2016, p. 112).*

Em um processo recursivo de aproximação, as categorias finais apresentam-se com um parágrafo-síntese (Tabela 2) que abre o metatexto de cada uma delas como mostrado na seção quatro.

O parágrafo-síntese orienta a percepção do investigador que busca fenomenologicamente escutar as palavras que dele emergem. Sobre isso, Sousa e Galiuzzi (2016, p. 50) afirmam que “Na ATD o sentido dado à palavra emergência é aquele da compreensão que surge durante o processo de análise que o pesquisador, como sujeito histórico, percebe, o que o leva a uma teoria antes não reconhecida, mas parte de suas pré-compreensões.” Essas palavras orientam o processo descritivo e interpretativo do metatexto, articulando-o com teóricos para a construção de argumentos na categoria em análise.<sup>5</sup>

Por fim, na quinta seção, apresentamos as considerações finais deste artigo.

## Sobre Uma Filosofia da Educação em Ciências

Schulz (2014) defende que a Educação em Ciências, tanto como investigação acadêmica quanto como campo de prática, requer internamente o desenvolvimento de uma *filosofia*, de modo a realizar suas mudanças como uma disciplina de pesquisa e de profissão. Para o autor, a Educação em Ciências se mostra pouco disposta a tratar de suas questões filosóficas. Muitos pesquisadores e professores estão mais interessados em aplicações práticas imediatas, porque a área tem sido associada ao treinamento de técnicas de ensino e de aprendizagem, com foco nas teorias fundamentadas na Psicologia.

Muitas das preocupações e dos questionamentos da comunidade de Educação em Ciências são intrinsecamente

filosóficas e perpassam a Filosofia da Educação e a Filosofia da Ciência. É por isso que, no livro *Rethinking Science Education: Philosophical Perspectives*, Schulz (2014) reivindica a posição, segundo ele ainda bastante negligenciada, da *Filosofia na/da Educação em Ciências*. Há, portanto,

*a necessidade de reexaminar e de pensar os problemas comuns do terreno científico educacional – associados com os objetivos (especialmente de alfabetização ou letramento científico), currículo, questões de aprendizagem, natureza da ciência e linguagem – a partir de perspectivas filosóficas estimulantes, com a intenção de prover soluções oferecendo novas ideias, novos caminhos de pesquisa (Schulz, 2014, p. 17).*

O autor fundamentou uma *Filosofia da Educação em Ciências* (FEC) estruturada pela intersecção ou integração de três campos acadêmicos: Filosofia, Filosofia da Educação e Filosofia/História da Ciência (Figura 1). A organização gráfica apresentada possibilita a professores e pesquisadores uma estrutura holística para vincularem suas análises específicas.

Em sua construção em direção a uma FEC, Schulz argumenta que as questões filosóficas envolvendo tanto a educação quanto a ciência estão no centro da Educação em Ciências, uma vez que o papel profissional do professor tem sido cocriar, orientar e avaliar os documentos oficiais de ensino de Ciências, pois essas tarefas requerem a mistura de aspectos da Filosofia da Educação e da Filosofia da Ciência. A intenção é aperfeiçoar a Educação em Ciências como um campo de pesquisa e ajudar professores a ampliarem suas estruturas teóricas e melhorarem suas práticas (Schulz, 2014).

Gois (2017) aponta a importância de uma aproximação entre a Filosofia e o ensino de Ciências, e ressalta que esta aproximação possibilita melhor compreensão de elementos fronteiriços nestas duas áreas. Assim, o autor nomeia esta fronteira de *Filosofia do Ensino de Ciências*, segundo ele “um campo que ainda não existe, nem mesmo como linha de pesquisa de uma área” (Gois, 2017, p. 24). O autor complementa que uma Filosofia do Ensino de Ciências<sup>6</sup> nos auxilia, enquanto comunidade de Educação em Ciências, a delimitar de modo mais seguro os pressupostos filosóficos orientadores das metodologias e dos objetivos de pesquisa.

Tabela 2: Exemplo do processo de categorização intermediária e elaboração de parágrafo-síntese

Categorização Intermediária	Unidades de Significado	Parágrafo-síntese
A – A compreensão do processo educativo; A – A organização do currículo escolar faz parte dos estudos filosóficos sobre educação; A – Os saberes necessários à prática docente fazem parte dos estudos filosóficos sobre educação	UFLA.1.1.; UFOP.1.4.; UFOP.1.5.; UNIFAL.1.2.	A Filosofia da Educação visa compreender o processo educativo, desde os saberes necessários à prática docente até a organização do currículo escolar.

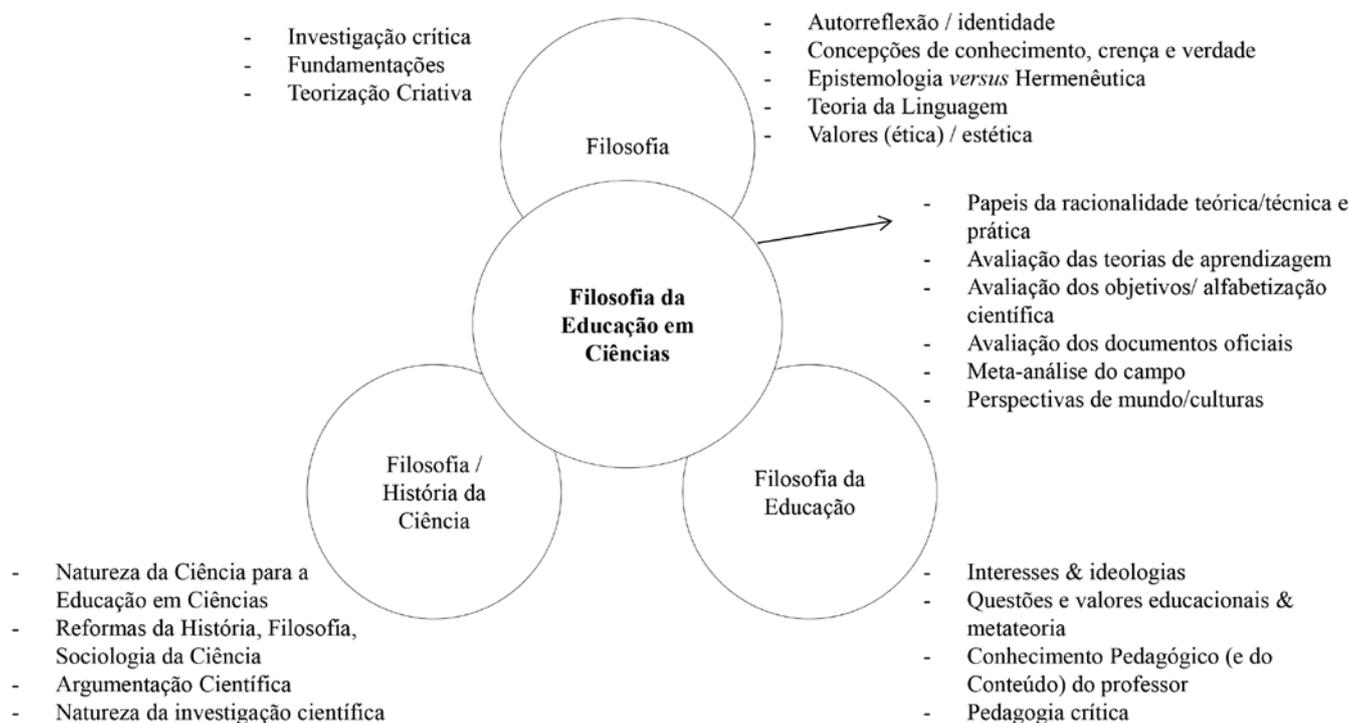


Figura 1: Estrutura da Filosofia da Educação em Ciências. Traduzido e adaptado de Schulz (2014, p. 13).

Schulz (2014) aposta que a Filosofia da Educação em Ciências possa servir como um fórum acadêmico de debate acerca dos objetivos fundamentais, dos critérios de seleção de conteúdo e de críticas às epistemologias dos métodos de pesquisa, das teorias de aprendizagem e das estratégias instrucionais na Educação em Ciências. Também deve ajudar a esclarecer a relação entre as teorias educacionais e a própria Filosofia, que tem suas próprias preocupações. Dentro do escopo da Filosofia da Educação em Ciências, o autor destaca:

*i. objetivos da educação em ciências; ii. desenvolvimento/análise de metateorias educacionais para a educação em ciências; iii. a natureza da ciência adequada para a educação em ciências; iv. a aprendizagem da natureza da ciência (a crítica a teorias de aprendizagem); v. ensino e avaliação da natureza da ciência; vi. a ideologia da natureza e o interesse no currículo; critério para seleção de conteúdos; vii. natureza da linguagem no currículo, ensino e aprendizagem; viii. a relação da alfabetização científica e os objetivos da educação para as questões sócio-tecnológicas; e ix. a relação da ciência e da educação em ciências às visões de mundo e às culturas (Schulz, 2014, p. 52).*

Schulz (2010; 2014) reconhece, antes mesmo de Gois (2017), que esses tópicos não têm sido abordados na formação de profissionais da Educação em Ciências. Seu aparecimento é esporádico e disperso em periódicos científicos e livros.

