química nova na escola

VOLUME 41

Nº 3, AGOSTO 2019

216 A Química dos Alimentos Funcionais
Gustavo J. S. Cañas e Mara E. F. Braibante

224 Do Ferreiro a Magnetita: o Vídeo Educativo como Alternativa para a Implementação da Lei 10.639/03
Marysson J. R. Camargo, Regina N. Vargas, Juvan P. da Silva, Claudio R. M. Benite e Anna M. C. Benite

233 O Tema "Alumínio" nas Coleções do PNLD 2018: Uma Análise de Acordo com a Educação CTS
André R. Toquetto

242 Ácidos e Bases nos Livros Didáticos: Ainda Duas das Quatro Funções da Química Inorgânica?
Claudiane Lima e Edilson F. de Moradillo

248 RAIOQUIZ: Discussão de um Conceito de Propriedade Periódica por Meio de um Jogo Educativo
Felipe A. M. Rezende, Christina V. M. Carvalho, Lucas C. Gontijo e Márlon H. F. B. Soares

259 Tabela de Tempo de Decomposição de Materiais: Contexto para a Abordagem de Química Ambiental no Ensino Profissional de Nível Médio
Alfredo L. M. L. Mateus, Andréa H. Machado e Patrícia A. Aguiar

266 Proposta Pedagógica para o Ensino Explícito de Argumentação: O Caso da Controvérsia Histórica do Gás Oxigênio
Jordana A. de Oliveira e Paula C. C. Mendonça

275 O Sabor da Tabela Periódica: Integrando Conceitos de Nutrição com o Ensino de Química
Luiz Carlos G. dos Anjos, Amanda Menon e Marlize S. Bernardelli

286 A Vivência Formativa de uma Estudante do Ensino Médio no Ambiente Universitário: Olhares para a Química e a Pesquisa Científica
Rosália Andrighetto, Caroline R. Cardoso e Thiago de C. Luchese

300 Letramento Gráfico: Perspectivas Presentes nos PCNEM e Ações no Ensino de Química
Mikeas S. de Lima e Salete L. Queiroz

química nova NA ESCOLA

ISSN 0104-8899
ISSN (on-line) 2175-2699
Agosto
2019
Vol. 41, Nº 3

Indexada no *Chemical Abstracts*

EDITORES

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

CONSELHO EDITORIAL

Alice Ribeiro Casimiro Lopes (FE-UERJ - Rio de Janeiro, RJ - Brasil)
António 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 - Ijui, RS - Brasil)
Luiz Henrique Ferreira (UFSCar - São Carlos, SP - Brasil)
Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUÍ - Ijui, 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

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, microfilmes 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 fotocopiagem, 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

Química e Sociedade / Chemistry and Society

216 A Química dos Alimentos Funcionais
The Chemistry of Functional Food
Gustavo J. S. Cañas e Mara E. F. Braibante

Educação em Química e Multimídia / Chemical Education and Multimedia

224 Do Ferreiro a Magnetita: o Vídeo Educativo como Alternativa para a Implementação da Lei 10.639/03
From Blacksmith to Magnetite: the Educational Video as an Alternative to the Implementation of Law 10.639/03
Marysson J. R. Camargo, Regina N. Vargas, Juvan P. da Silva, Claudio R. M. Benite e Anna M. C. Benite

Espaço Aberto / Issues/Trends

233 O Tema "Alumínio" nas Coleções do PNLD 2018: Uma Análise de Acordo com a Educação CTS
"Aluminum" in the PNLD 2018 Collections: An Analysis According to STS Education
André R. Toquetto

Conceitos Científicos em Destaque / Scientific Concepts Highlighted

242 Ácidos e Bases nos Livros Didáticos: Ainda Duas das Quatro Funções da Química Inorgânica?
Acids and Bases in Textbooks: Still Two of the Four Functions of Inorganic Chemistry?
Claudiane Lima e Edilson F. de Moradillo

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

248 RAIOQUIZ: Discussão de um Conceito de Propriedade Periódica por Meio de um Jogo Educativo
RAIOQUIZ: Discussion of a Concept of Periodic Property through an Educational Game
Felipe A. M. Rezende, Christina V. M. Carvalho, Lucas C. Gontijo e Márlon H. F. B. Soares

259 Tabela de Tempo de Decomposição de Materiais: Contexto para a Abordagem de Química Ambiental no Ensino Profissional de Nível Médio
Material's Degradation Timetable: a Context for Environmental Chemistry in a Chemistry Technician Course
Alfredo L. M. L. Mateus, Andréa H. Machado e Patrícia A. Aguiar

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

266 Proposta Pedagógica para o Ensino Explícito de Argumentação: O Caso da Controvérsia Histórica do Gás Oxigênio
Pedagogical Proposal for Explicit Teaching of Argumentation: The Case of the Historical Controversy of Oxygen Gas
Jordana A. de Oliveira e Paula C. C. Mendonça

275 O Sabor da Tabela Periódica: Integrando Conceitos de Nutrição com o Ensino de Química
The Periodic Table's Flavor: Integrating Concepts of Nutrition with the Teaching of Chemistry
Luiz Carlos G. dos Anjos, Amanda Menon e Marlize S. Bernardelli

O Aluno em Foco / The Student in Focus

286 A Vivência Formativa de uma Estudante do Ensino Médio no Ambiente Universitário: Olhares para a Química e a Pesquisa Científica
The Formative Experience of a High School Student in the University Environment: Views about Chemistry and Scientific Research
Rosália Andrighetto, Caroline R. Cardoso e Thiago de C. Luchese

Cadernos de Pesquisa / Research Letters

300 Letramento Gráfico: Perspectivas Presentes nos PCNEM e Ações no Ensino de Química
Graphical Literacy: Perspectives Found in PCNEM and Actions in Chemistry Teaching
Mikeas S. de Lima e Salete L. Queiroz

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160169

Desmonte da Educação e da Pesquisa no Brasil

Mal se completou o primeiro semestre do atual governo, eleito em 2018, e os educadores e pesquisadores brasileiros já se depararam, repetidas vezes, com ações que os afligem e preocupam. No bojo dessas ações encontram-se elementos que dificultam a realização, nas Escolas e Universidades, de uma educação gratuita e de qualidade, entendida por muitos como processo primordial para propiciar a construção de uma sociedade mais justa, assim como de pesquisas com potencial para contribuir na resolução de problemas críticos do país.

Um breve retrospecto de algumas das referidas ações nos remete ao bloqueio financeiro, anunciado em abril pelo ocupante formal do cargo de ministro da educação, Abraham Weintraub, de 30% das dotações orçamentárias anuais das Universidades Federais que, segundo ele, estivessem promovendo "balbúrdia" em seus campi. Denunciado o escandaloso viés persecutório, o bloqueio foi posteriormente ampliado e aplicado a todas as Universidades. No mesmo mês, foi também comunicado pelo ministro um estudo para reduzir custos com cursos de Filosofia e Sociologia e disseminada, assim, a ideia medíocre de que o conhecimento, para ser valoroso, necessita encontrar utilidade imediata. Em julho, foi lançado o programa "Future-se", que visa à implementação de um novo modelo de gestão para as Universidades e Institutos Federais (IFs), visto com ressalvas por grande parte dos reitores, e elaborado sem base na construção de um diálogo com as próprias Universidades e IFs. O mais recente bloqueio do Ministério da Educação, no montante de R$ 348,4 milhões, foi anunciado no mês de agosto, e atingiu a compra, produção e distribuição de material didático para a educação básica.

Situação não menos crítica vivencia a pesquisa no país. O corte orçamentário anunciado pelo governo federal, em março, atingiu 42% da verba dedicada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), sobre um orçamento já achatado nos dois anos anteriores. Isso causou a diminuição drástica do repasse de recursos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), principal agência de fomento à pesquisa nacional. Como consequência, tornou-se recorrente a falta de regularidade no financiamento de recursos atrelados a editais fundamentais como o Universal, cujos coordenadores de projetos aprovados na Chamada Universal 2018 foram comunicados, em abril, da suspensão de implementação de novas bolsas. Mais uma suspensão de 4.500 bolsas foi anunciada este mês, sendo atingidas, principalmente, as de iniciação científica. Em um contínuo processo de agravamento da situação, João Luiz Filgueiras de Azevedo, presidente do CNPq, recentemente tornou pública a existência de um déficit no orçamento deste órgão, que inviabiliza o pagamento de mais de 80 mil bolsas, afirmando ao Jornal da USP: "vamos pagar as bolsas de agosto normalmente; mas de setembro em diante não tem como pagar mais nada. A folha de agosto, essencialmente, zera o nosso orçamento".

Os cortes e as ações mencionadas conduzem a um cenário sombrio, que vem unindo a população contra o desmanche da educação e da ciência brasileira, tanto nas ruas – onde a palavra "balbúrdia" transformou-se em um grito de guerra dos "idiotas úteis" (como o presidente da república se referiu aos manifestantes que defendiam a educação e a ciência) – quanto em manifestos e cartas públicas assinadas por ex-Ministros da Educação, ex-Presidentes do CNPq, dirigentes de Universidades e de associações e sociedades científicas, dentre outros, inclusive no âmbito internacional. A demissão do Diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Ricardo Galvão, por divulgar dados verdadeiros sobre o crescente desmatamento da Amazônia deixou mais uma vez explícito o desprezo do atual governo pelo conhecimento científico.

Que ninguém se engane: as atitudes desse governo não resultam da incompetência, ignorância ou mesmo demência de seus ocupantes: são ações deliberadas visando à destruição do que se construiu na educação pública e no sistema de ciência e tecnologia do país ao longo de décadas. *Cui prodest*? A quem interessa?

A união de todos frente à desqualificação da educação e da pesquisa é imprescindível. Estes tempos tão difíceis têm desencadeado reflexões e atitudes positivas que trazem um pouco de luz ao contexto. Por exemplo, a divulgação para o público leigo dos objetivos e resultados das investigações realizadas nas Universidades, muitas delas financiadas pelo CNPq, concretizou-se de forma mais contundente nos últimos meses, cumprindo o importante papel de democratização do acesso ao conhecimento científico. A divulgação das pesquisas, por vezes, esteve associada aos referidos movimentos de protesto contra a situação vigente, e foi liderada principalmente por estudantes de graduação e pós-graduação das Universidades públicas.

Reflexões e ações dessa natureza, que resultam de questionamentos sobre a função do ensino e da pesquisa nos mais diversos espaços, são extremamente necessárias, e o leitor tem encontrado subsídios para a realização de tais exercícios na leitura de *Química Nova na Escola*. Dentre os artigos que compõem a presente edição, oferecemos como exemplos dois deles. Os artigos "Do Ferreiro a Magnetita: o Vídeo Educativo como Alternativa para a Implementação da Lei 10.639/03" e "O Tema 'Alumínio' nas Coleções do PNLD 2018: Uma Análise de Acordo com a Educação CTS", em especial, trazem contribuições à discussão, tratando de inquietações vinculadas à natureza da ciência e como esta é apresentada aos estudantes – aspectos cuja compreensão favorecem a formação de um senso crítico mais apurado para o entendimento do momento conturbado em que vivemos.

Ótima leitura a todos!

Paulo Alves Porto
Salete Linhares Queiroz
Editores de QNEsc

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160168

A Química dos Alimentos Funcionais

Gustavo J. S. Cañas e Mara E. F. Braibante

O hábito alimentar das pessoas tem mudado no decorrer dos tempos, procurando sempre obter uma alimentação saudável em benefício da saúde. Atualmente, as expectativas dos consumidores exigem a busca por novos produtos alimentícios que proporcionem, além da nutrição básica, aquisição de outros componentes que funcionem como um potencial fisiológico, permitindo melhoria no estado físico e mental na saúde das pessoas. Nesse contexto, surgem os denominados "alimentos funcionais" que proporcionam benefícios adicionais como a prevenção de risco de certas doenças. Assim, o presente trabalho apresenta de forma sucinta uma revisão bibliográfica sobre os alimentos funcionais, seus principais compostos bioativos, a história de seu surgimento, sua química e o potencial de seus benefícios. Trazemos também neste trabalho, uma proposta de como abordar esta temática por meio de algumas atividades para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de química na escola.

▶ alimentos funcionais, alimentação e saúde, ensino de química ◀

Recebido em 29/11/2018, aceito em 08/02/2019

A alimentação é um processo fundamental na vida das pessoas. Uma alimentação variada oferece os nutrientes básicos (carboidratos, proteínas, lipídeos, vitaminas e sais minerais) que precisamos para o crescimento, manutenção da saúde e do bem-estar. Nos últimos anos, a maioria da população vem tomando consciência da importância de uma alimentação saudável (Brasil, 2014). No entanto, existem vários fatores determinantes que propiciam um estilo de vida sedentário como: ingestão energética alta, pouca atividade física, consumo elevado de gorduras saturadas, pouco consumo de frutas, verduras e alimentos naturais (Simpoulos, 2001).

No mundo existem 2,1 milhões de pessoas em situação de obesidade ou sobrepeso, representando 30% da população mundial. O Brasil encontra-se no *ranking* dos países com maior índice de obesidade na sua população (Costa e Rosa, 2016). Em 2013, o Ministerio da Saúde Pública do Brasil publicou que 54,7% dos homens e 47,4% das mulheres estão acima do peso ideal (Brasil, 2017). Em 2009, doenças como diabete, doenças cardiovasculares, doenças respiratórias, consideradas como crônicas não transmissíveis, representaram 80,7% das mortes no Brasil (Brasil, 2017). Assim, surge a preocupação por uma alimentação saudável e nutritiva que além de proporcionar os nutrientes necessários ao nosso organismo, ofereça também uma forma de combater estes tipos de doenças. Atualmente, o norte americano Jeffrey Bland, que atua no campo da medicina nutricional, pesquisa por meio de estudos do genoma de cada pessoa e estilo de vida, alternativas na prevenção de doenças com base no consumo de alimentos funcionais (Bland, 2018).

Em 2009, doenças como diabete, doenças cardiovasculares, doenças respiratórias, consideradas como crônicas não transmissíveis, representaram 80,7% das mortes no Brasil (Brasil, 2017). Assim, surge a preocupação por uma alimentação saudável e nutritiva que além de proporcionar os nutrientes necessários ao nosso organismo, ofereça também uma forma de combater estes tipos de doenças.

Nesse contexto é contínua a busca por novos produtos alimentícios que tragam benefícios específicos para a saúde.

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.

Estes novos produtos são considerados como alimentos funcionais, pois contêm compostos bioativos que podem apresentar benefício na redução do risco de doenças. Alguns desses compostos bioativos mais estudados são: carotenoides, flavonoides, ácidos graxos insaturados do tipo ômega etc. No presente trabalho, apresentamos como surgiu este tipo de alimento, seu conceito, além dos principais compostos bioativos e seus benefícios para a saúde, bem como as possíveis relações dos conceitos químicos atrelados a esta temática para o ensino de química.

Como Surgiram os Alimentos Funcionais?

Há aproximadamente 2500 anos a.C., sem ainda ser denominados funcionais, certos alimentos eram consumidos para o tratamento de doenças. O grego Hipócrates, pai da medicina, declarava: "faça do seu alimento seu remédio". Além dos gregos, os egípcios e os romanos também tinham noção sobre a utilização e consumo dos alimentos para melhoria da saúde. Os chineses, 1000 a.C., reconheceram também a relação existente entre dieta e saúde, utilizando alimentos na prevenção e cura de doenças (Pimentel *et al.*, 2005).

A fantástica história dos alimentos funcionais inicia quando várias problemáticas em torno da saúde da população e o consumo de alimentos começam a aparecer, bem como a necessidade das pessoas na busca de uma alimentação com um valor agregado. Em 1955, após a Segunda Guerra Mundial, nos EUA foi desenvolvida a hipótese lipídica, pelo pesquisador Ancel Keys, o qual afirmou que um alto consumo de gorduras pode levar um indivíduo a sofrer de doenças cardíacas (Fonseca, 2007). Posteriormente, entre 1960 e 1970, surgiu o fenômeno chamado de Revolução Verde, considerado como a difusão de tecnologias agrícolas que permitiram um aumento considerável na produção de alimentos, utilizando de forma intensiva produtos químicos, sobretudo em países menos desenvolvidos (Octaviano, 2018). Estes acontecimentos geraram grande preocupação na população, nos governos e instituições de saúde.

Assim, no início dos anos 80, o conceito de alimentos funcionais é introduzido no Japão, devido ao desenvolvimento de alimentos que possibilitem potenciais benefícios à saúde para diminuir os gastos em saúde pública e atingir a prevenção de certas doenças. O país oriental inicia pesquisas e produção desse tipo de alimento apoiado pelo estudo colaborativo entre o governo, universidades e fabricantes de alimentos. Surge a primeira denominação em inglês FOSHU (*foods for specified health uses*) (Baptista *et al.*, 2013; Costa e Rosa, 2016). A partir da década de 90, começaram os estudos nos Estados Unidos, uma vez que sua população apresentava altos índices de obesidade, devido ao elevado consumo de comida rápida *fast food*. A dieta dos norte-americanos apresentava o consumo de uma alta quantidade de sal e gorduras saturadas.

No contexto brasileiro, o interesse pelos alimentos funcionais surge na década de 1990, seguindo as tendências do mercado mundial de alimentos. Em 1998, cria-se a Comissão Técnico-Científica de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos (CTCAF), formada por profissionais especializados na área de alimentos pertencentes a universidades públicas e instituições de pesquisa. Juntamente com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) foram criadas as resoluções nº 18 e 19, de 30 de abril de 1999, as quais regulamentam as "Alegações de propriedades funcionais ou de saúde para estes alimentos" (Nitzke, 2012).

A partir do século XX, os alimentos funcionais assumem um importante destaque no mercado alimentar. As indústrias começaram a inovar e produzir novos alimentos com um único objetivo, satisfazer as expectativas de bem-estar e saúde dos consumidores, sendo prioridade a prevenção das doenças mais comuns na população (Salles, 2013).

O que é Considerado como um Alimento Funcional?

Os autores Gibson e Williams (2001) consideram como funcional: um alimento natural ao qual foi adicionado um componente específico; um alimento no qual foi removido um componente específico; ou que foi modificada a natureza de um ou mais dos seus componentes, e também o que foi modificado a quantidade de um ou mais componentes.

De acordo com esses autores, um alimento funcional pode ser um alimento natural, de procedência animal ou vegetal sem nenhum tipo de processamento ou um alimento industrializado que teve algum tipo de processamento antes do seu consumo. Dessa forma, podemos dizer que os alimentos funcionais podem ser qualquer alimento que, na sua composição, contenham uma substância ou molécula química, seja do próprio alimento ou adicionada, que proporciona potenciais benefícios para a saúde das pessoas, podendo se apresentar em uma forma natural ou processada.

São várias definições que podemos encontrar na literatura para um alimento funcional, embora não exista um consenso na sua definição. No Brasil, a ANVISA determina que um alimento funcional deva ter duas propriedades: uma propriedade funcional e outra para a saúde.

Qual o Conceito de Alimento Funcional?

São várias definições que podemos encontrar na literatura para um alimento funcional, embora não exista um consenso na sua definição. No Brasil, a ANVISA determina que um alimento funcional deva ter duas propriedades: uma propriedade funcional e outra para a saúde. Sendo a primeira relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais no organismo humano. A segunda propriedade é aquela que afirma, sugere ou implica

na existência de relação entre o alimento ou ingrediente com uma doença ou condição relacionada à saúde (ANVISA, 1999).

Outro conceito diz que: é aquele alimento que consumido na alimentação diária pode trazer benefícios fisiológicos devido à presença de ingredientes fisiologicamente saudáveis (Cândido e Campos, 2005).

Portanto, considerando estas definições, podemos dizer que um alimento funcional é aquele que além dos nutrientes básicos de um alimento (carboidratos, proteínas, gorduras, vitaminas e minerais) contém um nutriente ou ingrediente específico que trará um benefício exclusivo no organismo, no bem-estar ou para a saúde, sendo esses componentes os responsáveis pela característica de funcionalidade.

Classificação dos Componentes Funcionais

Segundo Souza *et al.* (2003), os componentes funcionais podem ser classificados de duas formas: quanto à fonte, de origem natural seja vegetal ou animal e quanto aos benefícios que oferecem, atuando em seis áreas do organismo: sistema gastrointestinal; sistema cardiovascular; metabolismo de substratos; crescimento, desenvolvimento e diferenciação celular; comportamento das funções fisiológicas e como antioxidantes.

Para Moraes e Colla (2006), existe uma ampla variedade de substâncias caracterizadas como funcionais, as mesmas podem ser classificadas pelos componentes bioativos que estes alimentos possuem, de acordo com a sua estrutura química, características, propriedades e seus benefícios para a saúde. No Quadro 1, apresentamos os principais compostos bioativos com propriedade funcional, seu benefício e suas fontes alimentares.

Considerando a variedade de substâncias presentes nos alimentos funcionais, neste trabalho abordaremos as principais e mais estudadas pela comunidade científica, selecionadas para serem exploradas em sala de aula com a finalidade de relacionar estas substâncias com os conteúdos de química orgânica e o nosso cotidiano, tais como: carotenoides, flavonoides, ácidos graxos insaturados, ômega 3 e 6 e fibras.

Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos naturais e podem ser encontrados comumente em plantas, flores e frutos, existem mais de 600 estruturas caracterizadas, possuem uma cor intensa que vai do amarelo ao vermelho devido à presença de grupos cromóforos. São substâncias insaturadas, lipossolúveis, formadas por 8 unidades de isopreno (Felipe e Bicas, 2017).

São conhecidos como tetraterpenos por apresentarem 40 carbonos e sua estrutura química básica é constituída a partir da molécula de licopeno (Figura 1), da qual se originam diferentes estruturas resultantes das reações químicas como: hidrogenação, ciclização, oxidação, desidrogenação, migração de duplas ligações, rearranjos, isomerização, alongamento da cadeia etc. (Bruice, 2014; Uenojo *et al.*, 2007).

A cadeia carbônica pode possuir de 3 a 15 duplas ligações conjugadas e pode apresentar diferentes grupos terminais, o comprimento do cromóforo determina o espectro de absorção e a cor da molécula. Eles estão divididos em dois grupos, carotenos e xantofilas. Os carotenos, como o betacaroteno

Quadro 1: Principais compostos bioativos, benefícios e fontes. Fonte: Brasil, 2009

Substâncias Bioativas	Benefício	Fonte
Carotenoides	Reduzir níveis de colesterol e risco de certos tipos de câncer, protegem contra a degeneração muscular e podem agir como antioxidantes	Tomate, derivados de goiaba vermelha, pimentão vermelho, melancia, folhas verdes, milho, mamão
Flavonoides	Possuir atividade antioxidante, vasodilatadora e anti-inflamatória	Soja, frutas cítricas, tomate, pimentão, alcachofra, cereja
Ácidos graxos ômega 3 e 6	Redução do LDL, anti-inflamatório, indispensável para desenvolvimento do cérebro e retina de recém-nascidos	Peixes como sardinha, salmão, atum, anchova. Azeites vegetais: azeite de oliva. Sementes de linhaça e nozes
Fibras	Reduzir risco de câncer de cólon, melhora a função intestinal	Cereais integrais: aveia, centeio, cevada, farelo de trigo. Leguminosas: soja, ervilha, feijão. Hortaliças: frutas com casca e talos
Probióticos (microrganismos)	Favorecer as funções gastrointestinais, reduzindo o risco de constipação e câncer de cólon	Leites fermentados, iogurtes e outros produtos lácteos

Figura 1: Licopeno, estrutura básica dos carotenoides. Fonte: Bruice, 2014.

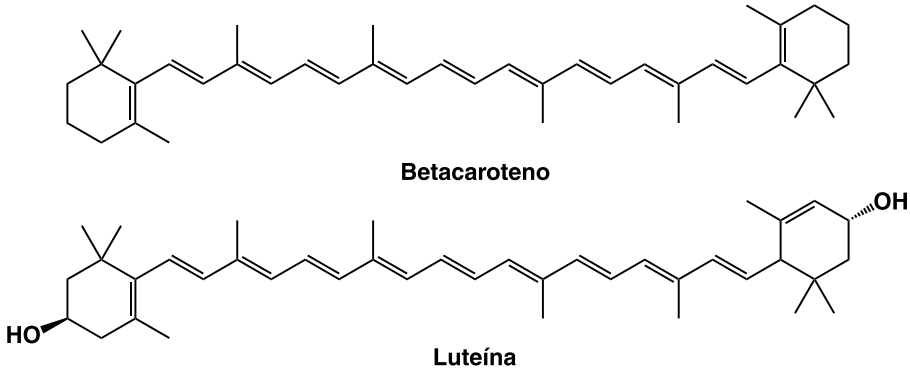


Figura 2: Estruturas do betacaroteno e luteína. Fonte: Bruice, 2014.

(Figura 2), são hidrocarbonetos insaturados e as xantofilas, como a lutetína (Figura 2), são moléculas oxidadas derivadas dos carotenos e possuem grupos substituintes com oxigênio: hidroxila, epoxi ou ceto (Belitz *et al.*, 2009; Uenojo *et al.*, 2007). Alguns destes carotenoides são precursores da vitamina A, como o betacaroteno (Bruice, 2014; Costa e Rosa, 2016).

No Quadro 2, apresentamos os principais carotenoides e sua ocorrência nos alimentos.

Quadro 2: Principais carotenoides e suas fontes alimentares. Fonte: Belitz *et al.*, 2009

Carotenoide	Fonte Alimentar
Alfacaroteno	Cenoura
Betacaroteno	Cenoura, manga, abóbora
Luteína	Gema de ovos
Criptoxantina	Milho amarelo, páprica, mamão
Zeaxantina	Gemas de ovos, milho
Bixina e norbixina	Urucum
Licopeno	Tomate, melancia

Flavonoides

Existem mais de 6.000 tipos de flavonoides que foram identificados em plantas. Pertencem ao grande grupo dos compostos fenólicos e estão presentes principalmente nas hortaliças, nas frutas e produtos derivados como: vinho, suco de uva e chás (Costa e Rosa, 2016). Sua estrutura química contém 15 átomos de carbono tendo como estrutura básica dois anéis aromáticos (anéis A e B) interligados a uma estrutura heterocíclica central chamada pirano (anel C), onde o primeiro anel benzênico é condensado com o sexto carbono do pirano, na posição 2 está ligado a um grupo fenil (anel B), conforme a Figura 3 (da Silva *et al.*, 2015).

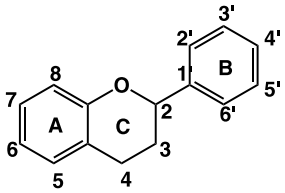


Figura 3: Estrutura básica dos flavonoides. Fonte: da Silva *et al.*, 2015.

De acordo com suas características químicas e biosintéticas, estes compostos são classificados como: antocianinas, flavanas, flavononas, flavonas, flavonóis e isoflavonoides. As antocianinas são as substâncias encarregadas de dar uma cor azul ou vermelha aos alimentos que são de origem vegetal. Estudos recentes descrevem a diminuição do risco de infarto e rigidez arterial em mulheres com uma ingestão baseada em alimentos ricos em antocianinas (Galloway *et al.*, 2015; Pimentel *et al.*, 2005). No Quadro 3 apresentamos os principais flavonoides e suas fontes.

Quadro 3: Principais flavonoides e suas fontes. Fonte: Pimentel *et al.*, 2005

Flavonoides	Nome	Fonte
Antocianinas	Cianidina, delfinidina	Frutas e flores, provenientes de pigmentos florais
Flavanas	Catequina, epicatequina, luteoforol, procianidina, theaflavina	Frutas e chás (verde ou preto), lúpulo, nozes, água de coco, vinho
Flavanonas	Hesperidina, narigenina	Exclusivamente em frutas cítricas
Flavonas	Apigenina, luteolina, diomestina, tangeretina, nobiletina, tricetina	Frutas cítricas, cereais, ervas e vegetais
Flavonóis	Quercetina, rutina, miricetina	Vegetais e frutas
Isoflavonóides	Daidzeína, genisteína	Legumes (soja)

Ácidos Graxos Insaturados do Grupo Ômega (ω) 3 e 6

Estes ácidos graxos apresentam uma cadeia carbônica que contém de 4 a 36 carbonos, um grupo carboxila e ligações duplas carbono-carbono em sua estrutura química, razão pela qual são chamados de insaturados. Quando possuem mais de uma dupla ligação são chamados, poli-insaturados. As diferenças no tamanho da cadeia, grau e posição da insaturação lhes confere propriedades físicas, químicas e nutricionais diferentes. Suas duplas ligações têm a configuração *cis*, e são separadas por um grupo $-CH_2$. Esta configuração produz uma dobra nas moléculas, impedindo seu empacotamento. Dessa forma, existem menos interações intermoleculares, como resultado apresentam um ponto de fusão baixo. O ponto de fusão diminui com o aumento do número de duplas ligações presentes na estrutura.

O termo ômega é usado para indicar a posição da ligação dupla mais distante do grupo carboxílico. Entretanto, na nomenclatura sistemática, a numeração começa no carbono da carboxila. O ácido linolênico, (9*Z*,12*Z*,15*Z*)-ácido octadecatrienoico, tem sua dupla ligação mais afastada do grupo carboxílico entre o C-15 e C-16 (ω3). O ácido linoleico, (9*Z*,12*Z*)-ácido octadecadienoico, tem sua primeira ligação dupla mais afastada entre o C-12 e C-13 (ω6). Assim, para usar a terminologia ômega, se considera o C-1, iniciando a numeração a partir do carbono terminal do ácido carboxílico, conforme a Figura 4 (Bruice, 2014).

Estes ácidos são considerados essenciais, uma vez que são indispensáveis para a manutenção de várias funções biológicas como: constituição de membranas, impulsos sinápticos, controle do sistema imunológico e de coagulação sanguínea, entre outras funções vitais (Costa e Rosa, 2016).

Podem ser encontrados em fontes de origem animal, por exemplo, em peixes de água fria, como o salmão, atum, sardinha ou bacalhau. São menos abundantes em organismos terrestres, mas podemos encontrá-los em óleos vegetais, como o azeite de oliva, sementes de linhaça, nozes e outros vegetais (Blatchly *et al.*, 2014; Moraes e Colla, 2006).

Fibras

Palermo (2008) define a fibra alimentar como polissacarídeos e lignina não digeríveis pelas secreções humanas, chegando até o cólon sem sofrer modificações estruturais, onde são fermentados pela microbiota intestinal, produzindo ácidos graxos, gás e energia. As fibras alimentares são polissacarídeos formados por moléculas que contêm de 10 a milhares de unidades de monossacarídeos unidas por ligações glicosídicas. Os mais comuns são o amido e a celulose. O amido é formado por uma mistura de dois polissacarídeos, a amilose (não ramificada) e amilopectina (ramificada), estas por sua vez estão formadas por cadeias de unidades de D-glicose, unidas por meio de uma ligação α-1,4'-glicosídica, na amilose e uma ligação α-1,6'-glicosídica, na amilopectina. A celulose é formada por cadeias não ramificadas de D-glicose, de forma similar a amilose, mas as unidades de glicose estão ligadas por meio de uma ligação β-1,4'-glicosidicas (Bruice, 2014).

Os diferentes tipos de ligações químicas conferem diferentes propriedades físicas a estes compostos. No amido, as ligações α fazem com que a amilose forme uma hélice que forma ligação hidrogênio entre seus grupos OH com as moléculas de água, sendo solúvel em água. Na celulose, as ligações β formam ligações hidrogênio intramoleculares, elas se alinham de forma linear, mantendo-se unidas por ligações hidrogênio entre cadeias adjacentes, sendo assim, insolúvel em água (Bruice, 2014). A estrutura química das fibras pode ser diferenciada de acordo com a solubilidade em água, a sua viscosidade, geleificação e a capacidade de incorporar substâncias moleculares ou minerais, portanto as fibras podem ser classificadas em solúveis e insolúveis (Coppini, 2001).

Na aveia, considerada como um alimento funcional encontra-se a betaglucana sendo formada por unidades de glicose unidas por meio de uma ligação β-1,4'-glicosidica. Na Figura 5 podemos observar a ligação entre duas moléculas de glicose na betaglucana.

As fibras podem ser encontradas em grãos (arroz, soja, trigo, aveia, feijão, ervilha), verduras (alface, brócolis, couve, couve-flor, repolho), em raízes (cenoura, rabanete) e outras hortaliças (chuchu, vagem, pepino) (Moraes e Colla, 2006).

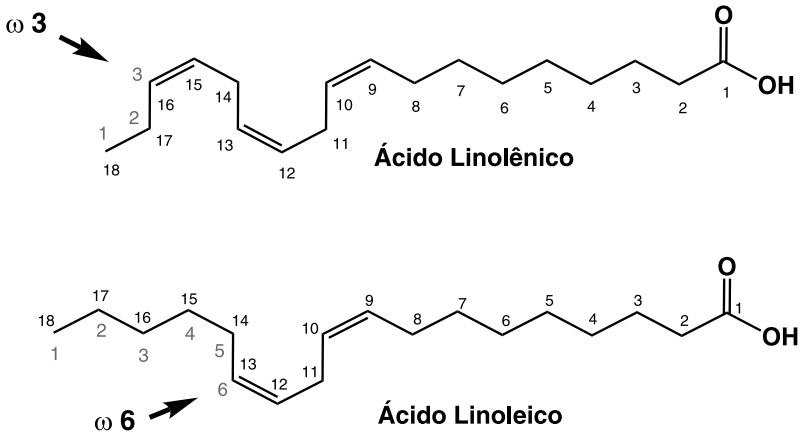


Figura 4: Estrutura química dos ácidos linoleico e linolênico. Fonte: Bruice, 2014.

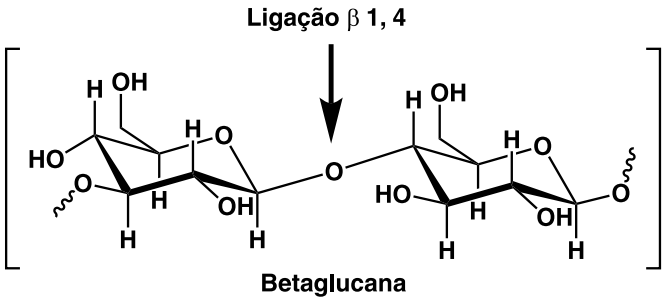


Figura 5: Estrutura química da betaglucana. Fonte: autores.

Costa e Rosa (2016) destacam os principais benefícios que as fibras alimentares podem oferecer, tais como: ajudam no melhoramento do trânsito intestinal, evitando a constipação; controle do índice glicêmico, pois diminuem a velocidade de digestão dos carboidratos, beneficiando pessoas com problemas de diabetes, aumentam a plenitude e saciedade, contribuindo na dieta para perda de peso.

Os Alimentos Funcionais e o Ensino de Química

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) (Brasil, 2006) ressaltam a importância de trabalhar os conteúdos curriculares de forma interdisciplinar e contextualizada, relacionados com o contexto social dos educandos.

Uma das metodologias mais comumente utilizadas para estabelecer estas relações é a utilização de temáticas no processo de ensino e aprendizagem (Braibante e Pazinato, 2014). A contextualização por meio de temáticas contribui efetivamente para gerar um conhecimento químico. Além disso, facilita a compreensão e a relação do conteúdo específico de química e o contexto social dos educandos (Braibante e Braibante, 2019).

Neste contexto, a química dos alimentos é muito rica, os alimentos contêm substâncias formadas a partir de moléculas complexas, sendo estas constituídas por grupos funcionais que lhes dão características químicas e físicas específicas. A temática "alimentos", por ser muito ampla, pode ser tratada de várias formas. Encontram-se descritas na literatura muitas maneiras de abordagem dessa temática no ensino de forma contextualizada, relacionando os conteúdos científicos com os conteúdos de química. Por exemplo, Silva e Furtado (2005) fazem uma diferença entre os conceitos de alimentos *diet* e *light* junto com os conteúdos de bioquímica. Neves (2009) interpreta os rótulos nos alimentos contextualizando com as funções orgânicas presentes. Albuquerque *et al.* (2012) abordam a educação alimentar por meio da redução do consumo de "aditivos alimentares", relacionando com funções orgânicas e isomeria. Fonseca e Loguercio (2013), por meio da teoria das representações sociais utilizando a temática nutrição, investigaram um grupo de estudantes buscando verificar como o meio social poderia influenciar no consumo de alimentos. Pazinato e Braibante (2014) utilizam a energia e a composição básica dos alimentos para contextualizar os conteúdos de química orgânica. Estes trabalhos utilizam em geral a composição básica dos alimentos atrelados aos conteúdos de química no Ensino Médio. No presente trabalho, a ênfase dada é nos alimentos funcionais, os quais ainda não são abordados comumente no Ensino Médio. A química desse tipo de alimento apresenta compostos estruturalmente mais complexos, mas com possibilidade de ser inserido na Educação Básica pela importância que vem adquirindo no contexto social.

Dessa forma, acreditamos que seja possível estimular a curiosidade dos estudantes para relacionar os conceitos da temática com sua vida cotidiana contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem, pois a temática aqui tratada contempla conteúdos de química, aspectos nutricionais, além de conteúdos relacionados à bioquímica e biologia que podem ser trabalhados interdisciplinarmente.

No Quadro 4 elencamos alguns tópicos que podem ser abordados por meio da temática proposta por este trabalho.

Quadro 4: Conteúdos de química relacionados com a temática "Alimentos Funcionais". Fonte: autores

Tópicos	Conteúdos de Química
Carotenoides	Hidrocarbonetos Funções orgânicas Isomeria Reações orgânicas Estequiometria Luz e cor
Flavonoides	Funções orgânicas oxigenadas Isomeria Reações orgânicas Estequiometria Solubilidade Nutrição e bioquímica
Ácidos graxos insaturados: ômega 3 e 6	Funções orgânicas: oxigenadas e nitrogenadas Isomeria Reações orgânicas Lipídeos Solubilidade Nutrição e bioquímica
Fibras alimentares	Funções orgânicas: oxigenadas e nitrogenadas Isomeria Reações orgânicas Carboidratos Nutrição e bioquímica Solubilidade

Portanto, esta temática pode propiciar a abordagem de vários conteúdos de química orgânica e inorgânica.

Utilizando os alimentos funcionais e seus componentes bioativos podemos desenvolver junto aos estudantes atividades investigativas como: procurar os alimentos típicos da região como fonte de compostos bioativos para ser abordado em sala de aula, procurando estudar sua química e seus benefícios para a saúde; realizar uma diferenciação dos alimentos funcionais processados dos alimentos *light* e *diet* com base em sua embalagem e rótulos; realizar lanches coletivos fomentando o consumo de alimentos funcionais naturais, a fim de demonstrar as características organolépticas dos alimentos

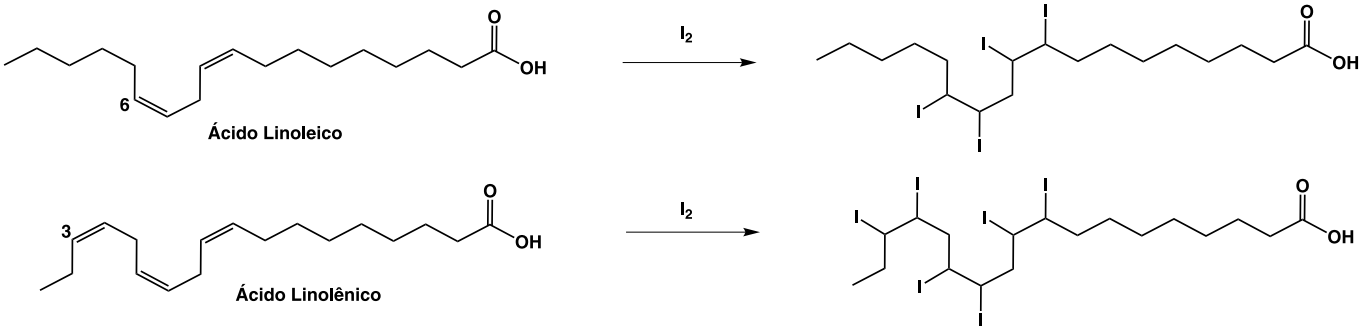


Figura 6: Reação de adição de iodo nas duplas ligações dos ácidos graxos. Fonte: autores.

naturais baseados em seus compostos bioativos. Outras atividades podem ser desenvolvidas tais como: identificação dos compostos bioativos em alimentos funcionais, por meio de reações qualitativas, identificando as funções orgânicas ou grupos funcionais presentes nas estruturas químicas desses compostos. A seguir, apresentamos uma atividade experimental proposta para ser desenvolvida com a temática utilizada.

Identificando Duplas Ligações nos Ácidos Graxos Ômega 3 e 6 do Azeite de Oliva

Para demonstrar a presença de insaturação em ácidos graxos, podemos usar amostras de: óleo mineral, azeite de oliva e óleo de canola com uma solução de iodo ou tintura de iodo. Ao adicionar duas gotas da solução de iodo em uma amostra que contém insaturação, observa-se um desaparecimento gradual da cor do iodo, pela presença de ligações duplas. Neste experimento, a adição da solução de iodo no óleo mineral (não apresenta ligações duplas) não promove nenhuma alteração, ou seja, a cor do iodo não desaparece, enquanto que com o azeite de oliva acontece um descoramento gradual e no óleo de canola (com mais ligações duplas do que o azeite de oliva) o desaparecimento da cor é mais rápido. A reação com iodo não é instantânea, o descoramento ocorre após alguns minutos, o resultado final é uma solução descolorida, sendo esta a confirmação da presença de duplas ligações na amostra (Blatchly *et al.*, 2014).

Na Figura 6 apresentamos a reação de adição de iodo que ocorre na presença de duplas ligações dos ácidos graxos insaturados.

Estas atividades podem ser desenvolvidas pelos estudantes assim como de forma demonstrativa pelo professor. Isto dependerá do número de estudantes e dos reagentes disponíveis para realização dos testes. Dessa forma, os estudantes podem observar em uma escala macroscópica a presença de insaturações em óleos e azeites disponíveis em lojas e supermercados, produtos consumidos pela população.

Considerações Finais

A temática "alimentos funcionais", pode ser usada não somente para relacionar os conteúdos de química, como também conteúdos de bioquímica e biologia, bem como estudar as propriedades antioxidantes desses compostos, como os carotenoides e flavonoides, que reagem com os radicais livres formados na respiração celular.

Atualmente a busca pela manutenção da saúde, do bem-estar e a estética, faz com que a população procure novos produtos alimentícios para atingir estas novas expectativas dos consumidores, surgindo os alimentos funcionais como alternativa no cuidado da saúde.

Portanto, com este trabalho pretendemos abordar os benefícios que os alimentos funcionais proporcionam para a saúde, mostrando a química presente nos compostos bioativos destes alimentos e a possibilidade de sua aplicação no ensino de química. Acreditamos que esta é uma excelente estratégia para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de química na escola, envolvendo aspectos sociais como uma alimentação saudável e bons hábitos alimentares.

Gustavo José Sandoval Cañas (tavitosc@gmail.com), formado em Química dos Alimentos pela Universidad Central del Ecuador (UCE), é mestrando em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS – BR. **Mara Elisa Fortes Braibante** (maraefb@gmail.com), formada em Química Licenciatura pela UFSM, doutora em Ciências (Química Orgânica) pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), é professora titular do Departamento de Química da UFSM e coordenadora do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) subprojeto Química – UFSM. Santa Maria, RS – BR.

Referências

ANVISA. *Resoluções nº 18 e 19, de 30 de abril de 1999*. Disponíveis em https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjI0OQ%2C%2C e https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjI1MQ%2C%2C, acessadas em Julho 2019.

ALBUQUERQUE, M. V.; SANTOS, S. A.; CERQUEIRA, N. T. V. e SILVA, J. A. Educação alimentar: uma proposta de redução do consumo de aditivos alimentares. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 2, p. 51-57, 2012.

BAPTISTA, I. C.; GENTA, T. M. S.; CALDERELLI, V. A. S.; MAURÍCIO, A. A.; PORTILHO, M. e MATIOLI, G. Conhecimento da comunidade universitária em relação aos alimentos funcionais. *Acta Scientiarum – Health Sciences*, v. 35, n. 1, p. 15-21, 2013.

BELITZ, H.-D.; GROSCH, W. e SCHIEBERLE, P. *Food chemistry*. 4ª ed. Berlin: Springer, 2009.

BLAND, J. S. The natural roots of functional medicine. *Integrative Medicine: A Clinician's Journal*, v. 17, n. 1, p. 12-17, 2018.

BLATCHLY, R. A.; DELEN, Z. e O' HARA, P. Making sense of olive oil: simple experiments to connect sensory observations with the underlying chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 91, n. 10, p. 1623-1630, 2014.

BRAIBANTE, M. E. F. e BRAIBANTE, H. T. S. *Temáticas para o ensino de química:* contribuições com atividades experimentais. Curitiba: CRV, 2019.

_____ e PAZINATO, M. S. O ensino de química através de temáticas: contribuições do LAEQUI para a área. *Ciência e Natura*, v. 36, edição especial II, p. 819-826, 2014.

BRASIL. Biblioteca Virtual em Saúde. *Alimentos funcionais*. 2009. Disponível em https://bit.ly/1e3mjQ6, acessada em Julho 2019.

_____. Ministério da Educação. Secretária de Ensino Básico. *Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio:* ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Orientações curriculares para o ensino médio, vol. 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. *Vigitel Brasil 2016:* vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. Brasília: Ministério da Saúde, 2017.

_____. _____. *Guia alimentar para a população brasileira*, 2ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em https://bit.ly/1EivId0, acessada em Julho 2019.

BRUICE, P. Y. *Fundamentos de química orgânica*. Trad. A. J. P. Garcia. 2ª ed. São Paulo: Pearson, 2014.

CANDIDO, L. M. B. e CAMPOS, A. M. Alimentos funcionais. Uma revisão. *Boletim da SBCTA*, v. 29, n. 2, p. 193-203, 2005.

COSTA, N. M. B. e ROSA, C. D. O. B. *Alimentos funcionais:* componentes bioativos e efeitos fisiológicos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2016.

COPPINI, L. Fibras alimentares e ácidos graxos de cadeia curta. In: WAITZBERG, D. L. (Ed.). *Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica*. 3ª ed. São Paulo: Atheneu, 2001, p. 3113.

DA SILVA, R. L.; DO VALE, L.; CALOU, F. B.; MEIRELES DE DEUS, M. D. S.; FERREIRA, P. M. P. e PERON, A. P. Flavonóides: constituição química, ações medicinais e potencial tóxico. *Acta Toxicológica Argentina*, v. 23, n. 1, p. 36-43, 2015.

FELIPE, L. O. e BICAS, J. L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 2, p. 120-130, 2017.

FONSECA, C. V. e LOGUERCIO, R. Q. Conexões entre química e nutrição no ensino médio: reflexões pelo enfoque das representações sociais dos estudantes. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 132-140, 2013.

FONSECA, F. A. H. Terapia clínica da aterosclerose: uma reflexão sobre os recentes estudos. *Revista Brasileira de Medicina*, p. 461-464, 2007.

GALLOWAY, K. R.; BRETZ, S. L. e NOVAK, M. Paper chromatography and UV-Vis spectroscopy to characterize anthocyanins and investigate antioxidant properties in the organic teaching laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 92, n. 1, p. 183-188, 2015.

GIBSON, G. e WILLIAMS, C. L. *Functional food*. Boca Raton: Woodehead Publishing Limited, 2001.

MORAES, F. P. e COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. *Revista Eletrônica de Farmácia*, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.

NEVES, A. P. Interpretação de rótulos de alimentos no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 34-39, 2009.

NITZKE, J. A. Alimentos funcionais: uma análise histórica e conceitual. In: DÖRR, A. C.; ROSSATO, M. V. e ZULIAN, A. (Orgs.). *Agronegócio:* panorama, perspectivas e influência do mercado de alimentos certificados, 1ª ed. Curitiba: Appris, 2012, p. 11-23.

OCTAVIANO, C. Muito além da tecnologia: os impactos da revolução verde. *Revista Eletrônica Consciência*. Reportagem. 2018. Disponível em http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000600006&lng=pt&nrm=is&tlng=pt, acessada em Julho 2019.

PALERMO, J. R. *Bioquímica da nutrição*. 1ª ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

PAZINATO, M. S. e BRAIBANTE, M. E. F. Oficina temática composição química dos alimentos: uma possibilidade para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 4, p. 289-296, 2014.

PIMENTEL, C. D. M. B.; FRANCKI, V. M. e GOLLUCKE, A. P. B. *Alimentos funcionais*. São Paulo: Livraria Varela, 2005.

SALLES, L. G. *Os alimentos funcionais no Brasil:* uma análise dos produtos registrados com alegações de propriedade funcional e/ou de saúde entre 1999 e 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Sociais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SILVA, R. M. G. e FURTADO, S. T. F. Diet ou light: qual a diferença? *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 14-16, 2005.

SIMPOULOS, A. P. The Mediterranean diets: what is so special about the diet of Greece? The Scientific Evidence. *The Journal of Nutrition*, v. 131, n. 11, p. 3065S-3073S, 2001.

SOUZA, P. H. M.; SOUZA NETO, M. H. e MAIA, G. A. Componentes funcionais nos alimentos. *Boletim da SBCTA*, v. 37, n. 2, p. 127-135, 2003.

UENOJO, M.; MARÓSTICA, M. R. e PASTORE, G. M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 616-622, 2007.

Para Saber Mais

http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/anvisa-atualiza-lista-de-alegacoes-de-propriedades-funcionais-e-de-saude/219201?inheritRedirect=false, acessada em Julho 2019.

https://bit.ly/2S8Uk6l, acessada em Julho 2019.

Abstract: *The Chemistry of Functional Food.* People's eating habits have changed over time, always seeking to maintain healthy eating. Currently, consumer expectations demand the search for new food products that provide, in addition to basic nutrition, the acquisition of other components that work as a physiological potential, allowing improvement in the physical and mental state of people's health. In this context, there are so-called "Functional Foods" that provide additional benefits such as risk prevention of certain diseases. Thus, the present work presents a brief review of functional foods, its main bioactive compounds, the history of its emergence, its chemistry and the potential of its benefits. We also present in this work a proposal of how to approach, through some activities, this theme to assist the teaching-learning process of Chemistry in the school.
Keywords: functional food, health and nutrition, chemistry teaching

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160166

Do Ferreiro a Magnetita: o Vídeo Educativo como Alternativa para a Implementação da Lei 10.639/03ª

Marysson J. R. Camargo, Regina N. Vargas, Juvan P. da Silva, Claudio R. M. Benite e Anna M. C. Benite

O uso de recursos fílmicos na sala de aula no ensino de ciências tem sido objeto de muitos estudos, isso se deve à popularização dessas tecnologias no cotidiano de alunos e professores. Logo, pensar em recursos didáticos que se utilizem destas no ensino de química tem se tornado cada vez mais uma preocupação entre nós professores e professoras de química. Apresentamos, aqui, o *design*, planejamento e desenvolvimento de um vídeo educativo que pode ser utilizado para a implementação da lei 10.639/03 no ensino de química. Ainda apresentamos uma proposta de utilização do vídeo em sala de aula de química. Utilizamos elementos da diáspora africana no Brasil de modo a valorizar a técnica e os saberes africanos da forja do ferro com o intuito de que a comunidade negra, maioria no Brasil, se veja representada no desenvolvimento da ciência. Os conceitos químicos abordados nesta iniciativa foram: propriedades metálicas, os óxidos e substâncias magnéticas.

▶ vídeo educativo, lei 10.639/03, racismo ◀

Recebido em 19/07/2018, aceito em 11/01/2019

O vídeo pode ser compreendido como uma tecnologia que permite o processamento de sinais eletrônicos, analógicos e digitais. Tem como objetivo apresentar uma sequência de imagens com impressão de movimento (Vicentini e Domingues, 2008). Até o final dos anos de 1970 o vídeo era tecnologia quase que exclusiva das emissoras de TV, já nos anos de 1980 "passou definitivamente para as mãos da sociedade, principalmente porque a sua evolução técnica se dá com um correspondente barateamento dos equipamentos, permitindo ampliar o acesso a esse novo meio" (Lima, 2001, p. 3). Mendonça *et al.* reiteram:

> *Os artifícios eletrônicos, a cada dia que passa, estão mais acessíveis tanto para alunos como para professores. Sites de vídeos, redes sociais, blogs embarcam trabalhos feitos com máquinas fotográficas digitais simples e celulares* (Mendonça et al., 2014, p. 194).

A popularização do acesso à internet e às filmadoras, máquinas digitais e, sobretudo, a aparelhos celulares com câmeras, aumentou e muito a democratização da produção de material audiovisual (Vicentini e Domingues, 2008). Apesar desse contexto, o uso em sala de aula se deu somente a partir da década de 1990 (Moran, 1994). Dessa forma, é uma tecnologia popularizada, mas ainda pouco integrada ao cotidiano da prática pedagógica por motivos que vão desde a resistência de professores em incorporá-los à sua prática ao descompasso das potencialidades da tecnologia com a estrutura das escolas (Vicentini e Domingues, 2008).