Pela ausência de uma organização acadêmica em torno da

Filosofia da Educação em Ciências apontada por estes autores, neste artigo, baseamo-nos nos componentes curriculares que a integram – Filosofia, Filosofia da Educação e Filosofia da Ciência. Buscamos compreender melhor a formação filosófica em cursos de Licenciatura em Química e a integração entre esses componentes curriculares. Esse esforço teórico constitui, portanto, um exercício de identificar, descrever e interpretar textos que repercutem na formação filosófica de professores de Química, como faremos a seguir.

### **Mapeamento de Componentes Curriculares Vinculados à Filosofia em Cursos de Licenciatura em Química em Minas Gerais**

Minas Gerais é o Estado brasileiro que possui o maior número de universidades públicas.<sup>7</sup> São onze Universidades Federais no Estado de Minas Gerais, totalizando trinta *campi* universitários espalhados em diversos municípios no território mineiro. Todas as universidades federais de Minas Gerais possuem cursos de formação de professores de Química, nomeados de “Licenciatura em Química” ou “Química Licenciatura”. A oferta de cursos de formação de professores de Química são nas modalidades presencial ou à distância, em 23 *campi*.

As datas de implantação dos Projetos Políticos Pedagógicos (PPP) – também chamados de Projetos Pedagógicos de Curso (PPC) – variam de 2008, na UNIFAL de Alfenas, a 2016, na UFV de Viçosa. Muitos dos cursos identificados não possuem seus PPC’s disponíveis em seus sítios eletrônicos institucionais.<sup>8</sup>

Os componentes curriculares de nosso interesse foram aqueles que tinham explicitamente em seus nomes a palavra

“filosofia”, “filosófico”, “filosófica” e seus respectivos plurais quando identificadas em suas grades curriculares, PPC’s ou sítios eletrônicos das UF’s de Minas Gerais. A esses componentes curriculares de interesse adicionamos aqueles cujo títulos teria alguma vinculação com “Fundamentos da Educação”. Isto porque, com a cientificização da Pedagogia a partir do século XVIII, o campo da educação englobou algumas áreas das ciências humanas, tais como a História, a Psicologia, a Sociologia e a Filosofia na ampla designação de *fundamentos da educação* (Hermann, 2015). Isso repercutiu tanto nos cursos de Pedagogia quanto nas Licenciaturas no Brasil, nos quais se considera a Filosofia da Educação uma disciplina da área de “fundamentos da educação” (Gallo, 2007). Assim, incluímos esse componente curricular na análise.

Apenas dez dos vinte e três cursos de formação de professores de Química, distribuídos em sete UF’s de Minas Gerais, ofertam componentes curriculares de Filosofia, Filosofia da Ciência, Filosofia da Educação ou Fundamentos da Educação, em treze componentes curriculares com esses critérios, conforme mostra a Figura 2.

Na Tabela 3, agrupamos os componentes curriculares de acordo com os eixos da Filosofia da Educação em Ciências. São dois em Filosofia, sete em Filosofia da Educação e dois em Filosofia da Ciência.

Outros dois componentes curriculares estão nomeados como “Aspectos Filosóficos e Sócio-Antropológicos” e “Filosofia e Metodologia das Ciências” dos cursos de Química Licenciatura da UFVJM de Diamantina e da UNIFAL de Alfenas, respectivamente. Eles não se vinculam diretamente aos eixos da FEC, mas se posicionam na interface deles.

Dos três campos de nossa investigação, destaca-se a Filosofia da Educação. Após a identificação dos componentes curriculares, percebe-se que, quantitativamente, os cursos de Licenciatura das Universidades Federais em Minas Gerais dão pouca ênfase aos aspectos filosóficos, uma vez que apenas em dez dos vinte e três cursos foram encontrados componentes curriculares com os critérios estabelecidos. Esses componentes curriculares enfatizam a Filosofia da Educação em detrimento da Filosofia da Ciência e da Filosofia em geral.

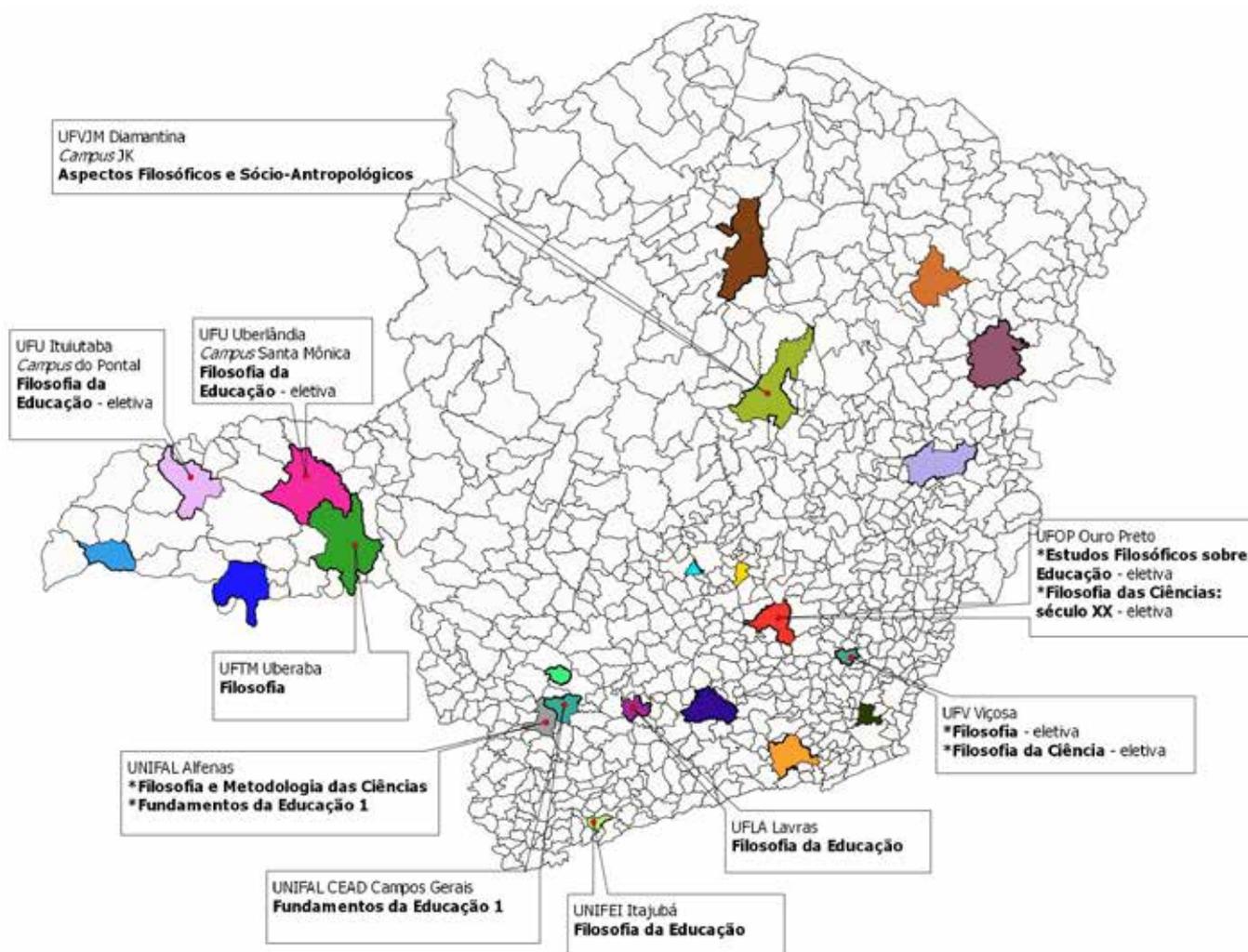


Figura 2: Identificação dos componentes curriculares em Filosofia, Filosofia da Educação, Filosofia da Ciência ou Fundamentos da Educação nos cursos de Licenciatura em Química dos Campi Universitários Federais em Minas Gerais em 2017.

Tabela 3: Componentes curriculares nos eixos da Filosofia da Educação em Ciências identificados nos cursos de Licenciatura em Química de UF's de Minas Gerais em 2017

Eixos da FEC	Componente Curricular	Universidade
Filosofia	Filosofia	UFTM – Uberaba
	Filosofia	UFV – Viçosa
Filosofia da Educação	Filosofia da Educação	UFU – Uberlândia
	Filosofia da Educação	UFU – Ituiutaba
	Filosofia da Educação	UNIFEI – Itajubá
	Filosofia da Educação	UFLA – Lavras
	Fundamentos de Educação	UNIFAL – Alfenas
	Fundamentos de Educação	UNIFAL – Campos Gerais
	Estudos Filosóficos sobre Educação	UFOP – Ouro Preto
Filosofia da Ciência	Filosofia da Ciência	UFV – Viçosa
	Filosofia das Ciências: Século XX	UFOP – Ouro Preto

### Uma Análise a Partir dos Eixos da Filosofia da Educação em Ciências na Formação de Professores de Química

Nesta seção, apresentamos o metatexto produzido a partir da análise das ementas dos componentes curriculares vinculados à Filosofia nas Licenciaturas em Química de universidades federais em Minas Gerais por meio da Análise Textual Discursiva (Moraes e Galiuzzi, 2016). Utilizamos-nos de categorias *a priori*, provenientes dos eixos que compõem a Filosofia da Educação em Ciências, a saber: Filosofia, Filosofia da Ciência e Filosofia da Educação (Schulz, 2014). Elas nos fizeram perceber emergências teóricas textualizadas a seguir.