A inserção de recursos audiovisuais na escola nos coloca em "crescente e constante necessidade de aprimoramento profissional e atualização de metodologias" (Audino e Nascimento, 2010, p. 128), pois toda e qualquer inovação nos é imposta como uma realidade imutável, modificando o dia a dia de nós professores. Portanto, somos convocados a refletir sobre a importância deste meio didático e como o mesmo pode potencializar a negociação de significados em sala de aula.

Além dessa quase onipresença da tecnologia audiovisual que nos impõe a inclusão da mesma como recurso no planejamento da ação docente na sala de aula, segundo Arroio

A seção "Educação em Química e Multimídia" tem o objetivo de aproximar o leitor das aplicações das tecnologias comunicacionais no contexto do ensino-aprendizagem de Química.

e Giordan (2006), o vídeo ainda estabelece um contato multissensorial com os alunos levando-os a experienciar emoções e sensações antes do conjunto de argumentos racionais que estruturam determinado conteúdo ou conceito a ser ensinado e, portanto, pode despertar o interesse e motivar a aprendizagem.

Dessa forma, um vídeo educativo pode ser definido como aquele que cumpre um objetivo didático previamente formulado (Ramos, 1996). Porém, esta é uma definição muito vasta. Cebrián (1987) classifica em quatro tipos diferentes os vídeos educativos, a saber:

a) Curriculares, aqueles voltados especificamente para o desenvolvimento de um conteúdo curricular;
b) De divulgação cultural, cujo objetivo é apresentar a um público diverso aspectos relacionados com determinadas formatações culturais;
c) De caráter técnico-científico, aqueles que apresentam conteúdo relacionado com o progresso da ciência e da tecnologia ou os que se propõe a explicar o comportamento de caráter físico, químico ou biológico;
d) Vídeos para a educação que são aqueles que obedecendo a uma determinada intencionalidade didática, são utilizados como recursos didáticos, porém não foram feitos especificamente com esta intenção.

De outro modo, Schmidt (1987) classifica os vídeos educativos de acordo com os objetivos didáticos que se pode alcançar:

a) Instrutivos: instruir os alunos sobre o conhecimento de determinado conteúdo;
b) Cognitivos: pretende informar sobre diferentes aspectos relacionados com um tema de estudo;
c) Motivadores: para dispor positivamente ao alunado sobre o desenvolvimento de uma determinada área;
d) Modelizadores: apresentam modelos a imitar ou seguir;
e) Lúdicos ou expressivos: destinados para que os alunos possam aprender e compreender a linguagem dos meios audiovisuais.

Outra classificação é proposta por Ferrés (1988) *apud* Arroio e Giordan (2006) para quem, no contexto da sala de aula, o vídeo pode ser classificado como vídeo-aula, vídeo-motivador e vídeo-apoio. O vídeo-aula se caracteriza pela apresentação ordenada de um conteúdo. É necessário, portanto, comensurar o uso dessa modalidade de vídeo uma vez que por serem mais extensos podem tornar a aula enfadonha e provocar prejuízos a outras formas de interação na sala de aula. O vídeo educativo não pode reduzir-se a apenas à apresentação do mesmo como se vídeo apresentado fosse conteúdo dado.

O vídeo-motivador tem por objetivo possibilitar ou introduzir uma discussão posterior à sua exibição, portanto, tem a função de apresentar conteúdos, provocar debates, chamar a atenção de alunos para um tema de interesse etc. Outra categoria, ainda segundo os autores, é o vídeo-apoio que tem por finalidade dar um subsídio imagético ao discurso do professor. O professor adapta a sequência de imagens apresentadas no vídeo ao conteúdo e/ou ao nível de compreensão dos discentes, pode-se ainda viabilizar a participação dos alunos durante a exibição ou ainda ceder o vídeo aos alunos para que criem um discurso a partir do que é ilustrado (Arroio e Giordan, 2006).

Ademais, importa destacarmos que, de acordo com Rezende e Struchiner (2009), um vídeo educativo de boa qualidade (proposta pedagógica) teria que ter:

> *1) completude e fechamento em relação à temática abordada, de forma a poder prescindir de explicações ou complementações posteriores; 2) aptidão para ser exibido nos mais variados contextos e para a maior diversidade de espectadores, procurando obter efeitos regulares independentemente da variabilidade destes; 3) capacidade de captar e manter a atenção do espectador de forma mais eficiente que os meios didáticos usuais* (p. 51).

Rezende e Struchiner (2009) acrescem ainda que o vídeo educativo pode ser, além disso, uma maneira de se promover a intertextualidade em sala de aula, pois as imagens, sons e palavras presentes no objeto educacional interagem com diversos outros sons, imagens e palavras externas a ele, colocando o aluno como parte ativa e criativa nessa relação, propiciando a construção de sentidos e valores, pois esta relação é estabelecida pelo próprio aluno. Ou seja, os alunos relacionam seus saberes e contextos ao que é trazido pelo vídeo e, através da mediação do professor, nesse processo, ocorre intercâmbio de saberes, discussão de conteúdos e reflexões pertinentes (Rezende e Struchiner, 2009).

Destarte, essa relação entre textos (discursos), sons e imagens que resultem em maior intertextualidade corrobora em alguns aspectos para o ensino-aprendizagem em sala de aula: promove a interpretação de vários tipos de textos sobre um mesmo tema, estimula uma troca cultural entre professores e alunos e disponibiliza aos alunos variados discursos e materiais que não fazem parte do ambiente escolar (Pappas *et al.*, 2002 *apud* Rezende e Struchiner, 2009).

De acordo com Giordan (2015), outra característica do audiovisual:

> *[...] também relacionada às especificidades multimodais de sua linguagem, é a capacidade de sintetizar em trechos curtos uma grande quantidade de conceitos, ideias, conhecimentos, que são lançados à audiência em uma velocidade bem superior a outras formas de comunicação. A imagem em movimento combinada ao discurso verbal expressa de forma sintética o comportamento de sistemas e pessoas por meio de narrativas que devem ser decodificadas, ou seja, interpretadas pela audiência na forma de outra narrativa* (p. 156).

Fato é que o vídeo educativo utiliza linguagem verbal e não verbal, e pode atrair a atenção dos alunos devido à estética e animação. No ensino de química, pode-se, por

exemplo, simular experiências que os alunos não teriam acesso e que não seriam possíveis de se realizar na escola, devido ao tempo, ao espaço e toda a problemática de recursos e condições das escolas (Silva *et al.*, 2012). Apoiamo-nos em Arroio e Giordan (2006) para afirmar que neste contexto "mesmo as situações mais abstratas e desprovidas de imagem podem ser apresentadas por meio de algum tipo de estrutura audiovisual" (p. 11).

Neste excerto trouxemos uma proposta de utilização de um vídeo educativo no ensino de química para a implementação da lei 10.639/03. Trata-se de um vídeo, que descreveremos mais adiante, que versa sobre a preparação de um composto magnético (magnetita) de ferro e uma proposta para o uso do vídeo. Inspirados em outro trabalho, desenvolvido por nós, no qual foi sintetizada a ferrita em uma aula experimental para nível superior (Silva *et al.*, 2013), nesta comunicação desenvolvemos uma proposta de intervenção pedagógica voltada para o ensino médio com a utilização de recurso fílmico.

Sobre a Lei 10.639/03

A lei 10.639 de 9 de Janeiro de 2003,[b] alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, lei Nº 9.394/1996, em seus artigos 26A e 79B, tornando obrigatória a inclusão, no currículo oficial, do ensino de história e cultura africana e afro-brasileira em toda a educação básica pública e privada. A lei supracitada é regulamentada pelo Parecer do Conselho Nacional de Educação CNE/CP 6/2002 e a Resolução Nº 1 de 17 de junho de 2004 – Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Relações Étnico-Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-Brasileira. Essa lei desloca o mote dos currículos escolares que é historicamente eurocêntrico.

Ao tornar lei o ensino de cultura e história africana e afro-brasileira, o Estado sai de um lugar de indiferença correlato às implicações do racismo na escola e no fazer científico e se coloca como um Estado democrático que respeita o princípio da igualdade constitucional, que assume e resguarda a diversidade étnico-racial de seu povo não ficando apartidário a atual conjuntura de desigualdade racial (Gomes, 2011).

Ao tornar lei o ensino de cultura e história africana e afro-brasileira, o Estado sai de um lugar de indiferença correlato às implicações do racismo na escola e no fazer científico e se coloca como um Estado democrático que respeita o princípio da igualdade constitucional, que assume e resguarda a diversidade étnico-racial de seu povo não ficando apartidário a atual conjuntura de desigualdade racial (Gomes, 2011).

A referida lei é uma ação afirmativa que dialoga com a população negra brasileira. Ações afirmativas são políticas públicas voltadas a grupos oprimidos historicamente que têm por objetivo compensar as injustiças históricas dirigidas a tais grupos, que por consequências dessas injustiças, ocupam na conjuntura social atual posições desprestigiadas e subalternizadas. As ações afirmativas se concretizam não apenas por meio de cotas reservadas a membros do grupo oprimido em universidades e concursos públicos, mas, também, por medidas como a lei 10.639/03, que rompe com a indiferença, a supressão, a desconsideração ou até a desqualificação do legado africano e afro-brasileiro engendradas pelo currículo eurocêntrico (Gomes, 2010).

O currículo escolar brasileiro tem suas bases no eurocentrismo e não atende à diversidade étnico-racial do nosso país. Fernandes (2005) salienta que embora a cultura europeia, representada majoritariamente pelos colonizadores portugueses, tenha deixado sua marca na constituição do nosso país como a cultura dominante, não foi suficiente para suprimir os legados indígena e africano. Contudo, o modelo europeu chegou à escola e se estabeleceu nos currículos silenciando, ou mesmo omitindo, "a condição de sujeitos históricos às populações negras e ameríndias" (Fernandes, 2005, p. 380), o que reverbera no insucesso escolar de jovens negros e negras.

Munanga (2005) aponta que um caminho de combate ao racismo refletido na escola consiste primordialmente em reconhecer que somos uma sociedade racista, o que é possível a partir do rompimento com o "mito da democracia racial" – ideário coletivo segundo o qual no Brasil não existem barreiras de mobilidade socioeconômicas impostas pelas desigualdades raciais, visto que o preconceito racial seria inexistente – e, em um segundo estágio dessa luta, traçar planos educativos e pedagógicos antirracistas.

Por sua vez, o ensino de história e cultura africana e afro-brasileira tem como propósito valorizar a contribuição dos povos africanos que não foi apenas no campo da arte, da culinária ou da religião, mas também no campo da ciência e da tecnologia. As técnicas desenvolvidas pelos africanos, mesmo antes do conceito moderno de ciência, eram o que se tinha de mais desenvolvido (para a época em que foram criadas), considerando os problemas e complexidades das sociedades daquele tempo (Nascimento, 2007; IPEAFRO, 2018). Os africanos manejavam a terra, transformavam a matéria, logo foram também os alicerces da ciência de hoje (Cunha, 2007).

Muito conhecimento, técnicas e tecnologias revolucionaram a existência do homem e surgiram primeiro na África,

> *Um exemplo impressionante que marca a experiência africana é o saber astronômico da nação Dogon, de Mali, perto da antiga capital universitária de Timbuktu. Com uma concepção moderna e um saber extremamente complexo do universo, os Dogon conheciam cinco a sete séculos atrás, o sistema solar, a sua estrutura espiral da Via Láctea, as luas de Júpiter e os anéis de Saturno. Diziam que um bilhão de mundos espiralava no espaço como a circulação no sangue no corpo de Deus. Sabiam eles da natureza deserta e infecunda da lua, que diziam ser seca e morta, como sangue seco* (Nascimento, 2007, p. 37).

Cabe considerar que ao ser humano é inerente a capacidade de integrar e transformar sua realidade desenvolvendo conhecimentos e, assim, organizações societárias cada vez mais complexas. Logo, contrariando as expectativas racistas, estes atributos marcaram a trajetória dos povos africanos e, sugerir o oposto, ou seja, afirmar que os africanos não foram capazes de produzir conhecimento e tecnologia significa contestar a sua humanidade (Nascimento, 2007).

Estabelecer uma relação entre os povos negros e a produção de conhecimento, técnicas e tecnologias em química, por exemplo, significa construir representações positivas por um lado e descontruir visões deturpadas a respeito do povo negro por outro que, respectivamente, arquitetam identidades e ao mesmo tempo contribuem para depauperação do racismo que estabeleceu, erroneamente, a lógica de que somente o europeu foi capaz de ser um *Homo sapiens sapiens* em sua plenitude, como agente reflexivo e ativo transformador de sua realidade por meio do trabalho, logo, por meio da transformação da matéria (Benite *et al.*, 2017; Camargo, 2018).

Implementar a lei 10639/03 é possibilitar um diálogo de representatividade com sujeitos que estão em sala de aula, uma vez que somos hoje um país de 51% de população autodeclarada negra (IBGE, 2010). Além do mais:

> *Sabe-se hoje que há correlação entre pertencimento étnico racial e sucesso escolar, indicando, portanto, que é necessária firme determinação para que a diversidade cultural brasileira passe a integrar o ideário educacional não como um problema, mas como um rico acervo de valores, posturas e práticas que devem conduzir ao melhor acolhimento e maior valorização dessa diversidade no ambiente escolar* (Brasil, 2009).

Assumidos esses pressupostos, defendemos que é imprescindível implementar a lei como forma de combate à problemática social que é o fenômeno do racismo. Racismo que se constitui na convicção de que uma raça é naturalmente superior a outra. Nesse sentido, o racismo se dá no somatório de supremacismo branco, preconceito de cor e discriminação racial como componentes do fator raça, caracterizada, portanto, no âmbito psico-sócio-cultural e bio-fenotípico, fundamentando assim uma relação vertical entre raças (Nascimento, 1980).

A Produção do Vídeo

O vídeo intitulado "Do ferreiro à magnetita" foi produzido pelo Coletivo Ciata[c] do Laboratório tendo como parâmetros de criação a pré-produção, produção e finalização. As imagens foram captadas em câmera S-VHS e editadas numa mesa de edição linear com auxílio do programa *Vegas Pro 12* totalizando um total de 10 minutos. O objetivo didático dessa produção audiovisual foi o estudo de reações de oxirredução envolvendo os compostos de ferro e suas propriedades.

A magnetita é um óxido de ferro de ocorrência natural e abundante na crosta terrestre. É mais encontrada em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares e em sua forma pura é de rara ocorrência, podem-se observar propriedades magnéticas e elétricas (Magalhães, 2008). Sua fórmula molecular é Fe_3O_4, sendo um produto de proporção estequiométrica 1:2 em relação ao Fe^{2+} e ao Fe^{3+}. De acordo com Magalhães (2008), seus cristais apresentam estrutura do tipo espinélio invertido. Em cada célula unitária da magnetita há oito íons Fe^{3+} localizados no sítio tetraédrico e no sítio octaédrico oito íons Fe^{3+} e oito íons Fe^{2+}, podendo também ser representada por $Fe^{2+}_8Fe^{3+}_{16}O_{32}$ (Figura 1).

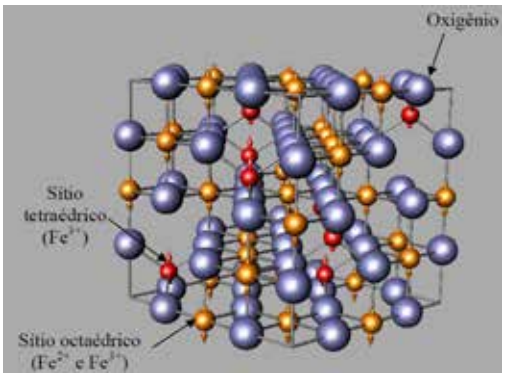


Figura 1: Representação da célula unitária da magnetita (Magalhães, 2008).

A síntese da magntetita foi realizada segundo o método de síntese de pigmentos magnéticos de acordo com Bessler e Neder (2011). Para a produção audiovisual foram utilizadas soluções de $FeC\ell_3.6H_2O$, de $FeC\ell_2.4H_2O$ e de NH_4OH. Foram preparadas as soluções de Fe^{3+} a partir de 1,39 g de $FeC\ell_3.6H_2O$ em 50 mL de água e de Fe^{2+} a partir de 0,87 g de $FeC\ell_2.4H_2O$ em 50 mL de água.

A solução aquosa de NH_3 foi preparada a partir da diluição de 8,2 mL da solução concentrada de amônia até o volume de 100 mL. O hidróxido da solução é proveniente do equilíbrio de ionização da amônia, portanto, recomendamos cuidado e o uso da solução concentrada em capela. A amônia que possa ser produzida em um eventual deslocamento do equilíbrio é um gás irritante e tóxico.

Adicionou-se em um tubo de ensaio 3 mL da solução de ferro(II) à 3 mL da solução de ferro(III) preparadas (Figura 2). A mistura final foi agitada. Mediu-se 10 mL da solução de NH_3, que foram adicionadas ao tubo. Observou-se a formação da magnetita, que consistia em um precipitado preto (Figura 3). Importa dizer que outra base poderia ser utilizada como, por exemplo, o hidróxido de sódio (NaOH). A mudança de base acarreta em diferenças nos tamanhos das nanopartículas magnéticas que são produzidas (Panta *et al.*, 2012).

Não foram utilizadas técnicas de análise capazes de comparar as características microscópicas do produto obtido com a da literatura a fim de se confirmar a síntese e a pureza da magnetita. Porém, utilizou-se a propriedade magnética deste óxido para se afirmar sua produção. Para tanto, fez-se uso de um ímã em forma de disco, e a aproximação

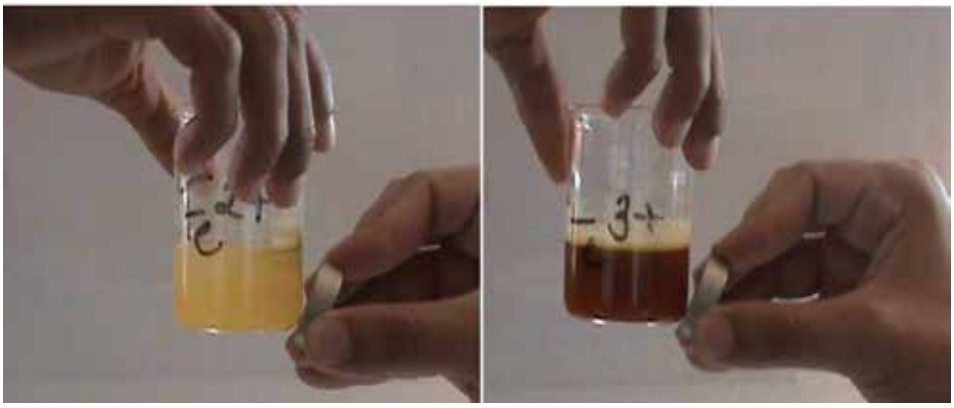


Figura 2: Propriedades das soluções de Fe^{2+} e Fe^{3+}: não houve alterações com a aproximação do ímã.

Figura 3: Separação da magnetita produzida do sobrenadante por meio da utilização de um ímã (imagem retirada do vídeo).

deste ímã ao tubo de ensaio em que o precipitado estava contido provocou sua separação do sobrenadante, tal como mostra a Figura 3.

As propriedades e reações envolvendo os complexos férrico e ferroso e a produção da magnetita devem ser abordadas segundo as inter-relações entre seus aspectos fenomenológicos, representacionais e teóricos, segundo o esquema por nós sugerido a seguir (Figura 4).

Proposta para Utilização do Vídeo

Apresentamos agora nossa proposta para o uso do vídeo para uma aula de química no ensino médio – Quadro 1. A aula foi planejada a partir de uma perspectiva de contextualização de conceitos químicos por meio de uma abordagem histórico-cultural africana e afro-brasileira, ou seja uma episteme afrocentrada.[d]

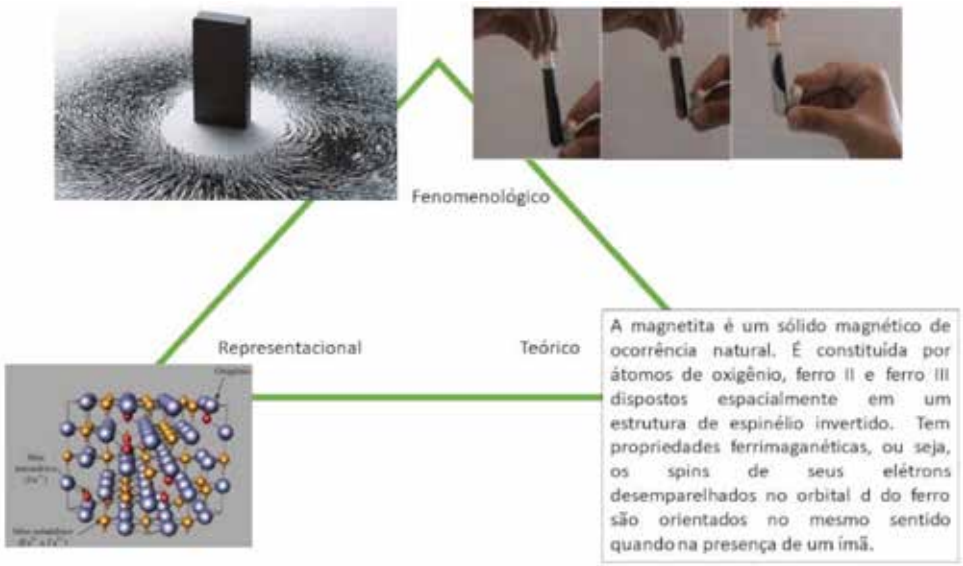


Figura 4: Esquema de abordagem dos três níveis do conhecimento químico: fenomenológico, teórico e representacional. Adaptado de Machado (2004).

Quadro 1: Abordagem histórico-cultural e os conceitos químicos da intervenção pedagógica (IP) sugerida

Tema	Abordagem histórico-cultural	Conceitos químicos
Do ferreiro a magnetita	O papel do ferreiro africano na história africana e afro-brasileira; raça e racismo	Propriedades dos óxidos metálicos e transformações da matéria

Os conceitos e os conteúdos de química devem ser sempre o foco principal de ensino em uma aula de química, no entanto, é importante ressaltar que contextualizar esse conhecimento exige um intercâmbio com outras áreas de conhecimento. Contextualizar é amplificar a trama de significações que sustentam o conceito ou conteúdo ministrado. Para além do conteúdo disciplinar que é de domínio do professor, é preciso que o docente busque em outras fontes de diferentes áreas de conhecimento, como a história, a sociologia, a biologia etc., de modo a estabelecer relações do conhecimento químico com as demais áreas. A IP que propomos está fundamentada nessa concepção de contextualização.

Contudo, nossa opção de contextualização será possibilitada pela perspectiva de outra episteme de produção de conhecimento científico. Uma episteme de matriz africana que estabelece uma ciência que não se produz, não se valida e nem se socializa, historicamente, a partir de uma lógica de sujeição e opressão da natureza pelo ser humano, mas que considera ambos, partes de um todo que se complementam (Sodré, 2012).

Destarte, sugerimos que a IP seja realizada considerando cinco momentos que passamos a apresentar. Em um ***primeiro momento***, o professor poderá discutir a importância do uso do ferro e a da figura do ferreiro desde os tempos mais remotos em África. Achados arqueológicos indicam a presença de utensílios de ferro que foram forjados pelos povos africanos em períodos muito distantes:

> *A arqueologia, por suas prestigiosas descobertas, já deu uma contribuição valiosa à história africana, sobretudo quando não há crônica oral ou escrita disponível (como é o caso de milhares de anos do passado africano). Apenas objetos-testemunho, enterrados com aqueles a quem testemunham, velam sob o pesado sudário de terra por um passado sem rosto e sem voz. Alguns deles são particularmente significativos como indicadores e medidas da civilização: objetos de ferro e a tecnologia envolvida em sua fabricação, cerâmicas com suas técnicas de produção e estilos, peças de vidro, escrituras e estilos gráficos, técnicas de navegação, pesca e tecelagem, produtos alimentícios, e também estruturas geomorfológicas, hidráulicas e vegetais ligadas à evolução do clima [...]* (Ki-Zerbo, 2010, p. 39).

Os conhecimentos acerca da natureza e suas transformações sempre estiveram relacionados à organização social e cultural da humanidade e em África não foi diferente. Segundo Silva (2008), que estudou sobre o ferreiro africano e sua importância no século XIX, o chefe de uma mina representava uma figura de poder ao qual estavam sujeitos os trabalhadores da mina e demais povos que se achegavam por não dominarem as técnicas de siderurgia e metalurgia do ferro. Os súditos e estes povos agregados legitimavam o poder desse rei-ferreiro, uma vez que "[...] a ideia de poder na África central não está associada à extensão do território dominado e sim à quantidade de pessoas submetidas à figura do chefe (Silva, 2008, p. 36) ".

Em um ***segundo momento***, o professor incentivará a participação dos alunos para que deem exemplos de utilidades do ferro, tais como seu uso na atividade bélica, artesanato, ferramentas de trabalho, na agricultura (enxada, machado), joias, entre outros. Essa chamada para atuação dos alunos se institui, pois, concordamos com Driver *et al*. (1999) que:

> *Uma perspectiva social da aprendizagem em salas de aula reconhece que uma maneira importante de introduzir os iniciantes em uma comunidade de conhecimento é através do discurso no contexto de tarefas relevantes. [...] Participando das atividades discursivas das aulas de ciências, os alunos vão sendo socializados nas formas de conhecimento e nas práticas da ciência escolar. Isso representa uma grande demanda para os educadores: O desafio está em criar, entre os alunos, uma perspectiva crítica sobre a cultura científica. A fim de desenvolver tal perspectiva, os alunos precisarão estar conscientes dos objetivos variados do conhecimento científico, de suas limitações e das bases sobre as quais se assentam suas asserções* (p. 36-39).

Neste momento, uma questão importante a ser colocada em discussão é a estratégica escolha de homens e mulheres negros e negras que foram traficados para o Brasil. Campos (2009) afirma que os negros no Brasil contribuíram no campo da tecnologia, no qual as mulheres dominavam a arte das cerâmicas e os homens as peças de ferro. O comércio de escravizados era movimentado de acordo com os conhecimentos técnicos e tecnológicos que negros e negras dominavam:

> *No Brasil colonial, muitos desses especialistas eram comprados como escravos por senhores de engenho para o abastecimento de ferramentas em geral, pois havia uma necessidade de que trocassem constantemente os utensílios, pelo desgaste dos mesmos. Os produtos comumente utilizados para a manutenção dos engenhos eram, em sua maioria, materiais ferrosos, como machados, enxadas e foices* (Campos, 2009, p. 3).

Salientamos a necessidade de uma posição crítica do

professor no momento em que discutir tais questões. É importante apresentar o povo negro escravizado como sujeitos históricos e não passivos à situação de escravidão em que viveram. Dessa forma, é importante ressaltar a cultura, a produção de saberes desse segmento, assim como o movimento de resistência do povo africano e da diáspora. É necessário compreender que a escravização do povo africano e de seus descendentes no território brasileiro se susteve em razão do racismo estrutural que se desenvolveu das instituições públicas às privadas, produzindo paradigmas, atitudes e violências físicas e simbólicas que dificultaram insurgências e a sobrevivência desses povos (Cunha Júnior, 2010).

Sugerimos também relacionar o processo histórico do racismo à reinvenção do mesmo na atualidade sob o título de democracia racial. O racismo não foi superado. Ainda hoje ele se revela, às vezes sutilmente, às vezes explicitamente e a escola está inserida em uma sociedade racista e, portanto, o racismo está na escola e se expressa por atitudes e comportamentos de professores e alunos.

Em seguida, em um ***terceiro momento***, o professor apresenta aos alunos a forma como o ferro é encontrado na crosta terrestre, ou seja, na forma de óxidos de ferro II e ferro III e, justamente a transformação dos óxidos em ferro metálico, o que possibilitou a metalurgia e, consequentemente, a maior frequência de utilização do ferro e de seus utensílios junto às sociedades (Medeiros, 2010). Assim, por meio dos três momentos sugeridos, são trabalhados os conceitos químicos, a partir de uma lógica social e histórica, cumprindo a lei 10.639/03.

O vídeo cumpre a função de ser uma alternativa para a implementação da lei 10.639/03, pois permite discutir o papel dos ferreiros como fundamentais para o desenvolvimento do técnicas e tecnologias em África, que foram posteriormente aproveitadas por outras sociedades, e possibilita discutir conteúdos correlatos ao ensino de química, como o ferro e suas propriedades físicas e químicas, materiais magnéticos, como a magnetita e aspectos microscópicos destes.

No ***quarto momento*** da aula sugerimos a apresentação do vídeo sobre a produção da magnetita, um óxido de ferro, que é mais economicamente viável que a síntese do ferro metálico, pois a produção do ferro em estado de oxidação zero demanda uma quantidade de calor considerável, desde 1200 a.C. em que:

> *[...] o minério e carvão vegetal eram colocados em um buraco no solo e aquecidos, e o ar era insuflado manualmente para facilitar a queima do carvão. A partir dessa técnica, era obtido um material facilmente moldável, constituído basicamente por ferro metálico* (Medeiros, 2010, p. 208).

Sugerimos que o vídeo seja utilizado como vídeo-apoio de acordo com a classificação que apresentamos anteriormente. Depois de apresentado o vídeo, o professor deverá utilizá-lo conforme for conveniente. Paramagnetismo, diamagnetismo, preparação de soluções, diluições e as reações químicas envolvidas no equilíbrio heterogêneo de formação da magnetita, são conceitos que o professor poderá desenvolver conforme for apropriado às séries em que realizar a aula. Assim, nesse momento, o/a docente irá trabalhar alguns aspectos específicos do conhecimento químico: a linguagem e as representações adequadas; e os modelos explicativos para as propriedades e reações apresentadas no vídeo.

Consideramos ainda que, de acordo com a classificação proposta por Cebrián (1987), o vídeo em questão tem elementos de um vídeo curricular, ou seja, pretende-se com ele ensinar sobre um tema específico. De acordo com Schmidt (1987), classificamos o vídeo educativo por nós produzido como um vídeo motivador, pois objetiva-se predispor os discentes positivamente em relação ao conhecimento que será discutido. Dessa forma, defendemos que o vídeo estimulará a intertextualidade, pois parece possibilitar que o aluno estabeleça uma relação mais profunda com o conhecimento que será abordado pelo/a professor/a. No entanto, salientamos que esta proposta deverá ser executada para que se possa afirmar com mais certeza as categorias que o vídeo mobiliza.

Para finalizar a aula (***um quinto momento***) o professor deverá destacar o legado africano para ciência e discutir com os alunos o fato de, na maioria das vezes, nos ser apresentada uma ciência branca e eurocêntrica que resulta em uma "não discussão" sobre os legados africanos para ciência, mas que nesta aula ocorreu de forma diferente. Propomos ainda que a avaliação da aula seja feita, com objetivo formativo, e como alternativa sugerimos ao professor reproduzir o vídeo sem a banda de áudio e, assim, a partir dos discursos desenvolvidos pelos alunos no debate, avaliar a apropriação conceitual.

Algumas Considerações

O vídeo "*Do ferreiro a magnetita*" apresenta a possibilidade de se discutir os conceitos de propriedades magnéticas da matéria, oxirredução, estudo dos compostos de ferro e equilíbrio heterogêneo. Basta, segundo a série em que for utilizado, o professor dar o enfoque que atenda ao currículo básico exigido no ensino de química. Ou seja, a estrutura rígida da sala de aula e seus conteúdos não foram modificados, porém esses conceitos químicos podem ser discutidos a partir de contexto que reconte a história de nossos antepassados.

O vídeo cumpre a função de ser uma alternativa para a implementação da lei 10.639/03, pois permite discutir o papel dos ferreiros como fundamentais para o desenvolvimento do técnicas e tecnologias em África, que foram posteriormente aproveitadas por outras sociedades, e possibilita discutir conteúdos correlatos ao ensino de química, como o ferro e suas propriedades físicas e químicas, materiais magnéticos, como a magnetita e aspectos microscópicos destes. O vídeo

proposto se configura, assim, como um meio de apresentar uma ciência não hegemônica para o sujeito não-universal na direção de uma educação antirracista. Defendemos também que estratégias como essa possam ser trabalhadas inter ou multidisciplinarmente com o engajamento da equipe docente da escola e, assim, a temática proposta pela lei seja incluída transversalmente no currículo escolar.

Notas

[a]Este artigo é uma versão ampliada e revisada do texto apresentado pelos autores no *Encuentro Internacional por la Unidad de los Educadores*, *Pedagogía*, 29 de janeiro de 2015, Havana, Cuba.

[b]Alterada pela lei 11.6345/2008 que acresce a obrigatoriedade do ensino de cultura e história indígena.

[c]Grupo de Pesquisa do Laboratório de Pesquisas em Educação Química e Inclusão do Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás, que desenvolve pesquisas sobre a implementação da lei 10.639/2003 no ensino de química e a educação para as relações étnico-raciais na formação de professores de ciências.

[d]Episteme afrocentrada refere-se a uma ciência de matriz africana, ou seja, uma ciência que se desenvolve a partir de uma relação homem-natureza que não seja de opressão. Antes, uma visão de ciência que concebe o ser humano e natureza como complementares.

Marysson Jonas Rodrigues Camargo (maryssoncamargo23@hotmail.com), licenciado em Química pela Universidade Federal de Goiás (UFG), mestre e doutorando em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da UFG, é bolsista Capes. Goiânia, GO – BR. **Regina Nobre Vargas** (regina_goiania@hotmail.com), licenciada em Química pela UFG, é mestra e doutoranda em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da UFG. Goiânia, GO – BR. **Juvan Pereira da Silva** (juvanquimico@yahoo.com.br), bacharel, licenciado e mestre em Química pela UFG, é doutorando em Química e técnico do Instituto de Química (IQ) da UFG. Goiânia, GO – BR. **Cláudio Roberto Machado Benite** (claudiobenite@ufg.br), licenciado em Química, mestre em Educação em Ciências e Matemática e doutor em Química pela UFG, é docente do IQ-UFG. Goiânia, GO – BR. **Anna Maria Canavarro Benite** (anna@ufg.br), bacharel e licenciada em Química, mestre e doutora em Ciências (Química) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), é docente do IQ-UFG. Goiânia, GO – BR.

Referências

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

AUDINO, D. F. e NASCIMENTO, R. S. Objetos de aprendizagem diálogos entre conceitos e uma nova proposição aplicada à educação. *Revista Contemporânea de Educação*, v. 5, n. 10, p. 128-148, 2010.

BENITE, A. M. C.; BASTOS, M. A.; CAMARGO, M. J. R.; VARGAS, R. N.; LIMA; G. L. e BENITE, C. R. M. Ensino de química e a ciência de matriz africana: uma discussão sobre as propriedades metálicas. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 2, p. 131-141, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. *Plano nacional de implementação de diretrizes curriculares nacionais para a educação das relações étnico raciais e para o ensino de história e cultura afrobrasileira e africana.* Brasília: SECAD, 2009.

BESSLER, K. E. e NEDER, A. V. F. *Química em tubos de ensaio:* uma abordagem para principiantes. São Paulo: Blucher, 2011.

CAMARGO, M. J. R. *Estudos sobre a educação para as relações étnico-raciais na formação de professores de química:* a experiência do coletivo CIATA. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

CAMPOS, G. N. *Transferência de tecnologia para o Brasil por escravos africanos.* 2009. Disponível em http://www.arqueologia-iab.com.br/publications/download/14, acessado em Julho 2019.

CEBRIÁN, M. El vídeo educativo. In: *Actas del II Congreso de Tecnología Educativa*. Madrid, Espanha, 1987.

CUNHA, L. *Contribuição dos povos africanos para o conhecimento científico e tecnológico universal*. 2007. Disponível em http://www.acaoeducativa.org.br/fdh/wp-content/uploads/2012/11/contribuicao-povos-africanos.pdf, acessado em Julho 2019.

CUNHA JÚNIOR, H. *Tecnologia africana na formação brasileira*. 1ª ed. Rio de Janeiro: CEAP, 2010

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. e SCOTT, P. Construindo o conhecimento científico em sala de aula. Trad. E. Mortimer. *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 31-40, 1999.

FERNANDES, J. R. O. Ensino de história e diversidade cultural: desafios e possibilidades. *Caderno Cedes*, v. 25, n. 67, p. 378-388, 2005.

FERRES, J. *Cómo integrar el vídeo en la escuela*. Barcelona: Ceac, 1988.

GIORDAN, M. Análise e reflexões sobre os artigos de educação em química e multimídia publicados entre 2005 e 2014. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 2, p. 154-160, 2015.

GOMES, N. L. Educação, relações étnico-raciais e a lei nº 10.639/03: 19 breves reflexões. In: BRANDÃO, A. P. (Org.). *Modos de fazer:* caderno de atividades, saberes e fazeres (A cor da cultura; vol. 4). Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho, p. 19-25, 2010.

GOMES, N. L. *Educação, relações étnico-raciais e a lei 10639/03*. 2011. Disponível em http://antigo.acordacultura.org.br/artigo-25-08-2011, acessado em Julho 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo demográfico 2010:* características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf, acessado em Julho 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS AFROBRASILEIROS (IPEAFRO). *Histórico e equipe*. 2018. Disponível em http://ipeafro.org.br/ipeafro/historico/, acessado em Julho 2019.

KI-ZERBO, J. Introdução geral. In: KI-ZERBO, J. (Ed.). *História geral da África I:* metodologia e pré-história da África. 2ª ed. rev. Brasília: UNESCO, p. 39, 2010.

LIMA, A. A. *O uso do vídeo como um instrumento didático e educativo:* um estudo de caso do CEFET-RN. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MACHADO, A. H. *Aula de química*. 2ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2004.

MAGALHÃES, F. *Síntese e caracterização de óxidos de ferro e compósitos para aplicações no tratamento redox de efluentes aquosos*. Tese (Doutorado em Ciências – Química). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MEDEIROS, M. A. Ferro. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 3, p. 208-209, 2010.

MENDONÇA, L. G.; FERREIRA, F. R. e RODRIGUEZ, L. R. Produção de audiovisual como recurso didático para o ensino de legislação em curso de graduação em química. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 3, p. 194-199, 2014.

MORAN, J. M. Interferências dos meios de comunicação no nosso conhecimento. *Revista Brasileira de Comunicação*, v. 17, n. 2, p. 38-49, 1994.

MUNANGA, K. Apresentação. In: MUNANGA, K. (Org.). *Superando o racismo na escola*. 2ª ed. Brasília: MEC/SECAD, p. 15-20, 2005.

NASCIMENTO, A. *O quilombismo*. Petrópolis: Vozes, 1980.

NASCIMENTO, E. L. *O tempo dos povos africanos*. Brasília: IPEAFRO, MEC/SECAD, UNESCO, 2007.

PANTA, P. C.; ZAMPIVA, R. Y. S.; CAMPOS, H. G. e BERGMANN, C. P. Influência da utilização de NaOH e NH_4OH na síntese de nanopartículas de óxido de ferro por coprecipitação. In: *Anais do 56º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. Curitiba, PR, 2012.

PAPPAS, C. C.; VARELAS, M.; BARRY, A. e RIFE, A. Dialogic inquiry around information texts: the role of intertextuality in constructing scientific understandings in urban primary classrooms. *Linguistics and Education*, v. 13, n. 4, p. 435-482, 2002.

RAMOS, L. B. Que és el vídeo educativo? *Comunicar*, n. 6, p. 100-105, 1996. Disponível em http://www.redalyc.org/pdf/158/15800620.pdf, acessado em Julho 2019.

REZENDE, L. A. e STRUCHINER, M. Uma proposta pedagógica para produção e utilização de materiais audiovisuais no ensino de ciências: análise de um vídeo sobre entomologia. *Alexandria, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 2, n. 1, p. 45-66, 2009.

SCHMIDT, M. *Cine y vídeo educativo*. Madrid: MEC, 1987.

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

SILVA, J. P.; ALVINO, A. C. B.; SANTOS, M. A.; SANTOS, V. L. L.; BASTOS, M. A.; CAMARGO, M. J. R.; LEMOS, M. B. J.; BENITE, C. R. M. e BENITE, A. M. C. Do ferreiro a ferrita: sobre a lei 10.639 no ensino de química. In: *Anais do 53º Congresso Brasileiro de Química*. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

SILVA, J. R. *Homens de ferro:* os ferreiros da África central no século XIX. Dissertação (Mestrado em História Social). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SODRÉ, M. *Reinventando a educação:* diversidade, descolonização e redes. Petrópolis: Vozes, 2012.

VICENTINI, G. W. e DOMINGUES, M. J. C. S. *O uso do vídeo como instrumento didático e educativo em sala*. 2008. Disponível em https://docplayer.com.br/4335328-O-uso-do-video-como-instrumento-didatico-e-educativo-em-sala-de-aula-gustavo-wuergers-vicentini-maria-jose-carvalho-de-souza-domingues.html, acessado em Julho 2019.

Para Saber Mais

Acesse https://lpeqi.quimica.ufg.br/ – Site do Laboratório dos Autores no qual o leitor poderá encontrar indicação de vários artigos produzidos pelo grupo que tratam da temática ensino e cultura africana e afro-brasileira no ensino de química. No mesmo site você poderá encontrar o vídeo objeto de estudo deste artigo.

Abstract: *From Blacksmith to Magnetite: the Educational Video as an Alternative to the Implementation of Law 10.639/03.* The use of film resources in the classroom in science education has been the subject of many studies, this is due to the popularization of these technologies in the daily lives of students and teachers, so think of didactic resources that are used in the teaching of chemistry has become increasingly a concern of us teachers of chemistry. Another demand we have to deal with today is the current curriculum trends. We present, therefore, the design, planning and development of an educational video that can be used for the implementation of law 10.639 / 03 in teaching chemistry. We still present a proposal to use the video in the chemistry classroom. We use elements of the African diaspora in Brazil to appreciate the technique and the African knowledge of the iron forge with the intention that the black community, majority in Brazil, is represented in the development of science. The chemical concepts addressed in this initiative were: metallic properties, oxides and magnetic substances.
Keywords: educational video, law 10.639/03, racism

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160164

O Tema "Alumínio" nas Coleções do PNLD 2018: Uma Análise de Acordo com a Educação CTS

André R. Toquetto

Este artigo tem por objetivo analisar como o tema "Alumínio" é abordado nas coleções didáticas de química aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018, considerando conhecimentos da tríade Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Esta pesquisa apresenta cunho qualitativo, pois investiga nos LD de química os aspectos históricos, sociais, ambientais, econômicos e científico-tecnológicos relacionados à obtenção e reciclagem do alumínio. Na análise, detecta-se que apenas um LD aborda os dois processos utilizados para a obtenção do alumínio metálico, a partir da bauxita: processos Bayer e Hall-Héroult. Além disso, revela as regiões brasileiras ricas em bauxita e, também, traz informações sobre o processo de obtenção do alumínio reciclado. Outro LD menciona os impactos sociais, econômicos e ambientais causados pelo efluente líquido denominado "lama vermelha" e, também, inova ao informar sobre a reação da alumina com a criolita, no processo Hall-Héroult. Sobre a história da ciência e da tecnologia química, outro LD cita as atividades experimentais realizadas por Charles Martin Hall que o levaram à obtenção do alumínio metálico. Por sua vez, constata-se a necessidade de questionamentos sobre os fatores sociais, ambientais e econômicos relacionados à reciclagem do alumínio.

▶ alumínio, educação CTS, livros didáticos de química ◀

Recebido em 24/06/2018, aceito em 17/11/2018

Os livros didáticos (LD) podem exercer uma forte influência pedagógico-didática na formação de professores ao apontar informações sobre questões sociocientíficas. Sobre o tema "Mineração", os LD de química podem guiar os docentes nas suas práticas por meio de textos que apresentem os impactos sociais e ambientais causados pelas atividades de extração e beneficiamento dos minérios e, também, pelos efluentes dos processos metalúrgicos. Essa orientação deve ocorrer concomitantemente com o conhecimento científico-tecnológico e a história da ciência e da tecnologia química, pois, segundo Gérard e Roegiers (1998, p. 90), o LD proporciona ao professor uma série de pistas de trabalho aptas a melhorar ou mesmo renovar a prática pedagógica, além de fornecer instrumentos que permitam, no dia a dia, melhorar as aprendizagens.

Para Saviani (2009, p. 151), a formação de professores apresenta um dilema derivado do "confronto entre os dois modelos: aquele centrado nos conteúdos culturais-cognitivos e aquele referido ao aspecto pedagógico-didático". O autor pontua que a formação do dilema teve sua origem justamente na dissociação entre os dois modelos no processo de formação de professores. Logicamente, a saída do dilema implica na recuperação da indissociabilidade dos dois modelos. Além disso, os LD poderiam ser tomados como ponto de partida para a reformulação dos cursos de Pedagogia e dos demais cursos de licenciatura. Diante do exposto, ressalta-se a importância da análise de coleções didáticas de química durante o período da graduação e posteriormente, durante a formação continuada de professores.

O tema "Alumínio" tem grande relevância para a educação científica, tecnológica, ambiental e socioeconômica dos cidadãos brasileiros, porque possibilita a abordagem das consequências das atividades das multinacionais em solo brasileiro ligadas ao ramo da mineração. De acordo com o economista francês René Passet (2003, p. 99): "Mais que os outros, os países opulentos [Estados Unidos, Canadá, União Européia, Japão] eximem-se de integrar a seus preços o conjunto dos custos sociais e ambientais porque são responsáveis". Novaes e Fraga (2010, p. 158) enfatizam que os

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

Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia Latino-americanos: "não podem deixar de questionar a exploração do trabalho e a destruição da natureza por grandes monoculturas, mineradoras, extrativistas, etc".

Nessa vertente, é de extrema relevância apontar as questões trabalhistas e a gestão ambiental imoral e, para isso, torna-se necessário o envolvimento dos professores das duas áreas: Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Esse trabalho em conjunto busca proporcionar questionamentos com maior profundidade sobre os problemas socioambientais e socioeconômicos ligados, neste caso, aos temas globalização e mineração.

Concepção, Metodologia e *Corpus* de Análise

Sobre a concepção de análise, cabe enfatizar que avaliar não é emitir um juízo de valor sobre as pessoas – no caso, os autores dos LD – mas consiste em reunir as informações e promover um estudo do material textual. Além do mais, seria desastroso e prepotente não levar em consideração o investimento muito importante feito pelos autores dos LD, ou seja, não reconhecer os pontos positivos de seus trabalhos (Gérard e Roegiers, 1998, p. 282-283).

Procurar-se-á não se ater somente às "vozes" emitidas pelos livros didáticos, mas também detectar os silêncios. A respeito das possibilidades provenientes do silêncio, Orlandi (2007, p. 68) ressalta que: "O silêncio não é o vazio, ou o sem-sentido; ao contrário, ele é o indício de uma instância significativa. Isso nos leva à compreensão do "vazio" da linguagem como um *horizonte* e não como *falta*". Ou melhor, revelar-se-á as questões sociocientíficas não tratadas nas coleções didáticas de química aprovadas pelo PNLD 2018, possibilitando assim a formação de um espectro de maior amplitude sobre este tema. Segundo Brooke (1998): "Não é suficiente, no entanto, deter-se nas questões que se referem aos autores e ao que eles escrevem; é necessário também prestar atenção àquilo que eles silenciam, pois se o livro didático é um espelho, pode ser também uma tela".

Nesta análise, investiga-se nos LD de química "a contextualização referenciada nos aspectos socioculturais, bem como a explicitação das inter-relações entre a Química, a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente, ainda que no âmbito da parte diversificada da proposta curricular" (Brasil, 2006, p. 122). Face ao exposto, a linha de análise constitui-se em detectar como os processos Bayer, Hall-Héroult e de reciclagem de alumínio são abordados nos LD de química aprovados pelo PNLD 2018, com seus aspectos históricos, sociais, ambientais, científico-tecnológicos e econômicos. Os livros didáticos de química analisados encontram-se descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Livros Didáticos de Química analisados

Código de Identificação	Referências
LD1	REIS, M. *Química*: ensino médio, vol. 2. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2016.
LD2	MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. *Química*: ensino médio, vol. 2. 3ª ed. São Paulo: Scipione, 2016.
LD3	MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. *Química*: ensino médio, vol. 3. 3ª ed. São Paulo: Scipione, 2016.
LD4	SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S.; DIB, S. M. F.; MATSUNAGA, R. T.; SANTOS, S. M. O.; CASTRO, E. N. F.; SILVA, G. S. e FARIAS, S. B. *Química cidadã*, vol. 3. 3ª ed. São Paulo: Ed. AJS, 2016.
LD5	CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. e PROTI, P. B. *Química*: ensino médio, vol. 2. São Paulo: Moderna, 2016.
LD6	LISBOA, J. C. F.; BEZERRA, L. M.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; BIANCO, P. A. G.; LIEGEL, R. M.; ÁVILA, S. G.; YDI, S. J.; LOCATELLI, S. W. e AOKI, V. L. M. *Ser protagonista*: química, vol. 2. 3ª ed. São Paulo: Edições SM, 2016.

Resultados da Análise sobre o Tema *Alumínio*

Processo Bayer para Obtenção da Alumina

O LD3 (p. 266) aponta as localizações das reservas de bauxita em solo brasileiro, a saber: "A terceira maior reserva do mundo está localizada na Amazônia. No Brasil, reservas de alumínio podem também ser encontradas na região Sudeste, em Poços de Caldas e Cataguases, cidades de Minas Gerais". O mapeamento das reservas de bauxita permite a identificação das regiões brasileiras ricas neste minério e, assim, estabelece uma relação com a componente curricular Geografia. Em seguida, é apresentado o processo de mineração da bauxita, que consiste na remoção da vegetação e do solo e beneficiamento do minério (LD3, p. 266). Na sequência, o LD3 informa que "essa etapa envolve a britagem, a lavagem do minério com água para redução do teor de sílica e a secagem. Após esse processo, a bauxita é enviada para uma indústria de produção da **alumina** (Al_2O_3), óxido de alumínio de elevada pureza" (LD3, p. 266).

Os autores iniciam referindo-se ao processo de remoção da vegetação e do solo, comumente conhecido como *lavra*, que consiste na extração do minério propriamente dito. Essa etapa promove uma alteração tanto na flora quanto no relevo, e por isso se torna pertinente formular a seguinte questão: Como são realizadas as etapas de extração e reabilitação do solo? Antes da retirada do minério, a camada superior do solo, entre 10 e 50 cm, é removida e armazenada para uso posterior no processo de recuperação da área lavrada. A bauxita se encontra entre 2 a 10 m de profundidade, e a extração da bauxita é feita por intermédio de retroescavadeiras hidráulicas, permitindo que se explore seletivamente o terreno a diferentes profundidades, visando o melhor aproveitamento possível do minério disponível e menor dano ao solo (Moura *et al.*, 2008, p. 11-12). A reabilitação do solo

é realizada desta forma, pois as bancadas intermediárias construídas para correção do solo e os poços de decantação para controle da erosão permitem um replantio adequado, permitindo a reposição gradual da vegetação, através da inserção de gramíneas, espécies pioneiras e finalmente, a vegetação perene, composta por árvores nativas e nobres (Moura *et al.*, 2008, p. 12). A abordagem sobre a recuperação do solo é importante para a educação ambiental, uma vez que pode levar ao conhecimento dos educandos sobre como deve ser realizada a regeneração das áreas exploradas pelas mineradoras.

No LD3 consta como é realizada a produção da alumina:

> *A primeira etapa desse processo é a moagem do minério. Como o minério utilizado é proveniente de diferentes jazidas, é necessário, inicialmente, fazer um processo de homogeneização, chamado* ***blendagem****. Assim, o minério que entrará no processo Bayer apresenta, em média, 45% de Al_2O_3 disponível e aproximadamente 4% de sílica reativa (caulinita). Em seguida, a moagem é feita em um moinho de barras. Ao final do processo obtém-se uma pasta moída e com a granulometria ideal para início da digestão. Granulometria é a palavra usada para designar o tamanho médio dos grãos de qualquer material, resultado normalmente de uma moagem, de acordo com faixas pré-estabelecidas de tamanhos de grãos* (LD3, p. 266).

Os autores abordam a etapa inicial da preparação da matéria-prima, sendo também chamada de cominuição, que consiste na redução do tamanho do minério bruto. Segundo Morais *et al.* (2014, p. 10), são realizadas duas etapas: britagem e moagem. A britagem é a primeira etapa, e atua na faixa granulométrica de tamanhos maiores, do metro ao centímetro. Já na etapa da moagem, "os equipamentos empregados apresentam grande robustez, sendo utilizados normalmente britadores de mandíbulas, de impacto, de rolo dentado, de rolo liso, giratório e, também, cônico". A moagem atua na faixa granulométrica do centímetro ao micrômetro, sendo utilizados moinhos de meios revolventes, que são cilindros rotativos em que a fragmentação do minério é realizada no seu interior pela ação de corpos moedores tais como bolas, com diâmetro variando entre 2,5 e 7,5 cm, barras ou fragmentos do próprio minério. Os moinhos são fabricados com materiais metálicos, em geral aços especiais e alguns tipos de ferro fundido, cerâmica e com revestimento de borracha (Morais *et al.*, 2014, p. 10). A moagem pode ser realizada a seco e em circuito aberto ou fechado, e em conjunção com grelhas e peneiras vibratórias (Araújo *et al.*, 2006).