#### A Filosofia na Formação de Professores de Química: A Vinculação à Metodologia Científica como modo de Compreender o Homem e a Sociedade

Da análise sobre a ocorrência das expressões *filosofia* e *filosófico(a)* nas ementas dos componentes curriculares foi possível elaborarmos a síntese descritiva apresentada a seguir: A Filosofia nos componentes curriculares analisados apresenta pressupostos que permitem questionar a produção do homem, seus aspectos sociais e culturais, objetivando compreender e explicar as estruturas da sociedade ao estudar historicamente a sociologia e a antropologia. Além disso, a Filosofia nos componentes curriculares analisados se mostrou vinculada à epistemologia e à metodologia das ciências nos diferentes tipos de projetos de pesquisa, aproximando-se também de métodos científicos. A Filosofia que se mostra examina as Ciências e contribui para o desenvolvimento de suas estruturas teóricas, preocupada em estudar a metodologia científica, uma vez que é por meio de tal metodologia que as descobertas das Ciências são estruturadas, teorizadas e disseminadas na academia e, posteriormente, na sociedade.

A formação universitária do professor de Química com os componentes curriculares vinculados à Filosofia busca se

afastar do que Severino (2006, p. 91) chama de uma educação superior “como apenas um aparelhamento técnico para o exercício de operações funcionais na sofisticada engrenagem tecnológica da produção”. Tratar a Filosofia em cursos de formação de professores de Química é colocar-se na contracorrente. Muitos gestores e teóricos da educação superior compreendem a modernização da universidade alicerçada na transmissão de uma preparação técnico-operacional para inserção na cadeia de produção (Severino, 2006).

Da análise realizada, mostrou-se que a Filosofia nos cursos de Licenciatura analisados tem se dedicado a estudar a origem das Ciências, com ênfase em sua própria história, bem como na origem histórica da Sociologia e da Antropologia (UNIFAL.1.3. *A filosofia vinculada à metodologia das ciências trata da história da ciência*; UFVJM.1.2. *A filosofia com um tratamento sócio-antropológico aborda a origem da filosofia*; UFVJM.1.3. *A filosofia com um tratamento sócio-antropológico aborda a origem histórica das ciências*; UFVJM.1.4. *A filosofia com um tratamento sócio-antropológico aborda a origem histórica da antropologia*; UFVJM.1.5. *A filosofia com um tratamento sócio-antropológico aborda a origem histórica da sociologia*.)

Algumas unidades de significado mostraram que, ao estudar a origem histórica das Ciências, a Filosofia encontra conjecturas que lhe permitem questionar a produção do homem em suas concepções sociais e culturais (UFV.1.1. *A filosofia trata da produção do homem*; UFTM.1.2. *A filosofia aborda dimensões humanas*; UFTM.1.3. *A filosofia trata da cultura humana*; UFTM.1.4. *A filosofia trata da natureza humana*). A Filosofia busca entender as estruturas da sociedade questionando a natureza humana, sua produção, sua cultura e seus relacionamentos sociais.

Ao levarmos em conta que a Filosofia trata do desenvolvimento do homem e da sociedade, torna-se indispensável a inserção de elementos filosóficos nos cursos universitários, não só nas licenciaturas, mas em todas as esferas da formação social e profissional. As instituições de ensino superior precisam se

preocupar com a formação filosófica dos estudantes de todas as áreas, pois a formação filosófica retoma aspectos e dimensões estruturantes relacionadas com as tradições históricas, que servem como mediação fundamental para sua existência, seja com o conhecimento ou com o seu próprio existir histórico. Ao defender a ideia de que a natureza dessa formação é necessária ao perfil de qualquer profissional, independentemente de seu campo de atuação na sociedade, Severino (2006) se refere não à formação específica restrita a uma área, mas à formação humana. A formação apenas técnica tem se fortalecido devido aos poderosos avanços tecnológicos da informática. A força dessa formação é nutrida pelo capitalismo, sistema econômico em que cada indivíduo se preocupa com o desenvolvimento de si e não com o desenvolvimento social. Esses fatores interferem diretamente na formação universitária, levando a academia a formar indivíduos fortes em competir e fracos em pensar as questões sociais e científicas que os rodeiam. Percebemos, então, o primeiro grande impacto da falta de uma formação filosófica nas universidades. As instituições que deveriam se preocupar em formar sujeitos pensantes abrem espaço para uma formação apenas de caráter técnico e universalizada (Severino, 2006).

406

Não se trata de menosprezar a formação técnico-científica: ela é necessária, porém é preciso ir além das técnicas de transmissão e reprodução do conhecimento. É fundamental pensar, refletir e questionar os métodos e os meios de produção. Em sua prática, o educador atua como pessoa inteira e não apenas como técnico e, por isso, Röhr (2015) entende que é preciso, ao lado da formação profissional do educador, uma formação humana que o habilite a lidar com as questões da vida humana.

Em decorrência da dificuldade de escolher ou traduzir conteúdos de Filosofia a serem ensinados, Severino (2006) discorda da ideia de que a aprendizagem da Filosofia ocorre numa interação de transversalidade, em que os aprendizes irão despertar a capacidade de reflexão à medida que forem exercitando o conhecimento científico de outras áreas. Para o autor, a capacidade de reflexão dos sujeitos sem uma intervenção filosófica, na maioria das vezes, não é despertada. A atribuição de componentes curriculares de Filosofia no currículo de formação de professores, juntamente com componentes do campo técnico científico na grade curricular dos cursos de graduação, possibilita aos estudantes uma formação técnico-científica com a capacidade de refletir ao mesmo tempo sobre esta formação, sobre a técnica e sobre a ciência, sua natureza e sua construção (UFV.1.2. *A filosofia trata da produção do conhecimento*; UFV.1.3. *A filosofia trata da evolução do conhecimento*; UFV.1.4. *A filosofia trata da aquisição do conhecimento*).

A discussão em torno da natureza e da metodologia da ciência são reforçadas nas ementas (UNIFAL.1.4. *A filosofia vinculada à metodologia das ciências trata do conhecimento científico*; UNIFAL.1.5. *A filosofia vinculada à metodologia das ciências trata do método científico*; UNIFAL.1.6. *A*

*filosofia vinculada à metodologia das ciências se ocupa de diferentes tipos de pesquisa*; UFV.2.3. *A filosofia das ciências trata de metodologias modernas vinculadas às ciências e à epistemologia*). As ementas ressaltam o vínculo da Filosofia à epistemologia. A Filosofia vincula-se à epistemologia no tratamento de metodologias modernas ligadas aos diferentes tipos de pesquisa. A epistemologia, área da Filosofia que se preocupa em descrever e verificar a natureza das teorias científicas conhecidas e a produção de novos conhecimentos científicos, apresentou-se nos componentes curriculares analisados vinculada à Filosofia em seu modo de questionar os métodos científicos empregados nas pesquisas científicas, como também as metodologias usadas para a produção do conhecimento científico. Questionar os métodos científicos é contribuir para o desenvolvimento das estruturas teóricas da ciência. As produções humanas, de modo geral, são ampliadas à medida que o ser humano questiona suas práticas. Um simples questionamento é, na verdade, central para a ampliação ou superação do já existente.

Nesta categoria, foi possível compreender que a Filosofia se torna uma reivindicação no que diz respeito às questões científicas, sociais e culturais, pois, sem as interrogações filosóficas, o sujeito tende a perpetuar o estabelecido e o vigente, e pouco compreende a si próprio. Inserir a Filosofia como componente curricular dos cursos de licenciatura em Química, além de apostar em uma formação humana do professor, tende a propagá-la. Essa formação humana perpassa o processo de autocompreensão de si a partir das tradições históricas que o constituem. O questionamento fomentado pela Filosofia é indispensável para ampliar ou superar os caminhos metodológicos trilhados pela ciência, possibilitando um afastamento do paradigma que coloca a ciência como imutável.

Na categoria a seguir, focalizamos a vinculação da Filosofia da Ciência à Epistemologia. Apresentaremos como isso repercute na Educação em Ciências e na formação de professores de Química.

### **A Filosofia da Ciência na Formação de Professores de Química se Vincula à Epistemologia**

Outra categoria analítica percebida foi a que apresenta a ideia de que “A Filosofia da Ciência na Formação de Professores de Química se vincula à Epistemologia”. Dessa categoria foi possível elaborarmos a seguinte síntese: Os componentes curriculares analisados mostraram que a Filosofia da Ciência aborda a sociedade; as relações sociais; a ética; a política e a educação na ciência, investigando os argumentos que os vinculam à Epistemologia. Assim, a Filosofia da Ciência se aprofunda no estudo das Ciências e da Epistemologia.

As unidades de significado UFV.2.1. e UFV.2.2. mostraram que *a Filosofia da Ciência aborda as Ciências e a Epistemologia* (UFV.2.1. *A filosofia da ciência trata de epistemologia*; UFV.2.2. *A filosofia da ciência trata das ciências*). A Filosofia da Ciência estuda as Ciências e a Epistemologia,

visando a sustentação de argumentos que lhe permitam vinculá-las às questões da sociedade, relações sociais, ética, política e educação (UFV.2.4. A filosofia da ciência trata de relações sociais vinculadas às ciências e à epistemologia; UFV.2.5. A filosofia da ciência trata do campo político vinculado às ciências e à epistemologia; UFV.2.6. A filosofia da ciência trata da ética vinculada às ciências e à epistemologia; UFV.2.7. A filosofia da ciência trata da sociedade vinculada às ciências e à epistemologia; UFV.2.8. A filosofia da ciência aborda a epistemologia e a educação). Assim, a partir da vinculação da Filosofia da Ciência com a Epistemologia, evidenciada pelas unidades de significado, podemos questionar: O que é Epistemologia? Qual é a relação da Epistemologia com a Filosofia da Ciência?

Com o objetivo de encontrarmos respostas que satisfaçam nossa interrogação, encontramos que

*A palavra epistemologia deriva do grego, epis-téme, ciência, verdade; logos, estudo, discurso, portanto, a epistemologia, no seu sentido etimológico, significa estudo ou discurso sobre a ciência ou sobre a verdade. Mas é um estudo essencialmente crítico dos princípios, das hipóteses e dos resultados das diversas ciências já constituídas e que se destina a determinar os fundamentos lógicos, o valor e o alcance objetivo delas (Ramos, 2008, p. 15).*

Ramos (2008) afirma que a Epistemologia trata da gênese, do desenvolvimento, da articulação e da estruturação da ciência. A Epistemologia é entendida como o discurso sobre a ciência moderna. O autor define a Epistemologia como busca por um metaconhecimento científico, da qual emergem questões de como tal conhecimento acontece, qual o valor desse conhecimento e quais seus fundamentos lógicos. Todavia, essa tomada de consciência acontece sob uma perspectiva histórica. Para efetivar o discurso sobre a Ciência moderna é necessário estabelecê-la no tempo e na conjuntura das realizações humanas, que são historicamente determinadas.

Para Schulz (2014), a Epistemologia é:

*O ramo da filosofia que estuda a natureza do conhecimento, seu escopo, fundamentos e validade; trata das teorias do conhecimento, das distinções entre acreditar e conhecer e justificar. A epistemologia científica preocupa-se em descrever e verificar a natureza do corpo de fatos e teorias científicas conhecidas (grau de certeza) e a produção de novos conhecimentos (ou seja, a investigação científica) (Schulz, 2014, p. 1265).*

Dutra (2010) entende a Epistemologia como o termo mais utilizado para se referir à teoria do conhecimento. Ao partir das literaturas inglesa e francesa, o autor descreve a Epistemologia

*como, epistemology, em inglês, e épistémologie, em francês. No caso do francês, o termo era empregado com mais frequência para se referir à filosofia da ciência, mas, hoje, com a influência da literatura filosófica de língua inglesa, a tendência é, como em português, que o termo se refira a teoria do conhecimento (Dutra, 2010, p. 9).*

Percebemos que a Epistemologia pode ser vista como teoria do conhecimento e como Filosofia da Ciência; porém, há uma diferenciação nas atribuições e no uso desses termos. A Epistemologia é mostrada como teoria do conhecimento quando se refere à área da Filosofia que aborda a familiaridade existente entre sujeito cognoscente e o objeto conhecido, e as questões levantadas por esta familiaridade. O dicionário de filosofia de Abbagnano (2012) apresenta a palavra “Epistemologia” – no inglês *Epistemology*; francês *Épistémologie*; alemão *Epistemologie*; italiano *Epistemologia* – como um termo de origem grega com duas acepções: i. como sinônimo de gnosiologia ou de teoria do conhecimento; ii. como sinônimo de Filosofia da Ciência. Ambos os significados estão proximamente interligados, “pois o problema do conhecimento, na filosofia moderna e contemporânea, se entrelaça (e às vezes se confunde) com o da ciência” (Abbagnano, 2012, p. 392). Em seguida, como complementação ao conceito de epistemologia, é indicado “ver Teoria do Conhecimento”.

Em busca pelo significado apresentado para “Teoria do Conhecimento”, verificamos em Abbagnano (2012) que a Epistemologia tem diferentes termos em línguas distintas. Em Inglês, utiliza-se o termo *Epistemology*, introduzido por J. F. Ferrier em 1854 e, raramente, *gnoseology*. Em Francês, o termo mais comumente utilizado é *Gnoseologie* e, raramente, *Epistémologie*. Em Italiano, utiliza-se *Teoria della conoscenza*, *Gnoseologie*, *Epistemologia*. Em Alemão, o termo *Gnoseologie* fez pouco sucesso, enquanto o termo *Erkenntnistheorie*, usado pelo kantiano Reinhold em 1789, teve aceitação geral.

A Epistemologia enquanto teoria do conhecimento se preocupa com o estudo da realidade das coisas, já a Epistemologia vinculada à Filosofia da Ciência se apresenta como crítica interna de uma ciência visando seu progresso e sua evolução. Esta acepção, por sua vez, está centralizada na própria ciência e, conforme aponta Ramos (2008), tem um caráter de teoria ou filosofia da ciência.

Em vez de nomear a Epistemologia de teoria do conhecimento, Nouvel (2013) a denomina de “filosofia do conhecimento”. Esse autor, porém, não descarta a possibilidade de que haja um aparentamento entre teoria do conhecimento e filosofia do conhecimento. Contudo, denuncia um afastamento da filosofia das ciências em relação à epistemologia.

Diante disso, percebemos que as discussões no âmbito da Epistemologia são plurais no que diz respeito ao uso do termo. Como apresentamos até aqui, alguns autores a tratam como “Teoria do Conhecimento” ou “Filosofia do Conhecimento”,

outros a classificam como “Filosofia da Ciência” ou, ainda, “Filosofia da Ciência *stricto sensu*”. Não temos a pretensão de decidir este impasse. Nossa pretensão esteve em perseguir a palavra *epistemologia* em diferentes acepções, até que percebêssemos sua vinculação à Filosofia da Ciência nas ementas dos componentes curriculares analisados. Percebemos que essas disputas conceituais não têm sido objeto de interesse desses componentes curriculares em cursos de Licenciatura em Química, uma vez que as unidades de significado apresentam a Epistemologia vinculada à Filosofia da Ciência.

Nessa busca, encontramos uma discussão em torno dos limites da Epistemologia apontado por Ramos (2008): discute-se se ela sozinha pode dar conta de analisar criticamente o conhecimento e o progresso das Ciências. O autor conclui que “a Epistemologia necessita da Hermenêutica para lhe auxiliar. Ao trabalharem juntas, a Epistemologia contribuirá para a explicação e a Hermenêutica contribuirá para a compreensão” (2008, p. 29-30).

Para Ramos, a “Hermenêutica é uma tentativa de compreender o que são as Ciências humanas e as suas conexões com a totalidade de nossa experiência no mundo” (2008, p. 29). Assim, sugere que a Epistemologia caminhe lado a lado da Hermenêutica. A Epistemologia explica e a Hermenêutica compreende. Bombassaro (1992) destaca que as proposições plausíveis de que a Epistemologia pode ser complementada pela Hermenêutica derivam dos filósofos Karl-Otto Apel e Richard Rorty. Reconhecendo a dificuldade em falar numa complementaridade entre Epistemologia e Hermenêutica, ambos os filósofos afirmam que através da Epistemologia só é possível dar conta dos elementos normativos e metodológicos do conhecimento. Ao analisar a visão de Rorty de que há uma necessidade de repartição de cultura entre Epistemologia e Hermenêutica, na qual a primeira ficaria com a parte cognitiva e a segunda se encarregaria do restante, Bombassaro (1992) interpreta que a Epistemologia deveria ocupar-se com a racionalidade e a Hermenêutica com a historicidade. A diferenciação entre Epistemologia e Hermenêutica está centrada na diferença entre explicação e compreensão; porém, Apel entende que essa distinção não pode ser sustentada, uma vez que a compreensão (Hermenêutica) sempre se faz presente na elaboração da explicação (Epistemologia). Assim, Bombassaro (1992) acrescenta que, quando se trata do conhecimento retratado em proposições e enunciados, a compreensão somente aparece quando ocorre a explicação.

Os debates em torno da mudança da Epistemologia para a Hermenêutica estão mais bem explicitados em Schulz (2014), e fogem ao escopo desta categoria de análise. Inspirados por esse autor, Sousa e Galiuzzi (2017) trataram, especificamente, das contribuições da hermenêutica filosófica para a formação de professores de Química. Os autores destacam as limitações históricas, dialógicas, estéticas e de escrita na formação de professores de Química, categorias essas inspiradas na hermenêutica gadameriana.

A reivindicação de Sousa e Galiuzzi (2017), específica para a formação de professores de Química, constitui uma alternativa às críticas colocadas por Ramos (2008). Este aponta que os conhecimentos científicos são muitas vezes recortados, fragmentados e descontextualizados por conta da sobrecarga de trabalho dos professores de Ciências. Desse modo, o conhecimento científico acaba sendo transmitido sem levar em consideração a historicidade e o processo de construção da ciência.

Para Schulz (2014), apesar de os professores de Ciências tradicionalmente se empenharem em apenas transmitir com precisão e exatidão o conhecimento científico canônico representado nos livros didáticos, questionar esse modo de ensinar Ciências é o começo para tornar o ensino humanizado. Esse autor destaca que não deve ser o objetivo do professor esperar que os alunos saibam apenas reproduzir tal conceito, tampouco esperar ouvir de seus alunos afirmações sobre crer naquilo que o livro apresenta, pois ensinar Ciências vai além da mera reprodução do conhecimento científico e transpassa a crença e as afirmações sobre conhecer ou não conceitos. Ensinar Ciências consiste em traçar caminhos que levem os alunos a trilharem pelo campo da compreensão por meio da explicação e vice versa. O ensino de Ciências não pode girar em torno de uma mudança de crenças ou dogmas, mas da compreensão.