Na continuidade, os autores do LD3 informam sobre a redução do teor de sílica:

> *No processo de digestão do minério ocorre a redução do teor de sílica. A reação do minério com hidróxido de sódio concentrado (NaOH) é feita a uma temperatura de aproximadamente 150 °C. A solução alcalina reage com óxido de alumínio hidratado ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) e produz o aluminato de sódio ($NaAlO_2$), como representado na seguinte equação:*
>
> $$Al_2O_3 \cdot 3H_2O + 2NaOH \rightarrow 2NaAlO_2 + 4H_2O$$
>
> (LD3, p. 267).

A temperatura no processo de digestão é informada; porém, a pressão utilizada não é abordada, e segundo Moura *et al.* (2008, p. 14), "as condições em que se processa a digestão (concentração, temperatura e pressão), variam de acordo com as propriedades da bauxita. Plantas modernas comumente operam em temperaturas entre 200 °C e 240 °C e pressão em torno de 30 atm". Na continuidade do texto, aborda-se o processo de clarificação, no qual "ocorre a remoção dos resíduos sólidos resultantes do processo de digestão da bauxita" (LD3, p. 267). Posteriormente, é informado que "a clarificação do licor é realizada em duas etapas: espessamento e filtração. Na etapa de precipitação, o licor, livre dos resíduos sólidos não solúveis, será reconvertido ao óxido de alumínio hidratado ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) em uma reação inversa à digestão" (LD3, p. 267).

Para finalizar, os autores informam que "a calcinação é a etapa final para a obtenção da alumina e envolve a transformação do hidrato em uma mistura cristalina de formas alotrópicas de Al_2O_3", na qual "inicialmente, o hidrato recém-chegado da precipitação é lavado e filtrado, seguindo então para secagem e calcinação" (LD3, p. 267). A equação química que representa a reação de calcinação pode ser expressa da seguinte forma, indicando a energia calorífica:

$$2Al_2O_3.3H_2O\ (s) + \text{calor} \rightarrow 2Al_2O_3\ (s) + 6H_2O\ (g)$$

A temperatura para a desidratação dos cristais de óxido de alumínio hidratado é de, aproximadamente, 1000 °C (Moura *et al.*, 2008, p. 15).

No LD3 detecta-se um avanço na área de Educação Científica e Tecnológica, ao delinear as etapas do processo Bayer: é o único dos LD analisados que abordou essa tecnologia, visando o conhecimento sociotecnocultural relacionado à obtenção da alumina.

Impactos Ambientais na Produção da Alumina: Lama Vermelha

Devido às ações antropogênicas, existe a necessidade premente de abordar os impactos socioambientais e socioeconômicos causados pelo processo Bayer. De acordo com Tundisi *et al.* (2014, p. 41): "O rejeito da produção da alumina no processo Bayer, chamada de lama vermelha, apresenta características de alcalinidade e eventualmente de presença de outros elementos químicos que fazem com que a toxicidade seja também uma preocupação importante". Esse efluente líquido recebe a denominação "lama vermelha" devido à presença de elevado teor de óxidos de ferro não solubilizados. Na tabela de Santos (1989), apresenta-se a composição química da lama vermelha.

Quadro 2: Composição química da lama vermelha. Fonte: P. Santos (1989)

Constituinte	Teor / %	Constituinte	Teor / %
Al_2O_3	17,42	Na_2O	3,36
Fe_2O_3	51,65	MgO	0,64
TiO_2	7,49	CaO	1,78
SiO_2	4,44		

De acordo com as informações apresentadas no Quadro 2, cerca de 50% da lama vermelha é composta por óxido de ferro III, e "o ferro em altas concentrações pode afetar a saúde humana, pois pode catalisar quimicamente a oxidação de lipídios e outras biomoléculas" (Bast *et al.*, 1991). O LD5 aborda essa questão ambiental por meio do seguinte apontamento:

> *Após sua produção, o resíduo da purificação da bauxita não pode ser descartado direto no meio ambiente, pois apresenta caráter altamente básico [pH 10 a 13] em razão do hidróxido de sódio usado nessa etapa. Denominado lama vermelha, esse resíduo deve ser acondicionado em grandes reservatórios que requerem cuidados para evitar acidentes. Em 2010, um reservatório na cidade de Ajka, Hungria, rompeu e alagou a cidade, causando diversos transtornos ambientais e financeiros. Acidente similar ocorreu em novembro de 2015 na cidade de Mariana, em Minas Gerais. O rompimento das barragens liberou milhares de litros de resíduos de minério de ferro, água e lama vermelha provenientes de uma mineradora. Esse acidente gerou grandes prejuízos econômicos, sociais e ambientais* (LD5, p. 116).

O LD5 aponta os desastres ambientais ligados às atividades de mineradoras, mais especificamente, os crimes ambientais ocorridos em Mariana (MG) e Ajka, na Hungria. Cita também uma propriedade química da lama vermelha. Kuhn (2013, p. 195) chama a atenção para o fato de que "antes da revolução química, uma das tarefas reconhecidas da química consistia em explicar as qualidades [propriedades] das substâncias químicas e as mudanças experimentadas por essas substâncias durante as reações".

Nessa vertente, o rejeito industrial se constitui num grave problema ambiental. Por exemplo, de acordo com o Relatório de Acidentes Ambientais 2009 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (Brasil, 2010, p. 19-20), houve um grave sinistro, no dia 27 de abril de 2009, envolvendo o efluente líquido citado, proveniente da empresa ALUNORTE, multinacional japonesa, localizada no município de Barcarena, região metropolitana de Belém, PA. Naquela ocasião, ocorreu o transbordamento da bacia de rejeitos, causando o lançamento de rejeitos industriais no rio Murucupi (Figura 1).

O rio Murucupi tem grande importância para as comunidades ribeirinhas, pois suas águas "são destinadas tanto para abastecimento urbano, das cidades de Barcarena e Vila do Conde (PA), onde se faz tratamento convencional, quanto para suprir as necessidades de populações ribeirinhas" (Pereira *et al.*, 2007, p. 64).

Sobre a atuação das multinacionais, o renomado geógrafo brasileiro Milton Santos (2013, p. 68) denuncia que: "Um pequeno número de grandes empresas que se instala acarreta para a sociedade como um todo um pesado processo de desequilíbrio". Logo surgem cenas de descaso para com as necessidades dessas comunidades locais e, assim, a pobreza passa a ser algo natural e banal. Quando as empresas e instituições são revestidas pelo manto do poder econômico, Santos (2013, p. 80) explica que: "o dinheiro usurpa em seu favor as perspectivas de fluidez do território, buscando conformar sob seu comando as outras atividades". Peremptoriamente, o Estado precisa ter "uma vontade política interior, capaz de evitar que a influência dos ditos fatores [informação midiática e finança] seja absoluta" (Santos, 2013, p. 77).

Na contramão daquela tendência imoral, as empresas produtoras de alumina podem optar por outros métodos modernos de disposição da lama vermelha, a saber: tratamentos conhecidos como "secos" ou "semi-secos" (Moura *et al.*, 2008, p. 18). A implantação da Tecnologia Social[1]

Figura 1: Detalhes do local de transbordo da bacia de rejeito da empresa ALUNORTE e o ponto de lançamento no rio Murucupi (Belém, PA). Fonte: Brasil, 2010.

busca a minimização dos impactos sociais e ambientais sobre a sociedade e a Natureza, e também, procura uma distribuição mais igualitária dos rendimentos econômicos oriundos das atividades antropogênicas. Pinto (2005) alude a necessidade da apropriação de tecnologias alternativas no seguinte apontamento:

> *Se a técnica rege com exclusividade o curso das transformações sociais e se tão somente ela fornece os meios para erradicar os males que provoca, não podemos apelar senão para ela, a fim de ver concretizados os bons sentimentos que nos animam e os nobres desejos de melhorar a sorte de nossos semelhantes* (p. 231).

As tecnologias de tratamento de efluentes eficientes surgem como meios de proteção ao meio ambiente e, dessa forma, a implementação da Tecnologia Social somada à firme ação fiscalizadora do Estado e à participação crítica da sociedade em questões ambientais podem ser os catalisadores para a preservação da fauna, da flora, dos recursos hídricos, da atmosfera terrestre e da manutenção da qualidade de vida das comunidades locais.

A História do Processo Hall-Héroult

Santos e Schnetzler (2003, p. 69) salientam "a necessidade de o aluno adquirir conhecimentos básicos sobre filosofia e história da ciência [e da tecnologia], para compreender as potencialidades e limitações do conhecimento científico [e tecnológico]". Face ao exposto, outro foco desta análise se refere à abordagem da História da Ciência e da Tecnologia Química (HCTQ), porquanto o surgimento e o desenvolvimento das tecnologias para a obtenção de materiais metálicos estão intrinsecamente ligados a fatores sociohistóricos.

A literatura aponta que o alumínio foi obtido, pela primeira vez, em 1825, pelo dinamarquês Hans Christian Oersted, em cujo laboratório, ao estudar a ação da corrente elétrica, procurou isolar o alumínio a partir da alumina, Al_2O_3. A partir desta, preparou o cloreto de alumínio, $AlCl_3$ que, ao ser tratado com um amálgama de potássio (liga de potássio e mercúrio), possibilitou a obtenção de um amálgama de alumínio. "Por aquecimento, esta liga foi decomposta nos seus constituintes: mercúrio e alumínio. Assim, o mercúrio foi evaporado e o alumínio metálico foi obtido como resíduo desta destilação" (Peixoto, 2001). Segundo Jaffe (1960), outro cientista que trabalhou na obtenção do alumínio foi o químico alemão Friedrich Wöhler:

> *Wöhler montou um famoso laboratório em Göttingen [Alemanha]. Foi um dos primeiros grandes laboratórios de ensino do mundo. Sua fama como químico e professor se espalharam pela Europa. De todos os países, estudantes foram arrebanhados por ele, tendo seu laboratório se transformado num verdadeiro enxame, movimentado dia e noite. Dos Estados Unidos veio James Curtis Booth, seu primeiro estudante americano, e também o professor Frank F. Jewett, do Oberlin College [Ohio], que trouxe de volta [para os Estados Unidos] a história da descoberta, por seu mestre [em 1827], de um metal leve e prateado: o alumínio. Jewett falava, para suas classes, desse estranho metal que ninguém conseguira, até então, obter de modo barato, embora fosse de grande abundância nas rochas do planeta. Um dia, quando ele [professor Jewett] fazia comentários sobre a fortuna que aguardava o homem que conseguisse desenvolver um método simples para extrair alumínio, um de seus alunos deu um cutucão nas costelas de um jovem colega de classe, Charles Martin Hall. "Eu vou em busca desse metal", disse Hall, que, em 23 de fevereiro de 1886, entregou a Jewett um pedaço do metal brilhante. O processo de Hall foi patenteado naquele ano. Este foi o início da enorme indústria de alumínio da América, os produtores de mais de um milhão de toneladas de alumínio por ano* (p. 117, tradução do autor).

De acordo com as últimas citações, observa-se que Oersted e Wöhler estiveram entre os pioneiros na obtenção do alumínio metálico e, assim, o legado de ambos pode ser levado em consideração durante a abordagem do processo Hall-Héroult. Sobre a influência da sociedade de determinada época nas ações dos cientistas, Pinto (2005, p. 284) faz a seguinte observação: "Se a técnica tem de ser sempre a ação de alguém, esse 'alguém' acha-se situado no tempo e no espaço, portanto num âmbito social definido, que necessita descobri-la e aplicá-la para fins que lhe são essenciais". Nessa direção, o momento histórico era favorável para a invenção de uma nova técnica, neste caso, alcançada pelos jovens cientistas Hall e Héroult.

O LD3 (p. 268) apresenta o momento histórico e os jovens cientistas descobridores da redução eletrolítica da alumina; contudo, o contexto social da época ou, em outras palavras, as motivações, os desafios técnico-científicos e a questão socioeconômica se encontram silenciadas. Por sua vez, o LD1 cita o trabalho de Wöhler e, na continuidade, informa sobre as atividades experimentais que levaram Hall ao desenvolvimento de uma nova técnica:

> *Hall desconfiou de que poderia alcançar esse objetivo usando a eletricidade e também de que seria necessário encontrar um fundente para a bauxita (o composto mais abundante de alumínio).*
>
> *Construiu uma bateria improvisada e testou várias substâncias como fundente até que chegou à criolita, Na_3AlF_6 (s).*
>
> *Aqueceu a criolita até a fusão e, em seguida, adicionou a bauxita e percebeu que ela se dissolveu facilmente.*
>
> *Hall ligou a bateria, de modo que a corrente elétrica atravessasse a mistura, e observou o alumínio metálico se acumulando ao redor do eletrodo nega-*

tivo da bateria. Tão logo o metal esfriou o suficiente para poder ser segurado nas mãos, Hall correu para mostrá-lo ao professor Jewett.

Consta que, poucos meses depois, um jovem francês chamado Paul L. T. Héroult (1863-1914), também com 22 anos, desenvolveu o mesmo processo eletrolítico para a obtenção de alumínio (sem nunca ter ouvido falar do trabalho de Hall) (LD1, p. 268).

Com essa abordagem, o LD1 apresenta a "luta" que Hall travou para resolver o desafio técnico, e desse modo demonstra um avanço no ensino da HCTQ. Ao delinear a sequência experimental desenvolvida por Hall, o LD1 expõe os esforços realizados para o desenvolvimento de uma nova técnica visando a resolução de um problema científico-tecnológico. Kuhn (2013, p. 183) retrata bem esse embate na solução de um problema técnico-científico: "O homem que luta para resolver um problema definido pelo conhecimento e pela técnica existente não se limita simplesmente a olhar à sua volta. Sabe o que quer alcançar; concebe seus instrumentos e dirige seus pensamentos de acordo com seus objetivos".

A abordagem estrategicamente estruturada da HCTQ nos livros didáticos de química pode impulsionar o conhecimento dos fatores socioeconômicos, científico-tecnológicos e socioambientais que levaram à gênese ou ao aperfeiçoamento de novas técnicas, caracterizando-a como essencial no processo de ensino-aprendizagem.

Os livros didáticos LD1, LD5 e LD6 apontam que a alta temperatura de fusão da alumina, aproximadamente 2000 °C, representava um problema técnico, para o qual a solução encontrada foi a adição do fundente denominado criolita. Isso permitiu a obtenção de alumínio metálico por via eletrolítica em temperaturas próximas a 1000 °C, uma diminuição bastante significativa e que reduziu muito o custo de produção do alumínio. Os LD de química citados, ao apontarem o fator econômico e o desafio científico-tecnológico relacionado à alta temperatura de fusão da alumina, apresentam outro progresso na abordagem da HCTQ, pois é relevante enfatizar que o desenvolvimento de novas tecnologias químicas se encontra intimamente ligada à resolução de problemas técnicos, econômicos e socioambientais.

Um Processo Metalúrgico: Processo Hall-Héroult

Com relação ao processo Hall-Héroult, para redução da alumina, encontram-se nos livros didáticos LD1, LD3, LD5 e LD6 informações tecnológicas tais como: que as barras de grafita agem como pólos positivos (anodo), e que o recipiente de aço atua como pólo negativo (catodo). O LD5 (p. 152) apresenta a reação da criolita, mineral raro composto basicamente por hexafluoraluminato (III) de sódio, Na_3AlF_6, com a alumina, formando uma mistura líquida, a partir das equações químicas apresentadas no Quadro 3.

As semirreações de oxidação e redução, representadas no Quadro 3, explicitam o meio reativo no qual ocorre a produção de alumínio metálico nas células eletrolíticas, detalhando as transformações químicas que ocorrem no sistema industrial.

Ainda sobre a produção de alumínio metálico, o LD2 aponta o estresse sofrido pelas comunidades locais devido à atuação das indústrias de alumínio:

A instalação de fábricas de alumínio acarreta várias transformações nas regiões próximas e configura uma situação de risco para os seres vivos. O processo de produção demanda muita energia e libera, para a atmosfera, compostos de flúor (provenientes da criolita), além de outros compostos danosos à saúde humana. Atingidas por materiais particulados que ficam em suspensão no ar, as folhas das vegetações ficam queimadas e a qualidade do ar é prejudicada (LD2, p. 233).

O LD2 apresenta um avanço sobre questões socioambientais envolvendo o processo Hall-Héroult, ao apontar os efluentes gasosos contendo flúor, juntamente com os impactos à flora, à atmosfera e à saúde humana. No entanto, considera-se que a melhor sequência didática resulta na inclusão dessas informações no LD3, na abordagem do processo Hall-Héroult.

O LD3 (p. 269) traz, ainda, um importante dado sobre o gasto energético do processo Hall-Héroult: "A demanda de energia elétrica para produção de alumínio é alta, em torno de 13000 kWh/t, sendo o processo metalúrgico que mais demanda energia". De acordo com os *PCNs+ Ensino Médio – Orientações Educacionais Complementares aos*

A abordagem estrategicamente estruturada da HCTQ nos livros didáticos de química pode impulsionar o conhecimento dos fatores socioeconômicos, científico-tecnológicos e socioambientais que levaram à gênese ou ao aperfeiçoamento de novas técnicas, caracterizando-a como essencial no processo de ensino-aprendizagem.

Quadro 3: Equações químicas da reação da criolita com a alumina no processo Hall-Héroult (LD5, p. 153)

Reação da alumina com a criolita	$2Al_2O_3\ (s) + 8[AlF_6]^{3-}\ (\ell) \rightarrow 6[Al_2OF_6]^{2-}\ (\ell) + 12F^-\ (\ell)$
Semirreação de oxidação	$6[Al_2OF_6]^{2-}\ (\ell) + 36F^-\ (\ell) + 3C\ (s) \rightarrow 12[AlF_6]^{3-}\ (\ell) + 3CO_2\ (g) + 12e^-$
Semirreção de redução	$4[AlF_6]^{3-}\ (\ell) + 12e^- \rightarrow 4Al\ (s) + 24F^-\ (\ell)$
Reação global	$2Al_2O_3\ (s) + 3C\ (s) \rightarrow 4Al\ (s) + 3CO_2\ (g)$

Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (Brasil, 2002, p. 110): "Como em todo processo industrial, são fundamentais o cálculo de rendimento e custo dos processos envolvidos e a avaliação dos riscos operacionais e ambientais".

Reciclagem do Alumínio

O LD3 (p. 270) aborda as etapas do processo de obtenção do alumínio reciclado revelando um avanço na área tecnológica. O LD3 (p. 270) cita que "o Brasil lidera a reciclagem de latas de alumínio [97,9%], entre os países onde essa atividade não é obrigatória por lei". Em seguida, apresenta um gráfico no qual mostra a evolução da reciclagem de alumínio em alguns países, de 1996 até 2005, e apresenta o Brasil como líder mundial, chegando próximo a 100%. Na sequência, aponta os benefícios provenientes do processo de reciclagem do alumínio: "A reciclagem do alumínio representa vantagens. Economiza recursos naturais, energia elétrica – no processo, consomem-se apenas 5% da energia necessária para produção do alumínio primário, além de oferecer ganhos sociais e econômicos" (LD3, p. 271). No entanto, alguns questionamentos podem ser feitos: Qual é a dimensão da economia dos recursos naturais, neste caso, da bauxita? Layrargues (2011) promove o seguinte tratamento estatístico sobre a redução da extração de bauxita:

> *Mas se o argumento refere-se ao panorama de esgotamento da bauxita, devemos observar a influência da reciclagem em suas reservas mundiais. Se cada tonelada de alumínio reciclado poupa cinco toneladas de bauxita, as 86.409 toneladas de latas de alumínio recicladas no Brasil em 1999 permitiram a economia de 432.045 toneladas de bauxita, o que significa que 0,0179% das reservas brasileiras [2,4 bilhões de toneladas de bauxita] e 0,0138% das reservas mundiais [31 bilhões de toneladas de bauxita] foram poupadas. Na verdade, esses números não se revelam muito expressivos, pois são estatisticamente insignificantes* (p. 199).

Layrargues (2011, p. 200) ressalta que "se 100% das latas de alumínio fossem recicladas no Brasil, teríamos 118.368 toneladas de alumínio reinseridas no processo produtivo, de forma que 591.842 toneladas de bauxita seriam poupadas, ou seja, 0,019% das reservas mundiais desse minério seriam economizadas no ano de 1999". O LD1 (p. 271) caminha na mesma direção ao informar que não houve redução da extração de bauxita no Brasil, "uma atividade que causa um intenso impacto ambiental porque a demanda mundial por alumina e alumínio metálico destinado às mais diversas aplicações continua crescendo vertiginosamente". O LD1 permite uma discussão mais aprofundada durante o processo de ensino-aprendizagem sobre a premissa da economia de recursos naturais.

Layrargues (2011, p. 201) faz o seguinte questionamento sobre a reciclagem focada no alumínio: "Dados de 1992 apontam que algumas jazidas minerais têm menos de um século de vida.[2] Por que então a preocupação com a reciclagem focalizada no alumínio, se outros metais vitais para a civilização industrial possuem longevidade expressivamente inferior?". Assim, outra pergunta que precisa ser colocada é: Quem é o grande beneficiado pela economia de energia elétrica e ganhos econômicos? A empresa *Reynolds Latasa*, multinacional norte-americana pioneira em reciclagem de alumínio, divulga que a reciclagem de alumínio promove a economia de 95% de energia elétrica. Contudo, Ramos (1982) observa que, embora existam aspectos ambientais importantes na reciclagem de alumínio, o motivo principal é o ganho econômico, pois o processo para obtenção de alumínio metálico demanda grande quantidade de energia elétrica. Calderoni (1998) admite que, apesar dos ganhos econômicos dos catadores e sucateiros oriundos da reciclagem das latas de alumínio, sua pesquisa, realizada no município de São Paulo, indica a má distribuição dos rendimentos econômicos, indicada pelo Quadro 4.

Quadro 4: Ganhos percentuais e numéricos do processo de reciclagem de alumínio no município de São Paulo. Fonte: Calderoni (1998)

Segmentos da sociedade	Porcentagens / % (e rendimentos / R$)
Indústria da reciclagem	66 (215 milhões)
Catadores	13 (43 milhões)
Prefeitura de São Paulo	11 (36 milhões)
Sucateiros	10 (32 milhões)

As informações do Quadro 4 revelam o favorecimento das empresas ligadas à reciclagem de alumínio às custas da exploração laboral, especificamente, dos sucateiros/catadores. Assim, durante o processo de ensino-aprendizagem é possível expor os reais interesses econômicos e ambientais da empresa *Reynolds Latasa*, proporcionando um debate mais amplo sobre o significado ideológico da reciclagem das latas de alumínio.

Layrargues (2011, p. 204) ainda chama a atenção para os dividendos sociais, pois "os sucateiros e catadores atuam como operários terceirizados da indústria da reciclagem, desprovidos de quaisquer benefícios trabalhistas". Nessa direção, o LD4 aponta para questões sociais envolvendo a reciclagem de materiais metálicos:

> *A riqueza dos metais custa caro para muitos, e a indústria que surge em torno do processo de reciclagem ainda se dá, em nosso país, a partir do trabalho em condições desumanas de catadores de lixo, que envolve crianças e adolescentes. Enfim, enquanto não mudamos o modelo de desenvolvimento, os benefícios advindos do desenvolvimento científico e tecnológico vão continuar concentrados nas mãos de poucos* (LD4, p. 188).

O LD4 leva em consideração as péssimas condições de trabalho de jovens e crianças, promovendo a aproximação entre o Ensino de Química e questões sociais. Cabe enfatizar, que os estudos sociais sobre a reciclagem do alumínio podem ser aprofundados, a partir de um trabalho em conjunto com a componente curricular Sociologia.

Considerações Finais

Diante dos resultados desta investigação, considera-se que o LD3 apresenta a melhor sequência didática, ao informar sobre os processos Bayer, Hall-Héroult e de reciclagem do alumínio, o que representa um avanço no Ensino de Química, salvo as considerações realizadas ao longo deste artigo. Em relação à educação ambiental, são detectados avanços nos livros didáticos LD2 e LD5; contudo, os impactos sociais, ambientais e econômicos causados pela lama vermelha podem ser mais explorados por meio de debates de maior amplitude durante o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, deve ser enfatizada a necessidade da recuperação do solo após a extração da bauxita.

Por sua vez, foram observados avanços sobre a HCTQ nos livros didáticos de química citados, ao apontarem os fatores técnicos e socioeconômicos sobre o processo Hall-Héroult. Especialmente o LD1, que delineia as atividades experimentais realizadas por Charles Martin Hall que o levaram à resolução do problema técnico-científico, a saber, a alta temperatura de fusão da alumina (2062 °C).

Sobre as transformações químicas, o LD5 apresenta uma abordagem profícua ao apresentar as equações químicas relacionadas à reação da alumina com a criolita fundida, que ocorre nas cubas eletrolíticas para produção do alumínio metálico. Pois, durante o processo de ensino-aprendizagem sobre a ciência dos materiais metálicos, se deve ter como um dos focos as transformações químicas ocorridas nos processos metalúrgicos.

Para finalizar, o tema "Alumínio" propicia o estabelecimento de relações com as componentes curriculares Geografia e Sociologia, sendo possível abordar os efeitos perversos da globalização,[3] como a destruição da Natureza, as condições inadequadas de trabalho e a distribuição desigual dos rendimentos econômicos.

Notas

[1]De acordo com Renato Dagnino (2010, p. 255), os Estudos Sociais de Ciência e Tecnologia Latino-americanos defendem a apropriação da Tecnologia Social, que consiste na "difusão dos frutos do progresso científico e tecnológico para a sociedade ou para os cidadãos para, assim, contribuir para a adoção de um estilo de desenvolvimento alternativo caracterizado por maior equidade econômica, justiça social e sustentabilidade ambiental".

[2]São aproximadamente 222 anos para o alumínio, 161 anos para o minério de ferro, 51 anos para o níquel, 45 para o estanho, 43 para o mercúrio, 33 para o cobre, 20 para o zinco e 18 para o chumbo (Penna, 1999, p. 166).

[3]O estudo do trabalho do geógrafo brasileiro Milton Santos (2013) permite uma compreensão da grande perversidade na produção da globalização atual.

André Ricardo Toquetto (andretoquetto@hotmail.com), licenciado em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), é mestre em Educação Científica e Tecnológica pela UFSC e atualmente é professor efetivo de Química na rede estadual de ensino no estado de Santa Catarina, em Florianópolis. Florianópolis, SC – BR.

Referências

ARAÚJO, A. C.; PERES, A. E. C. e VIANA, P. R. M. Pesquisa e desenvolvimento em flotação. In: CHAVES, A. P. (Org.). *Teoria e prática do tratamento de minérios – flotação, o estado da arte no Brasil*. São Paulo: Signus, 2006.

BAST, A.; HAENEN, G. R. M. M. e DOELMAN, C. J. A. Oxidants and antioxidants: state of the art. *The American Journal of Medicine*, v. 91, p. 3C-25-3C-135, 1991.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). *Relatórios de acidentes ambientais 2009.* Brasília: MMA, 2010.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, 2006.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCNs+ Ensino m*édio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

BROOKE, J. H. Textbooks and the history of science. *Paradigm*, v. 25, p. 35-37, 1998.

CALDERONI, S. *Os bilhões perdidos no lixo.* 2ª ed. São Paulo: Humanitas, 1998.

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. e PROTI, P. B. *Química:* ensino médio, vol. 2. São Paulo: Moderna, 2016.

DAGNINO, R. Um dilema latino-americano: ciência e tecnologia para a sociedade ou adequação socio-técnica com o povo? In: DAGNINO, R. (Org.). *Estudos sociais da ciência e tecnologia e política de ciência e tecnologia:* abordagens alternativas para uma nova América Latina. Campina Grande: EDUEPB, 2010, p. 253-279.

GÉRARD, F. M. e ROEGIERS, X. *Conceber e avaliar manuais escolares*. Porto: Porto Editora, 1998.

JAFFE, B. *Crucibles:* the story of chemistry. 2ª ed. New York: Fawcett World Library, 1960.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas.* Trad. B. V. Boeira e N. Boeira. 12ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LAYRARGUES, P. P. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. In: LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P. e CASTRO, R. S. (Orgs.). *Educação ambiental:* repensando o espaço da cidadania. 5ª ed. São Paulo: Cortez, 2011, p. 185-225.

LISBOA, J. C. F.; BEZERRA, L. M.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; BIANCO, P. A. G.; LIEGEL, R. M.; ÁVILA, S. G.; YDI,

S. J.; LOCATELLI, S. W. e AOKI, V. L. M. *Ser protagonista:* química, vol. 2. 3ª ed. São Paulo: Edições SM, 2016.

MORAIS, C. A.; ALBUQUERQUE, R. O. e LADEIRA, A. C. Q. Processos físicos e químicos utilizados na indústria mineral. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 8, p. 9-17, 2014.

MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. *Química:* ensino médio, vols. 2 e 3. 3ª ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MOURA, A. R. S.; FERREIRA, E. H. F.; FUKUSHIMA, F. H.; ARAÚJO NETO, T. M.; MOUTINHO, T. M. P. e COSTA, T. V. *Processo de obtenção do alumínio*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Pará, Belém, 2008. Disponível em https://www.ambienteporinteiro.com/news/aluminio-ocorrencia-obtencao-industrial-propriedades-e-utilizacao/, acessado em Junho 2019.

NOVAES, H. T. e FRAGA, L. Por um novo desenvolvimento na América Latina. In: DAGNINO, R. (Org.). *Estudos sociais da ciência e tecnologia e política de ciência e tecnologia:* abordagens alternativas para uma nova América Latina. Campina Grande: EDUEPB, 2010.

ORLANDI, E. P. *As formas do silêncio:* no movimento dos sentidos. 6ª ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2007.

PASSET, R. *Elogio da globalização:* por um contestador assumido. Rio de Janeiro: Record, 2003.

PEIXOTO, E. M. A. Alumínio. *Química Nova na Escola*, n. 13, terceira capa, 2001.

PENNA, C. G. *O estado do planeta:* sociedade de consumo e degradação ambiental. Rio de Janeiro: Record, 1999.

PEREIRA, S. F.; LIMA, M. A.; FREITAS, K. H.; MESCOUTO, C. S. e SARAIVA, A. F. Estudo químico ambiental do rio Murucupi – Barcarena, PA, Brasil, área impactada pela produção de alumínio. *Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 2, n. 3, p. 62-82, 2007.

PINTO, A. V. *O conceito de tecnologia*, vol. 1. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

RAMOS, C. R. Perfil analítico do alumínio. *Boletim do DNPM*, n. 55, 1982.

REIS, M. *Química:* ensino médio, vol. 2. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2016.

SANTOS, M. *Por uma outra globalização:* do pensamento único à consciência universal. 23ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2013.

SANTOS, P. *Ciência e tecnologia de argilas*, vol. 1. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER, R. *Educação em química:* compromisso com a cidadania. 3ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

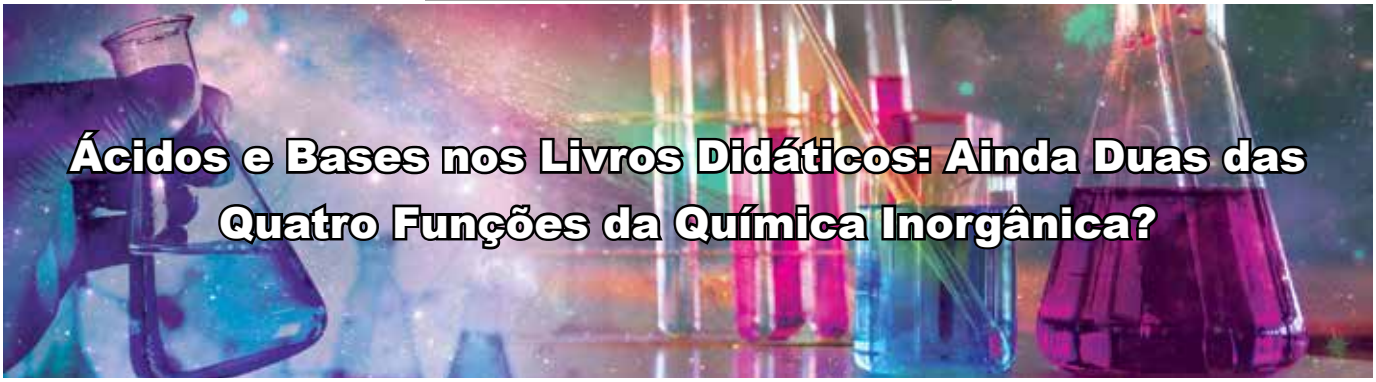
_____; MÓL, G. S.; DIB, S. M. F.; MATSUNAGA, R. T.; SANTOS, S. M. O.; CASTRO, E. N. F.; SILVA, G. S. e FARIAS, S. B. *Química cidadã*, vol. 3. 3ª ed. São Paulo: Ed. AJS, 2016.

SAVIANI, D. Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. *Revista Brasileira de Educação*, v. 14, n. 40, p. 143-155, 2009.

TUNDISI, J. G.; DUARTE, H. A.; CIMINELLI, V. S. T. e BARBOSA, F. A. R. Recursos minerais, água e biodiversidade. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 8, p. 39-45, 2014.

Abstract: *"Aluminum" in the PNLD 2018 Collections: An Analysis According to STS Education.* This article aims to analyze how the theme "Aluminum" is approached in chemistry textbook collections approved by the 2018 National Program of Textbooks (PNLD), considering the Science, Technology and Society (STS) triad. This research has a qualitative character, investigating historical, social, environmental, economic and scientific-technological aspects related to the obtaining and recycling of aluminum included in chemistry textbooks. Our analysis shows that only one textbook addresses the two processes used to obtain metallic aluminum from bauxite: Bayer and Hall-Héroult processes. In addition, the textbook informs which are the Brazilian regions rich in bauxite and also provides information on the process of recycling aluminum. Another textbook mentions the social, economic and environmental impacts of the liquid effluent called "red mud" and also innovates in reporting the reaction of alumina with cryolite in the Hall-Héroult process. Concerning the history of chemical science and technology, another textbook mentions the experimental activities carried out by Charles Martin Hall which led him to obtain metallic aluminum. In turn, it is necessary to question the social, environmental and economic factors related to aluminum recycling.
Keywords: aluminum, STS education, chemistry textbooks

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160167



Ácidos e Bases nos Livros Didáticos: Ainda Duas das Quatro Funções da Química Inorgânica?

Claudiane Lima e Edilson F. de Moradillo

Classificar as substâncias em relação à função na Química Inorgânica é algo que há um tempo vem causando confusão. Isso é devido à mistura de critérios de classificação, que para alguns grupos de substâncias é comportamental e para outros é constitucional. Não ter clareza sobre isso tem gerado uma confusão no processo de ensino e aprendizagem. Esse fato foi identificado por autores como Campos e Silva, em artigo científico, há vinte anos. Esta é uma pesquisa exploratória e qualitativa que se dedica à análise de livros didáticos de Química aprovados no Programa Nacional de Livros Didáticos 2018. Este trabalho tem por objetivo identificar se nesses livros ainda ocorre a classificação de ácidos e bases como funções da Química Inorgânica, juntamente com óxidos e sais e se deixam explícitos os critérios de classificação.

▶ livros didáticos, ácidos, bases ◀

Recebido em 25/08/2018, aceito em 24/01/2019

É inegável a importância do livro didático no trabalho escolar. Para Choppin (2004), os livros escolares assumem múltiplas funções, por exemplo: referencial, instrumental, documental, ideológica e cultural. Dentre essas, destacamos a referencial, "que constitui um suporte privilegiado dos conteúdos educativos, o depositário rico dos conhecimentos, técnicas ou habilidades que um grupo social acredita que seja necessário transmitir às novas gerações" (Choppin, 2004, p. 553), por considerarmos como um importante suporte de consulta dos professores e estudantes.

Na nossa análise, temos como principal referência o artigo intitulado "Funções da Química Inorgânica...funcionam?", publicado em maio de 1999, por Campos e Silva na revista Química Nova na Escola. Neste artigo, os autores chamaram a atenção para as confusões conceituais que se faziam das consideradas funções inorgânicas nos livros didáticos em que analisaram

> *o conteúdo dos capítulos que abordam o conceito de funções da Química Inorgânica em 12 livros de Química destinados ao nível médio. A partir da escolha de um dos livros como representante do grupo, o artigo apresenta uma crítica baseada na falta de coerência interna desses capítulos, sob a ótica da visão atual dos conceitos ácido-base e na impropriedade didática de saturar os iniciantes de classificações e nomenclaturas* (Campos e Silva, 1999, p.18).

Mas o que mudou em, aproximadamente, vinte anos após essa publicação? Neste trabalho, iremos realizar uma análise da abordagem de ácidos e bases enquanto funções da Química Inorgânica, juntamente com sais e óxidos, nos livros didáticos de Química aprovados em 2018 pelo Programa Nacional de Livros Didáticos (PNLD).

A relevância desta pesquisa se justifica, primeiramente, pela importância que o livro didático de Química assume na sala de aula sendo "um dos materiais mais utilizados nas aulas de Química, uma vez que norteia a prática docente, desde a escolha do conteúdo até o processo de avaliação" (Maia e Villani, 2016, p. 121). Em segundo lugar, por esta pesquisa ser de cunho epistemológico, de modo a organizar o conhecimento, já que esse pode ser transmitido de forma excludente entre as consideradas funções da Química Inorgânica. Em outras palavras, se uma substância é classificada como ácido, a mesma poderia ser interpretada como não sendo uma das demais classificações das funções da Química Inorgânica. Nesse sentido,

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

É preciso considerar que, devido à noção de relatividade no comportamento das espécies químicas, a rigor ácidos e bases, concebidos como "conjunto de substâncias com propriedades químicas semelhantes", não existem. O que há é um modo de se comportar quimicamente: comportamento ácido e comportamento básico. Assim, diante do sódio metálico, a amônia comporta-se como ácido, formando íon amideto. Porém, diante da água, a amônia comporta-se como base, formando íon amônio. Apenas aquelas espécies que apresentam esses comportamentos em grau muito acentuado se aproximariam do conceito estabelecido para função (Campos e Silva, 1999, p. 19).

Assim, quando se classifica ácido como substância que produz cátion H^+ em meio aquoso, pode se induzir que esse cátion era oriundo da substância ácida, em consequência, intuitivamente poderia se constituir um critério constitucional também para ácidos. Analogamente para as bases, como sendo produtoras de OH^- em água, onde esse ânion pode ser proveniente da constituição da base. Entretanto, esses íons (H^+ e OH^-) podem ser originados do solvente em contato com as referidas substâncias (ácidas ou básicas).

Ademais, Campos e Silva (1999) identificaram o uso de critérios diferentes para classificar ácidos, bases, sais e óxidos como funções da Química Inorgânica, sendo o critério comportamental para ácidos, bases e sais e o critério constitucional para classificar óxidos. Diante disso, questionamos: Até que ponto o livro didático deixa isso explícito?

Portanto, este trabalho tem o objetivo de identificar quais dos livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2018 ainda classificam ácidos e bases como funções da Química Inorgânica, juntamente com sais e óxidos e se deixam explícitos os critérios de classificação. É importante salientar que não entraremos no mérito se os livros estão incorrendo (ou não) em possíveis erros conceituais quando julgam o que são funções da Química e/ou classes de substâncias e de quais conceitos de ácido e base estão tratando (objeto de um outro artigo nosso). Iremos apenas identificar o objetivo explicitado acima.

Um bom caminho teórico para ampliar essa discussão da classificação dos conceitos de ácido, base, sais e óxidos, para além dos critérios constitucionais e comportamentais, pode advir da teoria de desenvolvimento humano de Lev Vigotiski, denominada Teoria Histórico-Cultural. Nessa teoria, o signo medeia a relação do homem (o ser social) com o objeto e com outros homens. Para Vigotiski, a palavra é o signo dos signos. Ademais, segundo essa teoria, há dois estágios de conceitos: os inferiores, onde localizam os conceitos espontâneos; e os estágios superiores, onde localizam os conceitos científicos, que são mais amplos em conteúdo, necessitando de abstração e generalização.

Toda operação do pensamento – definição de conceito, comparação e discriminação de conceito, estabelecimento de relações lógicas entre conceitos, etc. – não se realiza senão por linhas que vinculam entre si eventuais de movimento de um conceito a outro. A definição de um conceito se baseia na lei de equivalência dos conceitos e pressupõe a possibilidade de movimento de uns conceitos a outros, no qual a longitude inerente a um determinado conceito e a latitude, sua medida de generalidade que lhe determina o conteúdo do ato de pensamento e a sua relação com o objeto, podem ser expressas pela concatenação dos acontecimentos de outra longitude e outra latitude e de outra medida de generalidade (Vigotiski, 2010, p. 377-378).

Este trabalho é classificado como um estudo exploratório pelo método qualitativo, por levantamento bibliográfico. É exploratório, pois "os dados obtidos podem servir para levantar possíveis problemas de pesquisa" (Triviños, 2007, p. 109). Nesse caso, o problema de pesquisa poderá (ou não) ser a perpetuação do conhecimento químico sobre funções inorgânicas sem distinguir os critérios de classificação das mesmas.

Observa-se, por meio da teoria de Vigotiski (2010), a importância da relação longitudinal e latitudinal entre os conceitos. Acreditamos que ter clareza das relações latitudinais e longitudinais entre os conceitos ácido, base, sais e óxidos, pode contribuir para o entendimento desses conhecimentos. Mas, neste artigo, tornamos a reafirmar que daremos prioridade ao nosso objetivo maior de investigação que é o de identificar quais dos livros didáticos de Química aprovadas no PNLD 2018 ainda classificam ácidos e bases, juntamente com sais e óxidos, como funções da Química Inorgânica e se deixam explícitos os critérios de classificação.

Metodologia da Pesquisa

Este trabalho é classificado como um estudo exploratório pelo método qualitativo, por levantamento bibliográfico. É exploratório, pois "os dados obtidos podem servir para levantar possíveis problemas de pesquisa" (Triviños, 2007, p. 109). Nesse caso, o problema de pesquisa poderá (ou não) ser a perpetuação do conhecimento químico sobre funções inorgânicas sem distinguir os critérios de classificação das mesmas. Para Triviños (2007, p. 109) "os estudos exploratórios permitem ao investigador aumentar sua experiência em torno de determinado problema".

Ludke e André (2007) acrescentam que, na abordagem qualitativa, o interesse do pesquisador consiste em estudar um determinado problema e verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas. Com isso, acreditamos que o problema consiste em

perpetuar critérios distintos na classificação das consideradas funções da Química Inorgânica. Além disso, associar ácidos e bases como funções da Química Inorgânica, juntamente com sais e óxidos, pressupõe que os mesmos não estejam presentes na Química Orgânica, o que é um equívoco. Reforçando nossa interpretação, Fiorucci *et al.* (2002, p. 6) afirmam que "com exceção do ácido clorídrico, os ácidos mais comuns com os quais convivemos são orgânicos". Seguindo essa ideia, "os ácidos orgânicos são também largamente utilizados como acidulantes na fabricação de bebidas à base de frutas e vegetais, sendo os principais ácidos utilizados para realçar sabores da bebida, os ácidos cítrico e tartárico" (Scherer *et al*., 2008, p. 1137).

A lista dos livros de Química do nível médio, aprovados pelo PNLD 2018, encontra-se no Quadro 1, onde optamos identificá-los por letras A, B, C, D, E, e F.

Inicialmente, tomaremos como categorias de análise a identificação dos volumes e capítulos que abordam as chamadas 'funções da Química Inorgânica', pois, de acordo com Campos e Silva,

> *o fato de um livro ter um capítulo intitulado funções da química inorgânica já é um mau começo, por pelo menos dois motivos: primeiro, porque essa forma de exposição pressupõe que tais categorias sejam excludentes, o que não é verdade. Há sais que são ácidos, há óxidos que são bases, há óxidos que são sais ou mesmo ácidos que são bases [...] E segundo, porque instaura-se uma desgastante confusão, porque misturam-se critérios comportamentais, os únicos aceitáveis partindo do conceito estabelecido de função, com critérios constitucionais que são, por isso mesmo, completamente descabidos dentro da ideia apresentada para função* (Campos e Silva, 1999, p. 19).

Em seguida, caso os livros não apresentem esse capítulo, buscaremos quais volumes (1, 2 ou 3) e capítulos (por exemplo, Equilíbrio Químico, Química Orgânica, dentre outros) abordam os conhecimentos acerca de ácidos e bases, assim como de sais e óxidos; para posterior identificação dos critérios de classificação dos mesmos. Ou seja, se os referidos autores deixam explícitos os critérios comportamentais de classificação em detrimento dos constitucionais.

Resultados e Discussão

Análise do Livro A

Esse é o único livro que apresenta um capítulo dedicado às funções da Química Inorgânica (capítulo 11 do volume 1). Nele, os autores não definem funções no início, no entanto, ao tratar sobre ácidos, dissertam que cada função química reúne substâncias que apresentam propriedades semelhantes.

Primeiramente, nota-se a associação das funções inorgânicas com o aspecto comportamental. Ao abordarem sobre ácidos como uma das funções da Química Inorgânica, os autores associam a algumas propriedades dos ácidos (são eletrolíticos, reagem com carbonatos e bicarbonatos). Analogamente para as bases, destacam as propriedades como soluções eletrolíticas, reagem com ácidos por neutralização e atuam sobre a cor de indicadores ácido-base.

Quanto aos sais, os autores definem como "substâncias iônicas que podem ser obtidas por meio de reações químicas entre ácidos e bases chamadas de reações de neutralização" (Lisboa, 2016, p. 212). Nesse caso, eles não afirmam que os sais sejam sempre provenientes da reação de neutralização. Observa-se, uma definição mais coerente, pois nem toda reação de neutralização forma sal e água. Isso é demonstrado por Campos e Silva (1999), que consideram que essa regra "só funciona para os ácidos protonados, reagindo com óxidos ou hidróxidos iônicos em meio anidro" (Campos e Silva, 1999, p. 21). Ao considerar sais provenientes de reação de neutralização, sugere o critério comportamental de classificação enquanto função da Química Inorgânica.

Quanto à definição de óxidos, os autores os referem baseados na constituição química, conforme destacamos a seguir: óxidos "são substâncias formadas geralmente pelo oxigênio e outro elemento qualquer, com exceção do flúor (único elemento mais eletronegativo que o oxigênio)" (Lisboa, 2016, p. 217). Contudo, não deixa destacado o critério de classificação, não fazendo a distinção entre comportamental e constitucional. É válido mencionar que no referido capítulo é abordada a classificação dos óxidos ácidos e óxidos básicos, que nesse caso, remetem ao comportamento.

Quadro 1: Lista dos livros de química do nível médio aprovados pelo PNLD 2018 Fonte: elaboração dos autores

Identificação do Livro Didático	Nome do Livro Didático	Autor(es)
Livro A	Ser Protagonista	Julio Cezar Foschini Lisboa (organizador)
Livro B	Vivá – Química	Vera Lúcia Duarte de Novais e Murilo Tissoni Antunes
Livro C	Química	Carlos Alberto Mattoso Ciscato, Luis Fernando Pereira, Emiliano Chemello, Patrícia Barrientos Proti (organizadores)
Livro D	Química Cidadã	Wildson Luis Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól (organizadores)
Livro E	Química	Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado
Livro F	Química	Martha Reis

Nota-se, portanto, os diferentes critérios para se classificar o que os autores consideram como funções da Química Inorgânica, sendo o critério comportamental para ácidos, bases e sais; enquanto para óxidos o critério é constitucional.

Análise do Livro B

Apesar desse livro não apresentar um capítulo exclusivo dedicado às funções da Química Inorgânica, os autores abordam o conteúdo no capítulo 7 (volume 1), intitulado "Ácidos, bases e sais"; e no capítulo 11 (volume 1), "óxidos". Nota-se que os autores não chamam de funções da Química Inorgânica e deixam explícito que o critério de classificação das substâncias em ácidas, básicas e sais é comportamental, o que não ocorre com os óxidos, conforme destacado a seguir: "diferentemente de grupos de compostos já estudados – como os ácidos e as bases –, os óxidos não têm um conjunto de propriedades que os caracterizam como grupo de substâncias" (Novais e Antunes, 2016, p. 234).

Análise do Livro C

Nesse livro os autores abordam os conceitos de ácido e base de Arrhenius no capítulo 4 intitulado "A chuva ácida e o estudo das substâncias envolvidas em sua formação" (Ciscato *et al.*, 2016, p. 140). Há um tópico em que os autores tratam do comportamento ácido-base e citam que existem outras teorias mais abrangentes, porém abordam nesse capítulo apenas a teoria de Arrhenius

> *O que se chama de comportamento ácido-base foi reconhecido há muito tempo, e, a partir de então, os estudiosos têm elaborado teorias que possam explicá-lo. Essas teorias procuram definir, entre outros aspectos, o que são ácidos, o que são bases e como essas substâncias reagem* (Ciscato *et al.*, 2016, p. 162).

Além disso, esse capítulo é subdividido em 4 temas, sendo o último "óxidos e pH de soluções aquosas" (Ciscato *et al.*, 2016, p. 171), onde aborda-se que óxidos podem formar, em relação ao pH, soluções ácidas, básicas ou neutras.

Observamos, portanto, que esse livro tem contemplado bem os argumentos apontados por Campos e Silva (1999) de modo a ter mais coerência na abordagem desses conhecimentos, uma vez que não os abordam como categorias excludentes e deixando claro o critério de classificação comportamental.

Por fim, no volume 2, em equilíbrio químico, são retomadas as teorias ácido-base aplicado ao sistema-tampão do ambiente bucal e abordado o caráter ácido ou básico de soluções de sais.

Análise do Livro D

Nesse livro os autores abordam a questão no volume 2, inicialmente no capítulo 3, intitulado "Classe de substâncias: funções orgânicas, ácidos, bases e sais" (Santos e Mól, 2016, p. 99). Observamos que os autores não fazem distinção da classificação ácidos, bases, e sais como funções da Química Inorgânica e tentam explicar essa relação com a Química Orgânica. Na Orgânica, essas classes são caracterizadas por um grupo funcional. "Mas existem classes de substâncias que não apresentam grupo funcional e que são encontradas tanto em substâncias orgânicas, quanto em inorgânicas, como as classes: ácidos, bases e sais" (Santos e Mól, 2016, p. 109).

Sobre acidez e alcalinidade como propriedades das soluções, os autores deixam explícito que "são mutuamente dependentes e inversamente proporcionais" (Santos e Mól, 2016, p. 109). Mais adiante, no tópico 5, tratam das teorias ácido e base incluindo as teorias de Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis.

No tópico 6, intitulado "Sais", abordam sobre "sais ácidos e sais básicos, quando dissolvidos em água, reagem originando soluções ácidas ou básicas" (Santos e Mól, 2016, p. 130). Quanto aos óxidos, não identificamos de forma explícita em capítulo ou tópico. Isso pode ser um indício de que para os autores não seja relevante categorizá-los como classe de substância (ou como funções da Química Inorgânica), de modo que entraria em contradição com o critério comportamental utilizado para ácidos e bases.

Análise do Livro E

O volume 2, especificamente no capítulo 4 intitulado "introdução ao estudo do equilíbrio químico", inclui tópicos como "ácidos e bases na linguagem cotidiana", e "ácidos e bases e o comportamento químico da água" (Mortimer e Machado, 2016, p. 171). Isso pode indicar que esses autores não consideram ácidos e bases como duas das funções da Química Inorgânica juntamente com óxidos e sais, observando, portanto, um ganho epistemológico na organização e didatização desses conhecimentos.

No volume 3, ao abordar sobre os compostos orgânicos, os autores retomam o clássico experimento com extrato de repolho roxo aplicado tanto com substâncias consideradas inorgânicas, quanto substâncias orgânicas (ácido clorídrico, hidróxido de sódio, acetona, álcool etílico e detergente à base de amoníaco). Além disso, os autores propõem reflexões aos leitores, de modo que esses venham a pensar sobre o que essas substâncias têm em comum em termos de comportamento ácido-básico. Percebemos, portanto, outra forma de indicar ácidos e bases enquanto comportamento (sempre relacional) e não como função restrita à Química Inorgânica.

Análise do Livro F

Nesse livro os conteúdos ácidos, bases, sais e óxidos são abordados no volume 1, capítulo 10, intitulado "Ligação iônica e compostos inorgânicos", que contém tópicos sobre ácidos, bases, sais e óxidos. Apesar de aparentemente abordar o que muitos chamavam de funções da Química Inorgânica em um mesmo capítulo, a autora não denomina assim e associa esses conhecimentos com o critério comportamental. Por exemplo,

> *"os ácidos são eletrólitos e, portanto, formam íons em solução aquosa. A definição para ácidos atual-*

mente, de acordo com o conceito de eletrólitos de Arrhenius, é: ácidos são compostos covalentes que reagem com a água (sofrem ionização) formando soluções que apresentam como único cátion o hidrônio H_3O^+" (Reis, 2016, p. 248).