Nessa passagem pelo debate em torno dos limites da Epistemologia protagonizados pela Hermenêutica, parece-nos restrita, nas ementas analisadas, a abordagem da Filosofia da Ciência na formação de professores de Química. Ao tratar apenas da perspectiva epistemológica na formação de professores de Química, há um reforço ao caráter *a-histórico* da ciência e seu ensino. A Hermenêutica traz para si a reivindicação das tradições históricas, possibilitando ao professor de Química compreender(-se) historicamente (n)a Química e perceber sua função de tradutor-intérprete dessas tradições nos contextos educativos (Sousa e Galiuzzi, 2018).

Outras discussões possíveis, que se articulam à Filosofia da Ciência e que poderiam contribuir para a formação de professores de Química, envolvem a Filosofia da Química (Erduran, 2001; Lemes e Porto, 2013; Ribeiro, 2014) e a Filosofia da Ciência Hermenêutica (Ginev, 1997; Babich, 2016). Entretanto, não houve qualquer menção a essas subdisciplinas nos componentes curriculares investigados, contribuindo para uma elaboração ainda mais restrita dos questionamentos filosóficos à Ciência e à Química.

### **A Filosofia da Educação na Formação de Professores de Química: entre Crises de Autoridade e Possibilidades Educativas**

Sobre essa categoria, sintetizamos: Os componentes curriculares de Filosofia da Educação e Fundamentos da Educação dos cursos de formação de professores de Química em Minas Gerais mostraram que a Filosofia da Educação questiona a crise de autoridade na educação e a crise do conhecimento. A crise de autoridade na educação abre caminho para a crise

do conhecimento, e esses problemas, juntos, desencadeiam uma crise na educação. A fim de compreendê-los, a Filosofia da Educação busca compreender o processo educativo desde os saberes necessários à prática docente até a organização do currículo escolar. Tanto a crise de autoridade quanto a crise do conhecimento são consequências do processo de ensino vivenciado pelos alunos e professores.

Iniciaremos com uma incursão por alguns momentos históricos pelos quais a Filosofia e a Educação constituíram uma Filosofia da Educação. Faremos essa incursão de modo a compreendermos como essa Filosofia da Educação começou a fazer parte de cursos de formação de professores e para articularmos as ideias que estão apresentadas na síntese desta seção.

A história da Filosofia nos coloca que a Educação sempre foi um seus objetos de reflexão. Essa relação nasce com a Filosofia, enquanto preocupação com a formação do homem. A expressão *paideia* está vinculada à história grega, com a qual se buscou a formação de um elevado tipo de Homem. Historicamente, filósofos que se dedicaram à educação a compreendem como processo de formação. Por isso, eles podem ser considerados iniciadores do discurso sobre educação (Tomazetti, 2003).

Tomazetti (2003) argumenta que a ideia do filósofo preceptor antecedeu a escola primária, instituída no século XVIII pela Revolução Francesa. No século XVIII, surge a discussão da Pedagogia como disciplina científica, sua colocação como ciência e sua relação com a Filosofia. A Pedagogia como uma nova ciência da educação apareceu na Alemanha, em torno de 1770 (Hermann, 2015). Com o processo de escolarização, o pensamento sobre educação passou a envolver, além de uma reflexão sobre o homem, também sobre a escolarização. Na Alemanha, a criação da disciplina Pedagogia, na Universidade Halle/Saale, em 1779, marca o começo da separação institucional entre a Pedagogia e a Filosofia (Hermann, 2015). Na França, a filosofia da Educação esteve associada à Pedagogia geral até o início do século XX (Tomazetti, 2003).

*Essa separação não só marca o início de um processo de emancipação, mas também, nas próximas décadas, assinala a crescente retirada da filosofia da tematização de questões educativas. Com esse recuo, a educação tem cada vez mais seu campo definido pelas ciências e pela crescente penetração dos procedimentos considerados próprios da ciência. Isso acarretou o predomínio do cientificismo na pedagogia, a ponto de causar estranheza o fato de uma investigação que não fosse empírica (Hermann, 2015, p. 220).*

Podemos interpretar este cientificismo a partir do que Schulz (2014) entende pela palavra. Para ele, o cientificismo se trata de uma visão de mundo excludente e hegemônica, que afirma que cada questão de visão de mundo pode ser mais bem respondida exclusivamente pelos métodos da ciência, e que não

há necessidade de outros recursos além dela. Isso é corroborado pelo contexto histórico em que se estabelece o modelo de racionalidade que regula a ciência moderna.

Esse modelo se constituiu a partir do século XVI e subsequentes, sob o domínio das ciências naturais, sendo estendido às ciências sociais a partir do século XIX. Estabelece-se, então, como um modelo totalitário, ao negar o caráter racional daquelas formas de conhecimento que não se pautarem por seus fundamentos epistemológicos e metodológicos (Santos, 2010). Há uma crise nesse paradigma dominante, resultado de uma pluralidade de condições. Como exemplo, Santos destaca a identificação dos limites e das insuficiências estruturais deste paradigma, resultantes do avanço do conhecimento por ele mesmo proporcionado, deixando expostas as fragilidades de seus pilares. Outra condição para a crise desse paradigma está na interferência estrutural do sujeito no objeto observado. Santos (2010) exemplifica ainda o abalo do rigor da medição, ou seja, o rigor da Matemática posto à prova pela mecânica quântica. Em certas circunstâncias, há a impossibilidade de encontrar em um sistema formal a prova de sua consistência, mesmo ao seguir exatamente as regras da lógica matemática. Essas são algumas das condições teóricas colocadas pelo autor para a crise da ciência moderna e do conhecimento por ela proporcionado que nos remetem à unidade de significado UFOP.1.3 (*UFOP.1.3. Os estudos filosóficos sobre educação envolvem a crise do conhecimento*). Uma Filosofia da Educação na formação de professores de Química que apresente as condições dessa crise do paradigma dominante, que questione o processo de produção do conhecimento, sua aquisição e sua evolução, estará articulada com a ampliação do conhecimento para além do hegemônico.

Hermann (2015) mostra que no currículo dos cursos de formação de professores há uma crescente fragmentação do objeto pedagógico, tanto que acabamos por confundir educação com qualificação profissional utilitarista. Com o efetivo recuo da Filosofia pelo avanço da Pedagogia no século XX, a primeira se autonomiza, e acaba por imitar as Ciências Naturais, focalizando a alta especialização, desvinculando-se da tradição e distanciando-se de pensar a educação.

A partir do *corpus* de análise, mostra-se que a Filosofia da Educação tratada em cursos de Licenciatura em Química em Minas Gerais se preocupa em estudar a crise de autoridade na educação (*UFOP.1.2. Os estudos filosóficos sobre educação envolvem a crise de autoridade e a educação*). Evidencia-se que a crise de autoridade na educação juntamente com a crise do conhecimento levam a uma crise na educação. Assim, mostra-se como potencialidade dessa categoria entendermos o que vem a ser essa autoridade da educação, provocada pela crise do conhecimento que desemboca numa crise da educação.

Winch e Gingell (2007) apresentam o conceito de autoridade dividindo-o em dois tipos: *estar com* a autoridade e *ser* uma autoridade. No caso do primeiro, a autoridade corresponde a ter o direito e estar autorizado a fazer com que as vontades próprias

sejam atendidas. No segundo, trata-se de possuir conhecimento no qual se pode confiar. Na tradição educacional, os educadores são considerados autoridades em ambos os sentidos. Entretanto, recentemente, a autoridade dos professores, em geral, passou a ser questionada. Este questionar partiu, principalmente, de educadores progressistas que destacam os danos psicológicos e pedagógicos em função de uma imposição ostensiva das vontades de uma pessoa sobre a outra. Eles defendem, assim, a mudança do papel dos professores para um modelo não autoritário, para o professor como um “facilitador da aprendizagem”.

A rejeição à autoridade na educação tem raízes em Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), que compreendia que a frustração, a oposição e o impedimento recorrentes à vontade do aluno teriam efeitos psicológicos danosos. Por outro lado, Rousseau não descartava a autoridade no processo educativo, pois acreditava que o poder da autoridade do professor deveria ser exercido sem o conhecimento da criança (Winch e Gingell, 2007).

Há dois argumentos em torno da negação da autoridade na educação: o primeiro vincula o ensino com autoridade à doutrinação; o segundo admite que a autoridade viola a autonomia do aluno. De acordo com o primeiro argumento, não há possibilidade de questionamento das informações, já que elas se apresentam como verdadeiras e irrefutáveis. A violação da autonomia do aluno pela autoridade provoca a desarticulação do objetivo educacional de possibilitar aos educandos a adoção de valores que não são necessariamente aprovados pela sociedade. Em uma aposta na autonomia como objetivo educacional desejável, uma sociedade que se propõe a fixar valores a serem restritivamente ensinados estaria, ela mesma, sendo autoritária (Winch e Gingell, 2007).