Isso sugere que é uma característica comportamental. Em seguida, a autora aborda os conceitos de ácido e base de Arrhenius.

Quanto à abordagem de óxidos, mesmo apresentando a definição que é estritamente constitucional, (composto binário que tem o oxigênio como elemento mais eletronegativos), a autora os caracteriza em relação ao comportamento ácido-base, por exemplo: óxidos neutros "são certos óxidos covalentes que não reagem com a água formando ácido ou base" (Reis, 2016, p. 269). Analogamente para sais, nesse item, a autora fala sobre acidez e basicidade dos mesmos, conforme destacamos: "a solução de sal obtida poderá ter um caráter neutro, ácido ou básico, conforme a força do ácido e da base que reagiram entre si" (Reis, 2016, p. 265).

Sobre os Livros Didáticos de Química Analisados

Após expor as informações que consideramos relevantes de cada livro didático, sistematizadas no Quadro 2, observamos que apenas um dos livros tinha o capítulo sobre funções da Química Inorgânica e não deixou claro os critérios de classificação (comportamental e constitucional). No entanto, os outros livros analisados (B, C, D, E e F) não apresentaram um capítulo denominado funções da Química Inorgânica e deixaram explícitos os distintos critérios de classificação (comportamental e constitucional). É relevante notar como categoria de análise emergente da análise dos livros, que alguns autores também explicaram a relação de acidez e basicidade para além de compostos da Química Inorgânica.

Realçando, os livros B, C, D, E e F, além de determinado tipo de contextualização que eles trazem – normalmente associando às chuvas ácidas; ou através do estudo do equilíbrio químico e o pH das soluções aquosas como a saliva humana – os autores não abordaram esses conteúdos em apenas um capítulo intitulado funções inorgânicas. A priori, isso já denota uma correção nos livros didáticos em relação aos existentes acerca de vinte anos atrás. Não se trata apenas de chamar (ou não) para o capítulo do livro de funções da Química Inorgânica, mas de usar o mesmo critério para classificá-las, de modo a melhor contribuir com o entendimento da Química.

Dialogando com Bejarano e Carvalho (2000), acreditamos que "os professores de Química de posse dessas informações, podem inclusive perceber a desatualização dos conceitos veiculados, por exemplo, nos livros didáticos" (Bejarano e Carvalho, 2000, p. 165). Nesse sentido, acreditamos que a formação de professores vinculada ao potencial de revistas, como a QNEsc, que disponibiliza essa discussão através da seção Conceitos Científicos em Destaque, pode contribuir para a formação de professores, através da análise crítica e atualizada dos conceitos fundamentais da Química.

Quadro 2: Identificação das categorias de análise, dos volumes e capítulos dos livros analisados que abordam ácidos, bases, sais e óxidos. Fonte: elaboração dos autores

Livros Didáticos	Categorias de análise	Volume(s) que abordam ácidos, base, sais e óxidos	Capítulos
A	Funções da química inorgânica	1	11
B	–	1	7 e 11
		2	8
C	–	1	4
D	–	2	3
E	–	2	4
		3	3
F	–	1	10
		2	9
		3	4

–: Livros que não apresentam o capítulo intitulado: funções da química inorgânica.

Neste trabalho observamos a importância do artigo de Campos e Silva (1999), fruto da pesquisa em ensino de Química, com reflexos para a (re)organização de conteúdos escolares no livro didático de Química.

> *Uma característica central da pesquisa em Ensino de Química é a sua produção de materiais que se aplicam diretamente na escola e que produzem impactos, contribuindo para o estabelecimento de mudanças no processo de ensino-aprendizagem, de forma que os estudantes adquiram uma nova visão da Química e do seu papel na sociedade* (Santos e Porto, 2013, p. 1574).

Como dito na Introdução, a relevância desta pesquisa para o ensino e aprendizagem dos conceitos ácido, base e a relação dos mesmos com sais e óxidos pode ser ampliada (em um outro artigo) por meio da teoria do desenvolvimento humano de Vigotiski (2010, p. 377), que questiona: "que vínculos específicos do pensamento determinam o movimento e a concatenação dos conceitos?" e logo depois afirma "Para responder essa pergunta, é necessário passar do estudo do conceito, isolado como célula particular, para a investigação dos tecidos do pensamento" (Vigotiski, 2010, p. 377). Esse é um bom caminho para entendermos que as relações conceituais dos conhecimentos ácido e base são mais amplas do que as de sais e óxidos e que esses, inclusive, são caracterizados pelo comportamento ácido-base.

Considerações Finais

Apesar de ainda persistirem algumas confusões no ensino de ácidos, bases, sais e óxidos em relação à sua classificação como funções da Química Inorgânica, além da necessidade da comunidade acadêmica/científica enfrentar e delimitar com clareza a distinção conceitual do que poderia ser denominado de funções da Química e/ou de classes de compostos (não entramos nessa discussão neste artigo), podemos afirmar que nos seis livros do PNLD de 2018, apenas um mantém a classificação tradicional, conforme constataram Campos e Silva, no artigo de 1999; e o mesmo também não deu indícios de tratar dos diferentes critérios (comportamental e constitucional) de classificação.

É relevante o avanço das pesquisas em Ensino de Química chegando aos livros didáticos. A ciência é uma construção no curso histórico. Este trabalho vem confirmar isso, à medida que observamos, após vinte anos da publicação de Campos e Silva (1999), alterações na forma de classificação de ácidos, bases, sais e óxidos enquanto funções da Química Inorgânica. A (re)construção da organização desses conhecimentos químicos contribui para evitar a confusão epistemológica dos mesmos. Por isso, a importância da pesquisa no Ensino de Química. Apontamos aqui também, a teoria de Vigotiski do desenvolvimento humano como um caminho promissor para as pesquisas que tratam dos conceitos científicos, e em particular de ácidos e bases.

Considerando o que aponta Schnetzler (2003), "as contribuições das pesquisas para a melhoria dos processos de ensino e aprendizagem ainda não chegam à maioria dos professores que, de fato, fazem acontecer o ensino nas escolas desse imenso país" (Schnetzler, 2003, p. 22), observamos a importância da melhoria do livro didático, através da pesquisa, uma vez que ele é uma fonte de consulta do professor e estudantes. Dessa forma, contribui para a melhoria dos complexos processos de ensino e aprendizagem dos conhecimentos sobre ácido e base.

Claudiane Lima (claudianelim@hotmail.com), licenciada em Química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), é mestre e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC) UFBA/UEFS. Atua como professora substituta no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Juazeiro. Juazeiro, BA – BR. **Edilson Fortuna de Moradillo** (edilson@ufba.br), bacharel e licenciado em Química/UFBA, doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS), é pós-doutor em Educação/UFBA, em Educação em Ciências/UESC, e na Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa/FLUL. Atualmente é professor titular do Instituto de Química/UFBA, da Faculdade de Educação/UFBA e PPGEFHC da UFBA/UEFS. Salvador, BA – BR.

Referências

BEJARANO, N. R. R. e CARVALHO, A. M. P. A educação química no Brasil: uma visão através das pesquisas e publicações da área. *Educación Química en Línea*, v. 11, n. 1, p. 160-167, 2000.

CAMPOS, R. C. e SILVA, R. C. Funções da química inorgânica...funcionam? *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 18-22, 1999.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. *Educação e Pesquisa*, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004.

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. e PROTI, P. B. *Química*, vols. 1, 2 e 3. São Paulo: Moderna, 2016.

FIORUCCI, A. R.; SOARES, M. H. F. B. e CAVALHEIRO, E. T. G. Ácidos orgânicos: dos primórdios da química experimental à sua presença em nosso cotidiano. *Química Nova na Escola*, n. 15, p. 6-10, 2002.

LISBOA, J. C. F. (Org.). *Ser protagonista:* química, vols. 1, 2 e 3. 3ª ed. São Paulo: Sm, 2016.

LUDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação:* abordagens qualitativas. 10ª ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2007, p. 99.

MAIA, J.O. e VILLANI, A. A relação de professores de química com o livro didático e o caderno do professor. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, v. 15, n. 1, p. 121-146, 2016.

MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. *Química*, vols. 1, 2 e 3. 3ª ed. São Paulo: Scipione, 2016.

NOVAIS, V. L. D. e ANTUNES, M. T. *Vivá:* química, vols. 1, 2 e 3. Curitiba: Positivo, 2016.

REIS, M. *Química*, vols. 1, 2 e 3. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2016.

SANTOS, W. L. P. e MÓL, G. S. *Química:* cidadã, vols. 1, 2 e 3. 3ª ed. São Paulo: Nova Geração, 2016.

_____ e PORTO, P. A. A pesquisa em ensino de química como área estratégica para o desenvolvimento da química. *Química Nova*, v. 36, n. 10, p. 1570-1576, 2013.

SCHERER, R.; RYBKA, A. C. P. e GODOY, H. T. Determinação simultânea dos ácidos orgânicos tartárico, málico, ascórbico e cítrico em polpas de acerola, açaí e caju e avaliação da estabilidade em sucos de caju. *Química Nova*, v. 31, n. 5, p. 1137-1140, 2008.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova*, v. 25, supl. 1, p. 14-24, 2003.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais:* a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 2007.

VIGOTISKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem.* 2ª ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010.

Abstract: *Acids and Bases in Textbooks: Still Two of the Four Functions of Inorganic Chemistry?* Classifying the substances in relation to function in inorganic chemistry is something that has been a time long causing confusion. This is due to the mixing of classification criteria, which for some groups of substances is behavioral, and for others it is constitutional. Not having clarity about this has generated confusion in the teaching and learning process. This fact was identified by authors like Campos and Silva, in a scientific article, twenty years ago. This is an exploratory and qualitative research that is dedicated to the analysis of chemical textbooks approved in the National Program of Didactic Books 2018. This work aims to identify if the classification of acids and bases as functions of inorganic chemistry, together with oxides and salts, still occurs in these books and to make explicit the classification criteria.
Keywords: textbooks, acids, bases

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160149

RAIOQUIZ: Discussão de um Conceito de Propriedade Periódica por Meio de um Jogo Educativo

Felipe A. M. Rezende, Christina V. M. Carvalho, Lucas C. Gontijo e Márlon H. F. B. Soares

A presente pesquisa tem como objetivo propor e aplicar uma atividade lúdica e um jogo educativo, pensados para ensinar conceitos químicos a alunos do Ensino Médio, de forma a torná-los protagonistas dos processos de ensino e aprendizagem. Após a identificação da problemática e delimitação do conteúdo relacionado a Raio Atômico, confeccionou-se e aplicou-se uma atividade lúdica e um jogo educativo sobre o respectivo assunto, aos alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública. Os dados foram coletados com auxílio de métodos qualitativos, tais como: questionários, observação participante e mapas de humor, que auxiliaram na análise dos resultados. Por meio das atividades desenvolvidas, pode-se perceber o quanto os jogos educativos são importantes para os processos de ensino e aprendizagem, pelo fato de colocarem os alunos em posição de protagonistas da construção de seu próprio conhecimento, o que normalmente não ocorre em jogos didáticos ou aulas expositivas, marcados pela passividade dos alunos.

▶ jogo educativo, atividade lúdica, pesquisa-ação, ensino e aprendizagem ◀

Recebido em 05/04/2018, aceito em 06/07/2018

A história contemporânea dos jogos remete à Grécia e Roma antigas, período em que filósofos como Platão e Aristóteles ressaltavam a importância de se aprender brincando (Kishimoto, 2011a). Ainda de acordo com a autora, embora tais relatos remetam à utilização dos jogos há milhares de anos, sua história é extremamente redundante e pouco evolutiva. O advento do Cristianismo ilustra bem essa questão, pois passa a impor uma educação disciplinadora, pautada em dogmas que distanciam a utilização de qualquer tipo de jogo, pois eles eram associados a coisas ruins, como embriaguez, jogos de azar e prostituição.

O século XVIII é considerado o momento mais importante da história do jogo com viés pedagógico. Neste período, os jogos que anteriormente se restringiam à nobreza, passam a fazer parte do cotidiano da sociedade como um todo, pois se percebeu que o desenvolvimento das crianças era favorecido com a utilização de jogos (Duflo, 1999).

A inserção do lúdico no sistema educacional brasileiro, que aumentou muito nos últimos anos, tem se apresentado como um obstáculo para alguns professores. Por desconhecerem a metodologia de ensino, esses professores acabam associando-a ao simples ato de brincar, desprovido de quaisquer funções educativas.

Os relatos indicam que o alemão Friedrich Fröbel (2001) teria sido o primeiro a incorporar os jogos no sistema educacional, utilizando-os como metodologia de ensino em um jardim de infância. O método de ensino pautado em jogos desenvolvido por Fröbel se popularizou em todo o mundo no século XIX, suscitando discussões até hoje em países como Reino Unido e Japão, nos quais o método proposto fez muitos adeptos (Heiland, 2010).

A inserção do lúdico no sistema educacional brasileiro, que aumentou muito nos últimos anos, tem se apresentado como um obstáculo para alguns professores. Por desconhecerem a metodologia de ensino, esses professores acabam associando-a ao simples ato de brincar, desprovido de quaisquer funções educativas. Essas questões são evidenciadas quando se verifica o significado do termo "brinquedo" no dicionário Aurélio (Ferreira, 2011, p. 156): "objeto para as crianças brincarem; jogo de criança, brincadeira", e se

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

percebe que os termos *brinquedo*, *jogo* e *brincadeira*, são compreendidos como sinônimos, sendo que cada um apresenta um significado distinto.

A grande variedade de fenômenos considerados ou associados aos jogos mostra a complexidade para defini-los, pois se utiliza o termo jogo tanto para referir a atividades de competição/esportes, quanto para mencionar um conjunto de objetos, tais como: jogo de panela, jogo de lençol, jogo de chaves. Neste sentido, Kishimoto (2011b), a partir de trabalhos como de Brougère (1997), sintetiza algumas características que podem auxiliar na compreensão do que vem a ser jogo. De acordo com a autora, o jogo é resultado de um sistema linguístico, ou seja, tende a variar de uma cultura para outra, e uma ação que é compreendida como jogo em uma comunidade pode não ser para outra. Kishimoto (2011b) cita como exemplo a criança indígena que se diverte atirando com arco e flecha em pequenos animais. Para observadores que não fazem parte da comunidade indígena, esse ato pode ser visto como um jogo, no qual a criança tem como objetivo acertar o alvo. No entanto, para os índios, nada mais é que uma forma de preparo para a caça, necessária à sua subsistência.

A diversão é uma das principais características do jogo. Pesquisadores como Piaget (1978) e Soares (2004) consideram que a ludicidade é um dos principais atrativos do jogo, pois a criança brinca para se divertir. Segundo esses autores, se a atividade não apresentar um caráter lúdico/divertido, ela não poderá ser considerada um jogo. Assim, não faz sentido utilizar o termo "jogo lúdico", pois como a ludicidade é uma característica intrínseca do jogo.

As diversas características descritas sobre o jogo têm levado pesquisadores a estudá-lo como ferramenta de ensino. De acordo com Brougère (2002), isso cria um paradoxo, pois a educação é considerada um processo chato e isento de diversão, totalmente antagônico ao jogo. O paradoxo do jogo pode ser resolvido quando uma atividade equilibra as funções lúdicas (proporcionar diversão) e educativas (auxiliar a prática docente), o que, de acordo com Kishimoto (2011a), é fundamental para que um jogo obtenha êxito no sistema educacional.

Nessa perspectiva de jogos aplicados à educação, Kishimoto (2011a) classifica os jogos utilizados no sistema educacional em educativos e didáticos. De acordo com a autora, os jogos educativos abrangem as atividades desenvolvidas para ensinar determinados conteúdos. Neles, o professor lança mão do jogo como metodologia de ensino, utilizando-o para ensinar um conteúdo, sem que este já tenha sido trabalhado por meio de outras metodologias de ensino. Diferentemente do educativo, os jogos didáticos correspondem aos jogos utilizados para confirmar os conteúdos trabalhados por meio de outras metodologias de ensino. São, portanto, jogos pós-conteudistas, aos quais normalmente os docentes recorrem para verificar se os alunos compreenderam os assuntos já trabalhados. O jogo didático funciona como uma alternativa de fixação. Para Soares (2015), o desafio de ambos os tipos de jogos é equilibrar a função lúdica e educativa, de modo que o jogo educativo não seja apenas divertido e não ensine nada, ou, por outro lado, seja apenas educativo e não se configure como um jogo.

De acordo com Rezende (2017), os jogos educativos contribuem mais para aprendizagem dos alunos, pelo fato de ser um tipo de jogo que alia o ensino à diversão, culminando em maior interesse dos alunos pelo ensino de Química. Isso normalmente não acontece nos jogos didáticos, por se restringirem à avaliação ou verificação do conhecimento. Nesse sentido, o presente trabalho desenvolveu um jogo educativo, como metodologia para ensinar conceitos relacionados a Raio Atômico a alunos de Ensino Médio, de forma a colocá-los em posição de protagonistas da construção do próprio conhecimento.

A escolha de tais conceitos não foi aleatória. Importante entender que de acordo com Carbuloni *et al*. (2017), o ensino de conceitos relacionados às propriedades periódicas dos elementos químicos tem se apresentado como um obstáculo para os professores, dada sua complexidade e dificuldade de abstração. Para os autores, a compreensão do tema é necessária no ensino de conceitos químicos, pois ele serve como base de boa parte da Química. Nesse sentido, é fundamental a utilização de estratégias de ensino diferenciadas, que auxiliem o aprendizado dos alunos. Assim, justifica-se a utilização do jogo educativo como uma metodologia de ensino e aprendizagem para auxiliar na compreensão de um conceito que se apresenta como um obstáculo para a aprendizagem dos discentes da Educação Básica.

Metodologia

A pesquisa foi realizada utilizando-se elementos da pesquisa-ação, a qual consiste em um método de pesquisa qualitativo que possibilita o desenvolvimento tanto dos pesquisadores quanto dos discentes envolvidos, por permitir a utilização dos resultados no aprimoramento da própria prática e melhoria do aprendizado dos alunos (Tripp, 2005).

Para que uma pesquisa seja classificada como pesquisa-ação, o pesquisador deve realizar uma ação no ambiente pesquisado, com objetivo de solucionar determinado problema identificado *a priori*. Para isso, é fundamental que ele se insira no campo pesquisado e estabeleça relações com o objeto de estudo, etapas que Tripp (2005) descreve como um ciclo.

A pesquisa baseou-se no ciclo da pesquisa-ação descrito por Tripp (2005), com algumas alterações realizadas pelos pesquisadores (Figura 1). Neste caso, o ciclo foi contemplado uma única vez. Por se tratar de uma proposta de jogo educativo, os pesquisadores não viram necessidade de novas ações, sendo que o objetivo inicial era verificar se o jogo educativo poderia ser considerado uma metodologia para ensinar conceitos relacionados a Raio Atômico aos alunos de Ensino Médio, de forma a colocá-los em uma posição de protagonistas da construção do próprio conhecimento.

O trabalho foi desenvolvido em uma escola pública de nível médio, no período matutino, para cerca 22 alunos. O

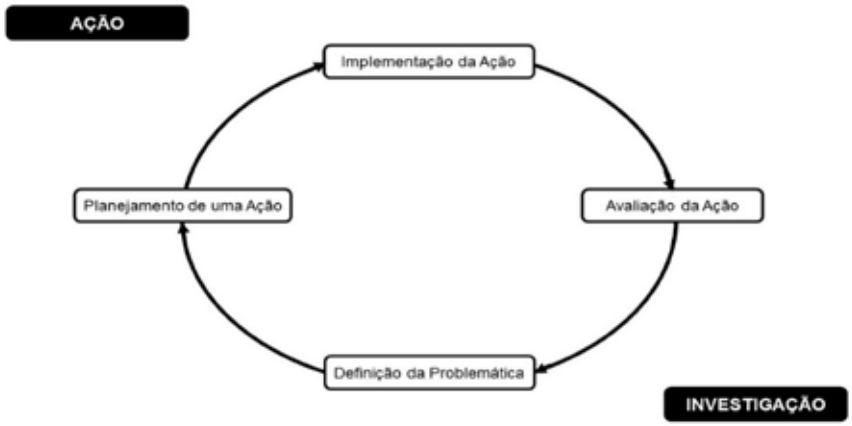


Figura 1: Representação do ciclo da Pesquisa-Ação utilizado na pesquisa. Fonte: Autores.

ponto de partida foi a inserção do pesquisador na referida instituição, com o intuito de identificar um conteúdo de Química em que os discentes da 1ª série do Ensino Médio apresentassem maior dificuldade de compreensão, pois a partir desse conteúdo seria construído um jogo educativo.

Para identificação do conteúdo que seria abordado no jogo, contou-se com a colaboração dos dois professores de Química da escola campo, que classificaram os conteúdos de Química da 1ª série do Ensino Médio presentes no currículo de Química do Estado de Goiás (Brasil, 2012) de acordo com a dificuldade que os alunos normalmente apresentavam. Os professores delimitaram as propriedades periódicas dos elementos químicos como o conteúdo mais complexo e, dentro desse assunto, os docentes ressaltaram a dificuldade de abstração e consequentemente compreensão que os alunos possuem quando se trabalha com o conceito de Raio Atômico.

A Tabela Periódica é um dos conteúdos químicos mais trabalhados por meio de jogos didáticos ou educativos. Há quase um consenso de que não se necessita mais produzir jogos que considerem a Tabela Periódica como conteúdo a ser trabalhado, pela infinidade de alternativas existentes e propostas. Porém, são raros os trabalhos que se propõem a aprofundar conceitos correlatos como o Raio Atômico (Garcez e Soares, 2017). Interessante notar que, mesmo sendo o conteúdo mais trabalhado por meio de jogos, ainda assim a Tabela Periódica está entre os que mais demandam técnicas/metodologias para seu ensino.

Assim, a partir da primeira etapa, delimitou-se que o jogo educativo abordaria conceitos relacionados a Raio Atômico, e iniciou-se o planejamento da ação (confecção do jogo). A elaboração da intervenção levou em consideração o fato de os alunos não conhecerem o assunto. Pensando nisso, construiu-se uma atividade lúdica que seria aplicada antes do jogo, como forma de introduzir o conteúdo que posteriormente seria abordado no jogo educativo. Dessa forma, construiu-se um quebra-cabeça da Tabela Periódica (QUEBRA-RAIO) e solicitou-se aos alunos que o montassem. Assim, com o auxílio do professor, eles poderiam verificar que os átomos de cada elemento químico apresentam um Raio Atômico distinto, e que este raio crescia/decrescia ao longo das famílias e períodos (Figura 2).

Após a construção do quebra-cabeça, iniciou-se o processo de confecção do jogo educativo. Para elaboração do jogo, utilizou-se como plataforma o jogo de tabuleiro denominado Banco Imobiliário®, pelo fato de ser um jogo bastante conhecido. O jogo recebeu o nome de RAIOQUIZ (Figura 3), por se tratar de um jogo de perguntas e respostas que envolvem o conteúdo Raio Atômico. O RAIOQUIZ é composto por um tabuleiro com vinte e uma "casas", sendo que uma delimita

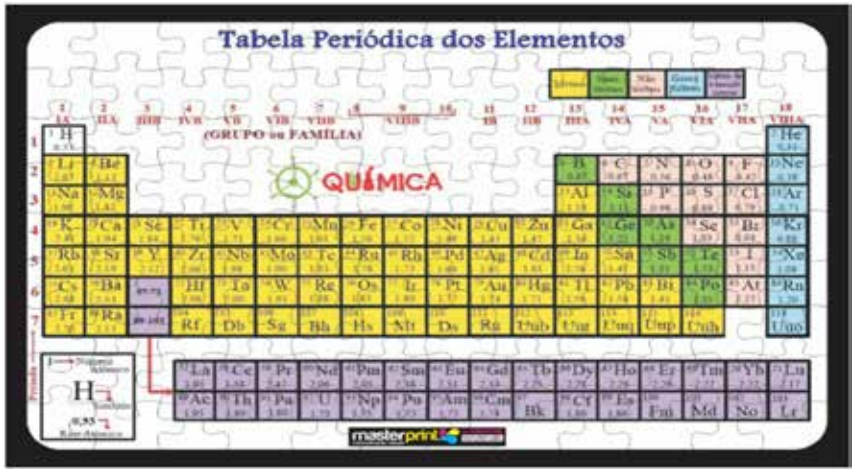


Figura 2: Tabuleiro do quebra-cabeça. Fonte: Autores.

o início e outra o término do jogo (chegada), diferentemente da plataforma original (Banco Imobiliário®), que possui apenas o ponto de partida. As "casas" presentes no tabuleiro do RAIOQUIZ correspondem tanto a conceitos relacionados ao conteúdo de Raio Atômico, quanto a exemplos e perguntas.

Figura 3: Tabuleiro e objetos utilizados no Jogo RAIOQUIZ. Fonte: Autores.

A execução das ações foi precedida pela aplicação de um questionário junto ao público-alvo (alunos de 1ª série do Ensino Médio), para verificar se os alunos conheciam o assunto abordado nas atividades lúdicas. O questionário apresentava questões discursivas e objetivas acerca dos conceitos explorados nas atividades, pois, se tratando de um jogo educativo, não faria sentido aplicá-lo a alunos que já conheciam o assunto, visto que o objetivo dos jogos educativos é ensinar os conteúdos de forma lúdica, e não apenas confirmá-los ou fixá-los.

Após a análise dos questionários, iniciou-se o processo de implementação das ações (atividades lúdicas), sendo que tanto o quebra-cabeça quanto o jogo educativo foram aplicados no mesmo dia, utilizando-se duas aulas (cerca de duas horas). Para a realização das atividades, contou-se com a colaboração de um grupo de pesquisadores composto por onze pessoas,[1] que auxiliaram na execução das atividades. Os alunos se organizaram em cinco grupos, compostos por seis ou sete pessoas. Em cada grupo havia um pesquisador responsável por coordenar as discussões, enquanto os demais ficaram incumbidos de analisar o envolvimento e o aprendizado dos alunos no decorrer do processo.

A última etapa da pesquisa-ação consiste na avaliação das ações executadas, e foi realizada juntamente com o grupo de pesquisadores que participaram da aplicação das atividades lúdicas, com o intuito de promover uma ampla discussão dos resultados obtidos tanto por meio das observações realizadas pelos pesquisadores quanto pelos métodos de coleta de dados utilizados com os discentes. Esta etapa é de suma importância no que se refere à metodologia utilizada, pois, por meio da análise e das discussões realizadas com o grupo, obtém-se um *feedback* das possibilidades do jogo educativo enquanto metodologia de ensino e aprendizagem.