Assim, atualmente, compreendem-se os impactos de uma postura autoritária nos contextos educativos, ao mesmo tempo que se reivindica a autoridade do professor dentro deles. Entretanto, busca-se menos o *estar com* autoridade – impositiva e dominadora – e mais o *ser* uma autoridade – ser reconhecido como alguém em cujo conhecimento se pode confiar.

Desde o Iluminismo, a noção de autoridade foi tratada com suspeita, pois a autoridade é, muitas vezes, arbitrária e sancionada apenas por poderes institucionais, sem ser legitimada pela razão. Os pensadores do Iluminismo questionaram essa autoridade arbitrária, especialmente no domínio do político. Eles rejeitavam o aprendizado e a erudição do passado, alegando que ele não tinha uma justificativa racional. Gadamer entende que nem toda autoridade genuína deva ser sancionada pela razão. Esse filósofo entende que um bom professor tem e é uma autoridade não simplesmente em virtude do poder investido nele pelo estado. Um bom professor, com a capacidade de atrair os alunos para as conversas da cultura, carrega sua própria autoridade (Lawn e Keane, 2011). Isso porque esse professor tem sua autoridade legitimada pela tradição histórica, colocando-se em seu tempo histórico como intérprete da tradição (Sousa e Galiazzi, 2018).

Diante disso, compreender acerca da autoridade como categoria à qual se dedica a Filosofia da Educação na formação de professores de Química é um indicativo de sua exigência nesta formação. A Filosofia da Educação se apresenta, portanto, como um exercício à reflexão e ao questionamento da prática educativa do professor de Química. Isso está bem evidenciado em algumas unidades de significado (UFLA.1.1. *Estudo de correntes filosóficas que possibilitem a compreensão do processo educativo*; UFOP.1.4. *Os estudos filosóficos sobre educação envolvem o processo de organização do currículo escolar*; UFOP.1.5. *Os estudos filosóficos sobre educação envolvem os saberes docentes necessários à prática docente*), que mostram que a Filosofia da Educação busca entender o processo educativo desde os saberes necessários à prática docente até a organização do currículo escolar.

Ao buscarmos compreender a Filosofia da Educação na formação de professores de Química e sua aproximação com a Educação em Ciências e, por consequência, com a Educação Química, podemos iniciar pela metáfora utilizada por Schulz (2014) para caracterizá-la. O autor utiliza a metáfora de Jano para apresentar a Filosofia da Educação, cuja dupla face olha tanto para a filosofia (teoria) quanto para as implicações educacionais (prática). A aparente incapacidade de promover mudanças maiores e mais duradouras a partir dos diferentes “movimentos de reformas” no ensino de Ciências, indica Schulz (2014), pode sugerir a necessidade de uma avaliação dos problemas mais concentrada nos aspectos filosófico-educacionais. Para o autor, há uma *insuficiência filo-educacional*, cuja superação poderia contemplar os motivos pelos quais as reformas curriculares são vulneráveis aos caprichos políticos de vários grupos. Por isso, a Filosofia da Educação em Ciências proposta por Schulz (2014) poderia ajudar não apenas a definir uma identidade para a Educação em Ciências, mas também uma identidade para o profissional da sala de aula.

Schulz (2014) apresenta algumas abordagens dos estudos no campo da Filosofia da Educação: i. estudar filósofos e suas visões de educação; ii. estudar pensadores educacionais e suas posições filosóficas; iii. estudar sub-ramos da Filosofia e sua relevância para a educação; iv. estudar “escolas de pensamento” em educação; v. estudar as questões filosóficas de preocupação central. Essas abordagens perpassam as possibilidades de vinculação filosófica de professores para exercerem sua prática docente e estarem aptos a questioná-la, quando necessário, buscando outras vinculações. Contemplam ainda uma percepção ampla da educação e de sua construção histórica, compreendendo sua própria formação na contemporaneidade.

*Um aluno de licenciatura em Química deve se perguntar sobre a importância da Filosofia da Educação em sua preparação para o magistério. Mas a Química, como qualquer outra área do conhecimento, apresenta processos, experiências, resultados e descobertas que, no limite, pressupõem que novas*

*relações podem ser estabelecidas entre os homens e os materiais a sua volta. Quando chega nesse ponto, esses processos devem ser questionados à luz da ética, sendo necessário, por extensão, que transcendam os limites epistemológicos e sejam colocados num discurso ontológico ou, ainda mais próximo de nós, existencial, porque o que está, de fato, em discussão é a vida do homem, mas não de um homem qualquer e sim de um homem histórico, cuja missão é mudar o mundo para melhor. Estudos de Química que não considerarem esses aspectos esvaziam-se na penumbra dos laboratórios* (Cardoso, 2004, p. 85).

Essas abordagens estão comprometidas em estudar a construção social, política e ética, à medida que são colocados em evidência diferentes modelos filosóficos do que se almeja para uma sociedade. Isso repercute no questionamento de que pessoas os professores de Química pretendem formar a partir de suas ações educativas. Isso reivindica além de uma educação química com parâmetros epistemológicos bem definidos. Trata-se de questionar ontologicamente a si, como sujeito histórico e profissional da educação e, a partir da busca pela autocompreensão, delinear uma paisagem daquilo que se pretende filosoficamente para a sociedade.

## Considerações Finais

Coerentes com nosso questionamento inicial, dedicamo-nos, especialmente, àqueles cursos com componentes curriculares com alguma vinculação à Filosofia, à Filosofia da Ciência ou a Filosofia da Educação. Outros cursos ainda estão por encontrar essa necessidade, e esperamos que este artigo contribua para esse encontro. Nosso questionamento inicial foi: *O que é isto que se mostra: a Filosofia na formação de professores de Química em Minas Gerais?*, ao qual respondemos a seguir, como argumento central deste artigo.

As abordagens filosóficas na formação de professores de Química de Minas Gerais possuem sua centralidade na Filosofia da Educação em seu quantitativo, o que nos parece uma escolha acertada para cursos de formação de professores. Pouco se aposta na Filosofia como componente curricular mais geral e na Filosofia da Ciência nos cursos de formação de professores de Química analisados.

No âmbito qualitativo, as três categorias descritas e interpretadas se articulam ao tratarem de epistemologia, de metodologia científica, de crise do conhecimento e de crise na educação. Assim, a Filosofia que se mostra nas ementas na formação de professores de Química em Minas Gerais se dedica a questionar o método científico fundamentado na racionalidade técnica da ciência moderna. Questiona ainda a vinculação epistemológica desse paradigma totalitário na formação de professores de Química. Parece-nos, portanto, que a Filosofia na formação de professores de Química em Minas Gerais mais do que

provoca a reflexão: ela denuncia. A denúncia é um alerta para a não vinculação de professores de Química a este paradigma.

Ao longo do texto, apresentamos elementos para um afastamento desse paradigma. Reivindicamos o questionamento filosófico das práticas educativas, dos currículos vigentes e estabelecidos na escola, da ciência propagada nos conteúdos de ensino selecionados, da postura educativa com os estudantes e outros profissionais da educação e da necessidade de abertura a outras perspectivas filosóficas na formação de professores de Química. Além disso, assumimos o chamamento da história à centralidade da educação filosófica de professores de Química, entendendo-a mais do que uma ferramenta para contextualizar a aula de Química, mas para colocar o professor de Química como sujeito histórico propagador das tradições da Química, legitimado por seu tempo histórico.

Por último, reforçamos os argumentos de Schulz apresentados ao longo deste texto sobre a importância de uma Filosofia da Educação específica. Schulz tem defendido uma Filosofia da Educação em Ciências, integrando Filosofia, Filosofia da Ciência e Filosofia da Educação, como mostrado, e servindo de base para os eixos analíticos. Se é possível assim pensar, finalizamos o texto com uma pergunta. Não seria uma exigência caminhar para uma integração dos três eixos aqui analisados – Filosofia, Filosofia da Educação e Filosofia da Ciência –, valorizando a implementação da Filosofia da Educação em Ciências nos cursos de licenciatura?

Isso também nos leva a pensar que a Química, como uma ciência estabelecida, possui suas tradições e linguagem consolidadas nos cursos de formação de professores. Essa tradição, entretanto, está ausente das ementas analisadas. Se a Filosofia da Ciência aparece pouco, a Filosofia da Química não aparece em nenhuma ementa sequer de todas as analisadas, embora seja campo teórico consolidado. A partir do argumento de Schulz sobre a criação da Filosofia da Educação em Ciências, não se poderia também pensar em uma Filosofia da Educação Química? Esta questionaria, por exemplo, a Educação Química como uma ciência reduzida a seus métodos, que analise os modos de produção do conhecimento químico em suas tradições (Filosofia da Química/História da Química). Isso contribuiria com outros modos de analisar, compreender e ensinar o conhecimento químico, como é um deles a Hermenêutica. Uma Filosofia da Educação Química culminaria, então, com o questionamento dos modos de ser professor de Química na tradução e na interpretação do conhecimento de Química em aula.

## Notas

<sup>1</sup>Para Sjöström (2007), o objetivismo representa a visão de que os fatos científicos são independentes do contexto no qual são observados.

<sup>2</sup>Chassot (1995) aponta o ensino de Química com termo “a-histórico” para tratar o ensino médio como contrário à história, *anistórico*, alheio à história.

<sup>3</sup>O *software* Qgis é um sistema de informação geográfica livre e aberto que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados (Qgis, 2019).

<sup>4</sup>Codificamos as unidades de significados a partir da sigla da universidade federal em que o componente curricular ocorre, seguida do número do componente curricular (1, para a primeira encontrada, 2, para a segunda na mesma universidade e assim por diante) e, por fim, o número da unidade de significado encontrada na ementa. Ficamos, portanto com o código “UFX.1.1” para indicar que a unidade de significado 1 está na ementa do componente curricular 1 da UFX, sendo UFX uma universidade federal genérica.

<sup>5</sup>Ariza et al. (2015) explicitam pormenores de como é realizado o processo desde a unitarização até a escrita do parágrafo-síntese. Os autores apresentam exemplos concretos e com riqueza de detalhes acerca da reescrita das unidades de significado, das aproximações delas para constituição de frases síntese, até a elaboração de parágrafos que as articulem. O mesmo procedimento foi realizado na Análise Textual Discursiva aqui apresentada.

<sup>6</sup>Embora com nomenclaturas distintas, *Filosofia da Educação em Ciências* para Schulz (2014) e *Filosofia do Ensino de Ciências* para Gois (2017), entendemos que a Educação em Ciências e o Ensino de Ciências ocorrem concomitantemente, como ressaltado por Sousa e Galiazzi (2017). Assim, parece-nos que a nomenclatura atribuída à região de fronteira é um apenas detalhe quando comparamos com a reivindicação emergente desses autores por uma articulação da Filosofia com a Educação em Ciências ou com o Ensino de Ciências.

<sup>7</sup>As universidades federais situadas em Minas Gerais são: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFMT), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

<sup>8</sup>Algumas coordenações de curso prontamente disponibilizaram os PPC's ou as ementas de nosso interesse quando contatadas via correio eletrônico.

## Referências

- ABBAGNANO, N. *Dicionário de filosofia*. 6ª ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2012.
- ARIZA, L. G. A.; DIAS, V. M. T.; SOUSA, R. S.; NUNES, B. R.; GALIAZZI, M. C. e SCHMIDT, E. B. Relaciones entre el análisis textual discursivo y el software ATLAS.ti en interacciones dialógicas. *Campo Abierto. Revista de Educación*, v. 34, n. 2, p. 105-124, 2015.
- BABICH, B. E. Hermeneutic philosophy of science: interpreting nature, reading laboratory science. In: KEANE, N. e LAWN, C. (Eds.). *The Blackwell companion to hermeneutics*. Chichester: John Wiley & Sons, 2016, p. 492-504.
- BERTICELLI, I. A. *Educação em perspectivas epistêmicas pós-modernas*. Chapecó: Argos, 2010.
- BOMBASSARO, L. C. *As fronteiras da epistemologia: como se produz o conhecimento*. 2ª ed. Petrópolis: Vozes, 1992.
- CARDOSO, J. B. Formação de professores: transformação e reprodução. *Poiésis*, v. 2, n. 2, p. 73-91, 2004.
- CHASSOT, A. *Para que(m) é útil o ensino? Alternativas para um ensino (de química) mais crítico*. Canoas: Ed. Ulbra, 1995.
- DUTRA, L. H. A. *Introdução à epistemologia*. São Paulo: Editora UNESP, 2010.
- ERDURAN, S. Philosophy of chemistry: an emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education*, v. 10, n. 6, p. 581-593, 2001.
- FLICKINGER, H.-G. *A caminho de uma pedagogia hermenêutica*. Campinas: Autores Associados, 2010.
- GALLO, S. Filosofia da educação no Brasil do século XX: da crítica ao conceito. *EccoS Revista Científica*, v. 9, n. 2, p. 261-284, 2007.
- GINEV, D. *A passage to the hermeneutic philosophy of science*. Amsterdam: Rodopi, 1997.
- GOIS, J. *Filosofia do ensino de ciências: significação e representações químicas*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2017.
- HERMANN, N. Pensar arriscado: a relação entre filosofia e educação. *Educação e Pesquisa*, v. 41, n. 1, p. 217-228, 2015.
- LAWN, C. e KEANE, N. *The Gadamer dictionary*. Londres: A&C Black, 2011.
- LEMES, A. F. G. e PORTO, P. A. Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 3, p. 121-147, 2013.
- MARTINS, J. e BICUDO, M. A. V. *Estudos sobre existencialismo, fenomenologia e educação*. 2ª ed. São Paulo: Centauro, 2006.
- MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. 3ª ed. revisada e ampliada. Ijuí: Unijuí, 2016.
- NOUVEL, P. *Filosofia das ciências*. Campinas: Papyrus, 2013.
- QGIS. Disponível em [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/index.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html), acessada em Junho 2019.
- RAMOS, M. G. Epistemologia e ensino de ciências: compreensões e perspectivas. In: MORAES, R. (Org.). *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. 3ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008, p. 13-35.
- RIBEIRO, M. A. P. *Integração da filosofia da química no currículo de formação inicial de professores: contributos para uma filosofia do ensino*. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014.
- RÖHR, F. Formação filosófica do educador. *Itinerários de Filosofia da Educação*, v. 13, p. 106-116, 2015.
- SANTOS, B. S. *Um discurso sobre as ciências*. 7ª ed. São Paulo: Cortez, 2010.
- SCHULZ, R. M. *On the way to a philosophy of science education*. Thesis (Philosophy Doctorate). Simon Fraser University, Burnaby, 2010.

- \_\_\_\_\_. *Rethinking science education: philosophical perspectives*. Charlotte: Information Age Publishing, 2014.
- SEVERINO, A. J. A Formação filosófica na universidade. In: MAAMARI, A. M.; BAIROS, A. T. C. e WEBER, J. F. (Orgs.). *Filosofia na universidade*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006, p. 91-106.
- SJÖSTRÖM, J. The discourse of chemistry (and beyond). *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v. 13, n. 2, p. 83-97, 2007.
- SOUSA, R. S. e GALIAZZI, M. C. A tradição de linguagem em Gadamer e o professor de química como tradutor-intérprete. *ACTIO: Docência em Ciências*, v. 3, n. 1, p. 268-285, 2018.
- \_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. Compreensões acerca da hermenêutica na análise textual discursiva – marcas teórico-metodológicas à investigação. *Contexto & Educação*, v. 31, n. 100, p. 33-55, 2016.
- \_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. Traços da hermenêutica filosófica na educação em ciências: possibilidades à educação química. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 2, p. 279-304, 2017.
- \_\_\_\_; \_\_\_\_ e SCHMIDT, E. B. Interpretações fenomenológicas e hermenêuticas a partir da análise textual discursiva: a compreensão em pesquisas na educação em ciências. *Revista Pesquisa Qualitativa*, v. 4, n. 6, p. 311-333, 2016.
- TOMAZETTI, E. M. *Filosofia da educação: um estudo sobre a história da disciplina no Brasil*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.
- WINCH, C. e GINGELL, J. *Dicionário de filosofia da educação*. São Paulo: Contexto, 2007.

### Preparação dos Manuscritos

Os trabalhos deverão ser digitados em página A4, espaço duplo, tipo Times Roman, margens 2,5, devendo ter no máximo o número de páginas especificado para a seção da revista à qual são submetidos. Na primeira página deverá conter o título do trabalho e um resumo do artigo com, no máximo, 1000 caracteres (espaços incluídos) e a indicação de três palavras-chave, seguidos de suas traduções para a linha inglesa, incluindo o título.

Não deve haver indicação dos autores no documento com o manuscrito e nenhum dado ou marcas em qualquer parte do texto que conduzam à sua identificação, durante a avaliação como, por exemplo: nome e filiação institucional; nomes de projetos e coordenadores de projetos (quando não são indispensáveis); referências e citações (utilizar "Autor1, ano", "Autor2, ano"... para manter o anonimato); local, título ou local de defesa de mestrado ou doutorado; agradecimentos etc. Os autores devem eliminar auto-referências. As informações dos autores devem estar descritas na carta de apresentação aos editores, e esta deverá conter o título do trabalho, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) formação(ões) acadêmica(s), a instituição em que trabalha(m) e o endereço completo, incluindo o eletrônico. Verifique as propriedades do documento para retirar quaisquer informações. As referências citadas devem ser relacionadas ao final do texto, segundo exemplos abaixo:

- **Para livros** referência completa (citação no texto entre parênteses): AMBROGI, A.; LISBÔA, J. C. e VERSOLATO, E. F. *Unidades modulares de química*. São Paulo: Gráfica Editora Hamburg, 1987. - (Ambrogi et al., 1987).

KOTZ, J. C. e TREICHEL Jr., P. *Química e reações químicas*, vol. 1 Trad. J. R. P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. - (Kotz e Treichel Jr., 2002).

- **Para periódicos** referência completa (citação no texto entre parênteses):

TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005. - (Toma, 2005).

ROSINI, F.; NASCENTES, C. C. E NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004. - (Rosini et al., 2004).

- **Para páginas internet** referência completa (citação no texto entre parênteses):

<http://qnesc.s bq.org.br>, acessada em Março 2008. - (Revista Química Nova na Escola, 2008).

Para outros exemplos, consulte-se número recente da revista.

Os autores devem, sempre que possível, sugerir outras leituras ou acessos a informações e reflexões a respeito dos temas abordados no texto, para serem incluídos em "Para Saber Mais".

As legendas das figuras devem ser colocadas em página à parte, ao final, separadas das figuras. A seguir devem ser colocadas as figuras, os gráficos, as tabelas e os quadros. No texto, apenas deve ser indicado o ponto de inserção de cada um(a).

Os autores devem procurar seguir, no possível, as normas recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.

### Condições para Submissão dos Artigos

- 1) Os manuscritos submetidos não devem estar sendo analisados por outros periódicos.
- 2) Os autores são responsáveis pela veracidade das informações prestadas e responsáveis sobre o conteúdo dos artigos.
- 3) Os autores devem seguir as recomendações das Normas de Ética e Más Condutas constantes na página da revista <http://qnesc.s bq.org.br/pagina.php?idPagina=17>.
- 4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas re-

lacionadas a seres humanos eles possuem parecer de aprovação de um Comitê de Ética em pesquisa.

- 5) No caso de envio de imagens, os autores devem enviar cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelo(s) sujeito(s) (ou seus responsáveis), autorizando o uso da imagem.
- 6) Os autores declaram a inexistência de conflito de interesses na submissão do manuscrito.
- 7) É responsabilidade dos autores garantirem que não haja elementos capazes de identificá-los em qualquer parte do texto.

### Submissão dos Artigos

Química Nova na Escola oferece aos autores a submissão on line, que pode ser acessada por meio do registro de Login e Senha. É possível registrar-se em nossa página na internet (<http://qnesc.s bq.org.br>) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBOS e QN já estão cadastrados na base, devendo utilizar o mesmo Login e Senha. Após estar cadastrado no sistema, o autor pode facilmente seguir as instruções fornecidas na tela. Será solicitada a submissão de um único arquivo do manuscrito completo, em formato PDF. Está disponível uma ferramenta para gerar o arquivo .pdf, a partir de arquivo .doc ou .rtf, com envio automático para o endereço eletrônico do autor. Tão logo seja completada a submissão, o sistema informará automaticamente, por correio eletrônico, o código temporário de referência do manuscrito, até que este seja verificado pela editoria. Então será enviada mensagem com o número de referência do trabalho.

Se a mensagem com código temporário de submissão não for recebida, por algum motivo, a submissão não foi completada e o autor terá prazo máximo de 5 (cinco) dias para completá-la. Depois desse prazo, o sistema não permite o envio, devendo ser feita nova submissão. O autor poderá acompanhar, diretamente pelo sistema, a situação de seu manuscrito.

Ao fazer a submissão, solicita-se uma carta de apresentação, indicando a seção na qual o artigo se enquadra, que deverá ser digitada no local indicado, sendo obrigatória a apresentação dos endereços eletrônicos de todos os autores.

### Manuscritos revisados

Manuscritos enviados aos autores para revisão devem retornar à Editoria dentro do prazo de 30 dias ou serão considerados como retirados. A editoria de Química Nova na Escola reserva-se o direito de efetuar, quando necessário, pequenas alterações nos manuscritos aceitos, de modo a adequá-los às normas da revista e da IUPAC, bem como tornar o estilo mais claro - respeitando, naturalmente, o conteúdo do trabalho. Sempre que possível, provas são enviadas aos autores, antes da publicação final do artigo.

Todos os textos submetidos são avaliados no processo de duplo-cego por ao menos dois assessores. Os Editores se reservam o direito de julgar e decidir sobre argumentos divergentes durante o processo editorial.

## Seções / Linha Editorial

### Química Nova na Escola (Impresso)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (impresso), artigos originais (em Português) que focalizem a área de ensino de Química nos níveis fundamental, médio ou superior, bem como artigos de História da Química, de pesquisa em ensino e de atualização científica que possam contribuir para o aprimoramento do trabalho docente e para o aprofundamento das discussões da área.

## Química Nova na Escola (On-line)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (on-line), além dos artigos com o perfil da revista impressa, artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) em Português, Espanhol ou Inglês que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Estes artigos deverão atender aos critérios da seção “Cadernos de Pesquisa”.

Os artigos são aceitos para publicação nas seguintes seções:

### ● QUÍMICA E SOCIEDADE

Responsável: Roberto Ribeiro da Silva (UnB)

Aspectos importantes da interface química/sociedade, procurando analisar as maneiras como o conhecimento químico pode ser usado - bem como as limitações de seu uso - na solução de problemas sociais, visando a uma educação para a cidadania. Deve-se abordar os principais aspectos químicos relacionados à temática e evidenciar as principais dificuldades e alternativas para o seu ensino.

Limite de páginas: 20

### ● EDUCAÇÃO EM QUÍMICA E MULTIMÍDIA

Responsável: Marcelo Giordan (USP)

Visa a aproximar o leitor das aplicações das tecnologias da informação e comunicação no contexto do ensino-aprendizado de Química, publicando resenhas de produtos e artigos/notas teóricos e técnicos. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 15

### ● ESPAÇO ABERTO

Responsável: Otavio Aloísio Maldaner (Unijuí)

Divulgação de temas que igualmente se situam dentro da área de interesse dos educadores em Química, de forma a incorporar a diversidade temática existente hoje na pesquisa e na prática pedagógica da área de ensino de Química, bem como desenvolver a interface com a pesquisa educacional mais geral. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 20

### ● CONCEITOS CIENTÍFICOS EM DESTAQUE

Responsável: José Luís de Paula Barros Silva (UFBA)

Discussão de conceitos básicos da Química, procurando evidenciar sua relação com a estrutura conceitual da Ciência, seu desenvolvimento histórico e/ou as principais dificuldades e alternativas para o ensino.

Limite de páginas: 20

### ● HISTÓRIA DA QUÍMICA

Responsável: Paulo Porto (USP)

Esta seção contempla a História da Química como parte da História da Ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Deve-se apresentar dados históricos, preferencialmente, de fontes primárias e explicitar o contexto sociocultural do processo de construção histórica.

Limite de páginas: 15

### ● ATUALIDADES EM QUÍMICA

Responsável: Edvaldo Sabadini (Unicamp)

Procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária redefinição de conceitos. Deve-se explicitar contribuições para o ensino da Química.

Limite de páginas: 15

### ● RELATOS DE SALA DE AULA

Responsável: Nyuara Araújo da Silva Mesquita (UFG)

Divulgação das experiências dos professores de Química, com o propósito de socializá-las junto à comunidade que faz educação por meio da Química, bem como refletir sobre elas. Deve-se explicitar contribuições da experiência vivenciada e indicadores dos resultados obtidos.

Limite de páginas: 20

### ● ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO

Responsável: Rafael Cava Mori (UFABC)

Investigações sobre problemas no ensino da Química, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

### ● O ALUNO EM FOCO

Responsável: Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE)

Divulgação dos resultados das pesquisas sobre concepções de alunos e alunas, sugerindo formas de lidar com elas no processo ensino-aprendizagem, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

### ● EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Responsável: Moisés Alves de Oliveira (UEL)

Divulgação de experimentos que contribuam para o tratamento de conceitos químicos no Ensino Médio e Fundamental e que utilizem materiais de fácil aquisição, permitindo sua realização em qualquer das diversas condições das escolas brasileiras. Deve-se explicitar contribuições do experimento para a aprendizagem de conceitos químicos e apresentar recomendações de segurança e de redução na produção de resíduos, sempre que for recomendável.

Limite de páginas: 10

### ● CADERNOS DE PESQUISA

Responsável: Ana Luiza de Quadros (UFMG)

Esta seção 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. Os artigos empíricos deverão conter revisão consistente de literatura nacional e internacional, explicitação clara e contextualização das questões de pesquisa, detalhamento e discussão dos procedimentos metodológicos, apresentação de resultados e com conclusões que explicitem contribuições, implicações e limitações para área de pesquisa em Ensino de Química. Os artigos de revisão deverão introduzir novidades em um campo de conhecimento específico de pesquisa em Ensino de Química, em um período de tempo não inferior a dez anos, abrangendo os principais periódicos nacionais e internacionais e apresentando profundidade na análise crítica da literatura, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Os artigos teóricos deverão envolver referenciais ainda não amplamente difundidos na área e trazer conclusões e implicações para a pesquisa e a prática educativa no campo do Ensino de Química, apresentando profundidade teórica, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Para esta seção, o resumo do artigo deverá conter de 1000 a 2000 caracteres (espaços inclusos), explicitando com clareza o objetivo do trabalho e informações sobre os tópicos requeridos para o tipo de artigo. Poderão ser indicadas até seis palavras-chaves.

Limite de páginas: 30 a 40.

A Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química tem o prazer de anunciar mais um produto,  
**Programas de TV Química Nova na Escola no formato DVD.**

Nesta edição dos **Programas de TV QNEsc**, você encontrará:

- Visualização Molecular
- Nanotecnologia
- Hidrosfera
- Espectroscopia
- A Química da Atmosfera
- A Química dos Fármacos.
- Polímeros Sintéticos
- As Águas do Planeta Terra
- Papel: origem, aplicações e processos.
- Vidros: evolução, aplicações e reciclagem.
- Vidros: origem, arte e aplicações.
- Látex: a camisinha na sala de aula.

São **12 títulos temáticos** em formato digital que totalizam cerca de 4 horas de programação.  
Para outras informações e aquisição,  
acesse [www.sbq.org.br](http://www.sbq.org.br) em Produtos da SBQ.