Resultados e Discussões

A aplicação do QUEBRA-RAIO atingiu os objetivos propostos inicialmente, pois, ao montar o quebra-cabeça, os discentes conseguiram perceber que os átomos de diferentes elementos químicos apresentam um raio específico, e também que este raio aumenta de cima para baixo nas famílias e da direita para a esquerda nos períodos.

Os alunos ficaram instigados em entender o motivo pelo qual os raios dos átomos apresentam esse comportamento nas famílias e períodos. Esse é um dos pontos positivos da atividade lúdica, permitindo inferir que o quebra-cabeça despertou a curiosidade e o interesse dos alunos. Nos momentos de dúvida, como o mencionado, os pesquisadores participantes colaboraram com as discussões realizadas entre os participantes, sanando as eventuais dúvidas. As intervenções ocorriam também quando se percebia que os alunos estavam construindo ou se apropriando de conceitos errôneos. Nos demais casos, os alunos tinham liberdade para construir seu próprio conhecimento.

Esta mesma atividade poderia ser realizada com uma Tabela Periódica já pronta e disponibilizada aos alunos, o que é outra possibilidade. No entanto, para a aplicação de um jogo em sala de aula, o professor deve estar imbuído de um compromisso e responsabilidade lúdica (Felício, 2011), o que justifica a opção dos professores pelo uso de um quebra-cabeça para atingir o objetivo de introduzir o aluno à Tabela Periódica. Especificamente para esta atividade, não havia pretensão de discussão conceitual, mas de apresentar esta característica da tabela por meio de uma atividade mais prazerosa.

Após a realização da atividade lúdica, iniciou-se o processo de aplicação do jogo educativo, seguindo os mesmos moldes do quebra-cabeça. Os alunos continuaram organizados em grupos e os pesquisadores ficaram incumbidos de atuar como "banqueiros", cujas principais funções seriam administrar o jogo e auxiliar os discentes na construção do conhecimento químico. As demais funções dos "banqueiros" estão descritas no Quadro 1.

Inicialmente, os pesquisadores/banqueiros realizaram a leitura das regras (Quadro 2) explicando o funcionamento do jogo, como seria conhecido o vencedor e o objetivo da atividade. Em seguida, questionaram os alunos quanto ao consenso em relação às regras, pois, segundo Kishimoto (2011a), para que os jogos não apresentem aspectos impositivos, as regras devem ser aceitas por consenso entre todos os participantes.

Após a leitura das regras, cada jogador recebeu uma peça para marcar as "casas" que percorreriam no decorrer

Quadro 1: Funções dos Banqueiros

1. Ler por duas vezes e pausadamente as informações presentes nas cartas teóricas (seis primeiras) aos jogadores (não muito alto para não atrapalhar os outros grupos).

2. Comunicar aos jogadores a possibilidade de compra do exemplo na determinada casa, informando-os sobre o valor destes, bem como o aluguel de cada um, vendendo estes exemplos aos primeiros jogadores (Regra 3).

3. Pagar 0,5 raio aos jogadores que acertaram as questões sem consultar outro material.

4. Trocar dinheiro (raio) para os jogadores quando necessário.

5. Fazer o balanço de quanto raio cada jogador possui após todos os jogadores cruzarem a linha de chegada, e comunicar o vencedor do jogo.

6. Solucionar quaisquer dúvidas dos jogadores. Para isso, ele deve conhecer as regras do jogo.

7. Não permitir que um jogador empreste uma carta exemplo para outro jogador sem receber por isso, e também não permitir ajuda ou consulta de qualquer natureza que não seja do jogo.

8. Coordenar e fiscalizar o jogo.

9. Em caso de dúvida, procurar o responsável pelo jogo.

do jogo, além de uma quantidade de "dinheiro", dez raios, que foram representados por raios de átomos dos elementos químicos (Figura 4) e utilizados na aquisição ou consulta de exemplos. Feito isso, iniciou-se o jogo. Como o jogo havia sido construído para ensinar conceitos químicos, as primeiras "casas" do tabuleiro (1-6) correspondiam a conceitos teóricos relacionados a Raio Atômico; a partir da sétima "casa", foram inseridas perguntas acerca do conteúdo já abordado. Dentre as seis primeiras "casas", quatro apresentavam exemplos, além dos conceitos teóricos. No entanto, esses exemplos só poderiam ser consultados por meio de aquisição ou aluguel. O jogador que adquirisse um exemplo poderia receber dos seus oponentes uma quantia referente à consulta (aluguel) (Quadros 3 e 4). É importante destacar que todos os alunos tinham acesso à parte teórica, e apenas os exemplos eram restritos aos jogadores que os adquiriam ou que optassem por consultá-los por meio do "aluguel".

No decorrer do jogo, se percebeu que boa parte dos alunos estavam bastante concentrados e participativos, principalmente nas primeiras "casas" do tabuleiro, devido à importância dos conceitos presentes nelas, os quais seriam utilizados na resolução das questões presentes nas "casas" posteriores. Nesta parte teórica do jogo, alguns alunos adotaram estratégias interessantes como, por exemplo, adquirir todos os exemplos possíveis (que auxiliariam na compreensão dos conceitos e posteriormente na resolução das questões), pois assim, se os outros alunos optassem por consultar seus exemplos, eles teriam que pagar pela consulta, aumentando o capital do proprietário em "raios". Outros alunos optaram por não gastar seu "dinheiro" recebido inicialmente, considerando que a não utilização do patrimônio poderia determinar a vitória ao término do jogo.

Quadro 2: Regras do Jogo RAIOQUIZ

1. Para iniciar o jogo, os jogadores competem entre si para determinar a ordem de jogadas. Para isso, começa o jogo quem tirar o maior número no dado. Havendo empate entre dois ou mais jogadores, estes jogam o dado novamente até haver desempate.

2. Inicialmente, cada jogador recebe uma peça para marcar sua casa e 10 raios, sendo necessário cada jogador percorrer o tabuleiro de casa em casa até a 6ª casa. As cartas relacionadas às casas iniciais (seis primeiras) contêm assuntos teóricos, que serão lidos pelo banqueiro a todos os participantes, podendo os jogadores, nesta etapa, comprar exemplos que possibilitem melhor compreensão do assunto abordado (deve-se respeitar a ordem inicial do jogo como prioridade de compra). A compra do exemplo é um investimento para o jogador, pois outro jogador que necessitar de ajuda para responder uma questão posterior, poderá pedir ao proprietário daquele exemplo para visualizá-lo (aluguel do exemplo), pagando um valor já fixado referente ao exemplo.
Observação: A tabela com o valor de cada exemplo, bem como de seu "aluguel", encontra-se com o banqueiro, sendo que, a qualquer momento, esses valores podem ser consultados pelos jogadores.

3. A partir da 7ª casa existem perguntas referentes à teoria vista anteriormente. Nessa etapa, os jogadores devem utilizar o dado para determinar o número de casas a percorrer.

4. No momento em que o jogador lança o dado (a partir da 7ª casa), ele avançará apenas se responder à questão de forma correta. Em caso de **acerto**, sem consulta a outros exemplos, a não ser o seu próprio, o jogador ganha um bônus de 0,5 raio, que será pago pelo banqueiro. Em caso de **erro**, o jogador fica na mesma casa em que estava antes de jogar o dado, e na próxima rodada tem a possibilidade de consultar o(s) exemplo(s) que o ajude a responder à mesma questão, comprando-o(s) ou pagando "aluguel" para o respectivo proprietário. Em caso de consulta a exemplos, o jogador pode perguntar ao banqueiro quais os exemplos que podem ajudá-lo à responder a questão, e assim, o jogador paga o aluguel ao(s) respectivo(s) proprietário(s). Em caso de novo erro, na rodada seguinte o jogador paga 2 raios ao banqueiro, e pode jogar o dado novamente, continuando o jogo.
Observação: Em caso de erro da questão, o jogador perde a possibilidade de ganhar o bônus de 0,5 raio, que é válido somente se o jogador responder corretamente em sua primeira oportunidade e sem consulta a outros materiais a não ser o seu. Não é permitido, em hipótese alguma, que o jogador pague ao banqueiro 2 raios para continuar jogando sem antes ter consultado o exemplo.

5. Vence o jogo quem cruzar a linha de chegada (independente da colocação) e possuir o maior número de raio. A determinação do número de raio corresponde à soma dos raios que o jogador possui, com o valor da soma dos exemplos que o jogador adquiriu. O jogador que terminar primeiro o jogo, respondendo à questão da linha de chegada corretamente, receberá um bônus de 5 raios; o segundo colocado, 3 raios; e o terceiro, 1 raio.
Em caso de empate, o vencedor é decidido no dado, sendo que quem conseguir o maior número vence o jogo.

Figura 4: Quantidade de "dinheiro" recebido por cada jogador. Fonte: Autores.

Quadro 3: Preços dos exemplos e o aluguel de cada um

CARTA	PREÇO PARA COMPRAR	PREÇO PARA ALUGUEL
E2	3 raios	0,5 raio
E3	4 raios	1 raio
E4	5 raios	2 raios
E6	4 raios	1 raio

Quadro 4: Exemplos que podem facilitar na resposta das perguntas

PERGUNTA	EXEMPLO(S)
7	E2; E3; E6
8	–
9	E4; E6
10	E2; E3
11	E4; E6
12	E6
13	E4
14	E4; E6
15	E2; E3
16	E4; E6
17	E2; E3
18	E6
19	E4
CHEGADA	E2; E3

Analisando o desempenho dos alunos, constatou-se que não houve dúvida no que se refere à parte teórica (seis primeiras "casas"), na qual foram abordados conceitos relacionados a Raio Atômico (Quadro 5). Contudo, a partir da sétima "casa", quando ocorre a inserção de questões (Quadro 6), uma pequena parcela de alunos (cerca de 12%) apresentou dificuldades, tanto por não terem prestado atenção aos conceitos elencados no início do jogo quanto pelo fato de que alguns assuntos teriam sido abordados com uma linguagem mais complexa.

Os pesquisadores inseridos nos grupos ressaltaram que, nessa parcela de alunos, a dificuldade estava relacionada às "casas" que abordaram os conceitos ou questões relacionadas ao Efeito Blindagem e à Carga Nuclear Efetiva (Zef), que foram os conceitos que mais necessitaram de intervenção por parte dos pesquisadores, pois os alunos não conseguiram compreender o que as cartas apresentavam ou questionavam.

> **Banqueiro:** Compare o raio atômico dos átomos dos elementos $_{40}Zr$ e $_{45}Rh$, através da carga nuclear efetiva (Zef) e, se necessário, pelo efeito blindagem, e diga qual apresenta maior raio.
>
> **A1:** *Ishi*, como que vou comparar o raio desses elementos? Entendi que ele cresce de cima para baixo nas famílias e da direita para esquerda nos períodos, mas não sei responder por essa carga nuclear.
>
> **A2:** Eu também não entendi essas cartas de blindagem nem carga nuclear.

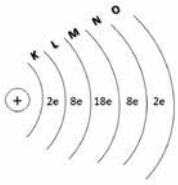
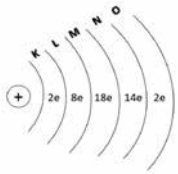
Nesse sentido, destacamos a capacidade de avaliação diagnóstica do jogo, tanto em relação à aprendizagem dos alunos, quanto à metodologia de ensino utilizada, pois a própria dinâmica do jogo evidenciou a necessidade de melhoria dos conceitos e perguntas referentes aos assuntos mencionados. De acordo com Cavalcanti e Soares (2009), essa característica do jogo é decorrente do ambiente de liberdade que ele proporciona aos alunos, que culmina em sua maior interação com os demais e com o próprio professor.

Os alunos que apresentavam mais dificuldade nas aulas de Química foram os mais participativos e os que obtiveram os melhores resultados no jogo. Com exceção de uma pequena parcela de alunos que não prestaram atenção no jogo

Quadro 5: Conceitos e exemplos abordados nas seis primeiras casas do jogo RAIOQUIZ

NÚMERO DA CASA	CONCEITO/EXEMPLO
1	Para medir o Raio Atômico, utiliza-se a técnica de Difração de Raios X, que consiste em fazer um feixe de raios X atravessar uma amostra de um material sólido constituído por átomos ou íons de um único elemento químico.
2	Em uma mesma família da tabela periódica, cada elemento ocupa um período diferente que está relacionado ao número de níveis de energia que o átomo possui. Sendo que quanto maior o número de níveis de energia, maior será o raio do átomo do elemento químico.
E2ª	**Família IA** $_{3}Li$ — $1s^2$ $2s^1$ — 2º Período — 2 Níveis de Energia $_{11}Na$ — $1s^2$ $2s^22p^6$ $3s^1$ — 3º Período — 3 Níveis de Energia $_{19}K$ — $1s^2$ $2s^22p^6$ $3s^23p^6$ $4s^1$ — 4º Período — 4 Níveis de Energia **Portanto, o raio do K é maior que o raio do Na que, por sua vez, é maior que do Li.**
3	Em uma família da Tabela Periódica, o raio atômico aumenta de cima para baixo, conforme aumenta o número atômico (Z) e o número de níveis de energia do átomo.
E3ª	**Família IIA** $_{4}Be$ — $1s^2$ $2s^2$ — Z = 4 — 2 Níveis de Energia $_{12}Mg$ — $1s^2$ $2s^22p^6$ $3s^2$ — Z = 12 — 3 Níveis de Energia $_{20}Ca$ — $1s^2$ $2s^22p^6$ $3s^23p^6$ $4s^2$ — Z = 20 — 4 Níveis de Energia **Portanto, o raio do Ca é maior que o raio do Mg que, por sua vez, é maior que do Be.**
4	Para comparar o raio de átomos de elementos químicos em um mesmo período, calculamos a carga nuclear efetiva (Zef), que é a atração exercida pelo núcleo sobre os elétrons mais externos. **Fórmula:** $Zef = Z - S$ **Z:** Número Atômico **S:** Número total de elétrons dos níveis internos **Quanto maior a Zef, maior a atração do núcleo sobre os elétrons do último nível de energia e menor o raio atômico.**
E4ª	**2º Período** $_{6}C$ — $1s^2$ $2s^22p^2$ $_{8}C$ — $1s^2$ $2s^22p^4$ $_{9}F$ — $1s^2$ $2s^22p^5$ Níveis Internos **Zef do C:** Zef = Z – S; Zef = 6 – 2; Zef = 4 **Zef do O:** Zef = Z – S; Zef = 8 – 2; Zef = 6 **Zef do F:** Zef = Z – S; Zef = 9 – 2; Zef = 7 **A Zef do F é maior que a do O e do C. Portanto, o raio do C é maior que o raio do O, que por sua vez é maior que do F.**
5	Quando os elementos possuem o mesmo valor de Zef e o mesmo número de níveis de energia, devemos analisar o raio através do efeito blindagem.

Quadro 5: Conceitos e exemplos abordados nas seis primeiras casas do jogo RAIOQUIZ (cont.)

6	Em um mesmo período o número de níveis de energia é igual, então para compararmos o raio analisamos a atração dos prótons (núcleo) pelos elétrons do último nível de energia. Devemos considerar que os elétrons dos níveis internos blindam a atração que o núcleo exerce sobre os elétrons do último nível. Sendo que quanto maior a blindagem, menor o raio.
E6[a]	**Família VA** $_{38}Sr$ **K** $1s^2$ **L** $2s^2\ 2p^6$ **M** $3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$ **N** $4s^2 4p^6$ **O** $5s^2$  $_{44}Ru$ **K** $1s^2$ **L** $2s^2\ 2p^6$ **M** $3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$ **N** $4s^2 4p^6\ 4d^6$ **O** $5s^2$  **O Ru possui maior blindagem que o Sr, portanto, o raio do Ru é menor que do Sr.**

[a]Exemplos relacionados aos conceitos apresentados nas respectivas casas.

Quadro 6: Questões abordadas a partir da sétima casa do jogo RAIOQUIZ

NÚMERO DA CASA	PERGUNTAS
7	Na tabela periódica, como o raio cresce em uma família e em um período, respectivamente? a) De cima para baixo e da esquerda para a direita; b) De baixo para cima e da direita para a esquerda; c) De baixo para cima e da esquerda para a direita; d) De cima para baixo e da direita para a esquerda.
8	Qual técnica é utilizada para medir o raio atômico de um elemento químico? a) Excitação eletrônica; b) Difração de Raios X; c) Ressonância Magnética Nuclear (RMN); d) Infravermelho.
9	Nos períodos da tabela periódica, o raio é maior em qual das famílias? a) Família IB; b) Família VIIA; c) Família IA; d) Família VIIIA.
10	Julgue a afirmativa a seguir como verdadeira ou falsa: “Em uma família da tabela periódica, quanto maior o número de níveis de energia, menor será o raio”. a) Falsa; b) Verdadeira.
11	O sal de cozinha (NaCl), que utilizamos em casa, é composto por dois elementos químicos distintos, sendo eles: Na (Sódio) e Cl (Cloro), ambos do 3º período. Qual átomo dos elementos presentes no sal de cozinha possui o maior raio, o Na ou o Cl?
12	Verificamos que o raio atômico é comparado através da carga nuclear efetiva (Zef). No entanto, quando a Zef é igual para os átomos dos elementos, o que devemos fazer para comparar seus raios?
13	Julgue a afirmativa a seguir como verdadeira ou falsa: “Quanto maior a carga nuclear efetiva (Zef), menor o raio atômico do átomo do elemento químico”. a) Verdadeira; b) Falsa.
14	Compare o raio atômico dos átomos dos elementos $_{40}Zr$ e $_{45}Rh$, através da carga nuclear efetiva (Zef) e, se necessário, pelo efeito blindagem, e diga qual apresenta maior raio.
15	Qual átomo dos elementos químicos presentes na família IIA possui maior raio: $_{4}Be$ ou $_{20}Ca$? Justifique sua resposta.
16	Qual átomo de elemento químico do 6º período possui menor raio: $_{56}Ba$, $_{75}Re$ ou $_{78}Pt$? Justifique sua resposta através de cálculos/fórmulas.

Quadro 6: Questões abordadas a partir da sétima casa do jogo RAIOQUIZ (cont.)

17	Qual átomo de elemento químico da família VIIA possui menor raio: $_{17}Cl$, $_{35}Br$ ou $_{85}At$? Justifique sua resposta através dos níveis de energia.
18	Através do efeito blindagem, explique qual átomo de elemento químico do 4º período possui menor raio: $_{19}K$ ou $_{33}As$?
19	"Sabe-se que quanto maior a carga nuclear efetiva (Zef) maior é o raio". Verifique se a afirmação acima está correta (se não estiver, faça as devidas correções). Através da Zef, identifique qual destes átomos possui maior raio: $_{24}Cr$ ou $_{32}Ge$?
CHEGADA	O hidrogênio (H), bastante utilizado como combustível de foguetes, e também o césio (Cs), muito utilizado na fabricação de baterias alcalinas, pertencem à família IA. Qual dentre os átomos desses elementos químicos possui o menor raio atômico?

(e estão dentro dos 12% que apresentaram dificuldade para responder às perguntas) e erraram questões que já haviam sido respondidas pelos seus colegas, os demais se saíram muito bem, conseguindo até mesmo relacionar o que haviam aprendido na atividade anterior (quebra-cabeça) com o jogo RAIOQUIZ. A questão presente na "casa" de número sete, relacionada à variação dos raios atômicos nas famílias e períodos, elucida bem esses aspectos, pois os alunos recorreram à montagem do quebra-cabeça para respondê-la.

Banqueiro: Na tabela periódica, como o raio cresce em uma família e em um período, respectivamente?
a) De cima para baixo e da esquerda para a direita;
b) De baixo para cima e da direita para a esquerda;
c) De baixo para cima e da esquerda para a direita;
d) De cima para baixo e da direita para a esquerda.
A3: É a "d", eu lembro que quando a gente tava montando o quebra-cabeça, que aumentava nas famílias de cima para baixo e nos períodos da direita para a esquerda.
A4: Verdade, o professor até falou pra gente que isso era importante quando a gente fosse jogar o outro jogo.

O método de coleta de dados possibilitou verificar que a complexidade do jogo não desestimulou os alunos. Pelo contrário, conduziu a maior participação, que consequentemente auxiliou na construção do conhecimento químico de forma coletiva. Embora seja um jogo no qual a disputa é recorrente, verificou-se, em alguns momentos, que os alunos que haviam compreendido o que estava sendo discutido auxiliavam os colegas que estavam em dúvida quanto à resposta correta.

Banqueiro: Julgue a afirmativa a seguir em verdadeiro ou falso:
"Em uma família da tabela periódica, quanto maior o número de níveis de energia, menor será o raio".
a) Falso;
b) Verdadeiro.
A5: Huuum... Eu sei que tem a ver com a blindagem, mas não lembro se ela faz com que o raio aumenta ou diminui.
A4: A5, o aumento do efeito blindagem faz com que o raio seja menor.
A7: A4, não ajuda ele não!! Deixa ele pedir ajuda dos exemplos pra mim ganhar dinheiro, haha.
A5: Aaaah sim, valeu A4, você tem razão. Agora eu lembrei.

Aplicamos um questionário pós-jogo, para verificar se, após a execução das duas atividades lúdicas, os alunos adquiriram algum conhecimento sobre Raio Atômico (Quadro 7). Ao término das atividades, observamos que 36,4% acertaram todas as questões; 36,4% dos alunos acertaram 3/4 das questões; 22,7% acertaram a metade das questões e 4,5% acertaram apenas 1/4 das questões presentes nos questionários (Figura 5). Embora o questionário seja uma ótima ferramenta de coleta de dados, cabe ressaltar que, após a aplicação de qualquer metodologia de ensino, haverá melhoria no aprendizado dos alunos. No entanto, o desempenho dos alunos nos chamou a atenção, pois a maioria conseguiu acertar pelo menos a metade das questões propostas no questionário pós-jogo, ou seja, quase todos os alunos conseguiram apreender, de alguma forma, pelo menos a metade dos conceitos explorados no jogo, o que consideramos um resultado muito bom para um jogo educativo, no qual o conceito foi explorado durante o jogo e não depois dele.

A análise da aprendizagem dos alunos, verificada tanto nos questionários, quanto nas análises de discurso e observação dos pesquisadores, permite inferir que o jogo educativo é uma metodologia de ensino que, além de favorecer a aprendizagem dos alunos, torna-os ativos no processo de construção do próprio conhecimento, pois na maior parte do jogo os discentes foram os agentes (como se observa na fala dos alunos A8 e A9), diferentemente de boa parte das aulas expositivas e jogos didáticos que os colocam em uma posição de sujeitos passivos.

A8: Eu gostei do jogo porque a gente aprendeu se divertindo, muito melhor do que essas aulas chatas que a gente tem.
A9: [...] o professor deixou a gente brincar, e isso ajudou a entender melhor as coisas de Química.

De acordo com os pesquisadores envolvidos na aplicação, as atividades conseguiram despertar a atenção dos alunos e envolvê-los ao longo do processo, possibilitando a

Quadro 7: Questionário pós-jogo com as respostas esperadas

1. Qual técnica é utilizada para medir o raio atômico de um elemento químico?
a) ( ) Excitação Eletrônica;
b) (X) Difração de Raios X;
c) ( ) Ressonância Magnética Nuclear (RMN);
d) ( ) Infravermelho.

2. Nos períodos da tabela periódica, o raio cresce da direita para a esquerda e nas famílias de cima para baixo. Julgue esta afirmativa como verdadeira ou falsa:
a) (X) Verdadeira;
b) ( ) Falsa.

3. Qual a fórmula utilizada para comparar o raio atômico dos átomos dos elementos químicos em um mesmo período?

$$Zef = Z - S$$

4. Qual átomo de elemento da família IVA possui maior raio, $_{6}C$ ou $_{32}Ge$? Justifique sua resposta.
Germânio, pois possui elétrons distribuídos em quatro níveis de energia, o que consequentemente faz com que o seu raio seja maior que do átomo de carbono, cujos elétrons se distribuem por apenas dois níveis de energia no estado fundamental.

construção do conhecimento relacionado a Raio Atômico. Entretanto, se percebeu a necessidade de realizar algumas alterações no jogo, para torná-lo ainda mais educativo. O grupo envolvido na aplicação das atividades sugeriu as seguintes alterações para melhoria da atividade:

- Aumento na quantidade de exemplos das primeiras "casas";
- Aumento na quantidade de perguntas para uma mesma "casa";
- Aumento na quantidade de perguntas para a "casa" de chegada (de uma para sete perguntas), para que não ocorresse repetição de nenhuma pergunta na linha de chegada;
- Diminuição da quantidade de regras;
- Diminuição dos valores dos exemplos;
- Melhoria dos conceitos relacionados ao Efeito Blindagem e à Carga Nuclear Efetiva (Zef).

Dentre as sugestões apontadas pelos pesquisadores, destacamos a melhoria dos conceitos relacionados ao Efeito Blindagem e à Carga Nuclear Efetiva (Zef), pois, de acordo com as ponderações dos pesquisadores e do *feedback* obtido por parte dos alunos, foram os únicos aspectos que em alguns momentos atrapalharam a fluência do jogo. Assim, pretende-se incorporar tais sugestões ao jogo, realizando as alterações descritas nas aplicações posteriores, dando então continuidade ao ciclo da pesquisa-ação.

Considerações Finais

O jogo RAIOQUIZ evidenciou a importância do planejamento antes de se criar e executar qualquer atividade lúdica, sendo necessário reavaliar o processo a cada aplicação em busca de melhoria da prática, pois mesmo com muito planejamento, o jogo ainda apresentou alguns aspectos a serem melhorados. Portanto, as (re)avaliações das ações desenvolvidas são fundamentais para construção de uma prática consistente que possa contribuir para a aprendizagem dos alunos. Dessa forma, a pesquisa-ação consolida-se como uma importante metodologia para os pesquisadores que pretendem utilizar jogos educativos.

O desenvolvimento do jogo educativo possibilitou verificar o quanto o lúdico é importante nos processos de ensino e aprendizagem, e que esta metodologia contribui para a aprendizagem dos alunos, colocando-os em uma posição de protagonismo da construção de seu próprio conhecimento, diferentemente do que ocorre em algumas aulas expositivas e em alguns jogos didáticos, nos quais a passividade dos discentes é evidenciada (Rezende, 2017).

Nesse sentido, é de fundamental importância o compromisso dos professores na proposição de atividades de

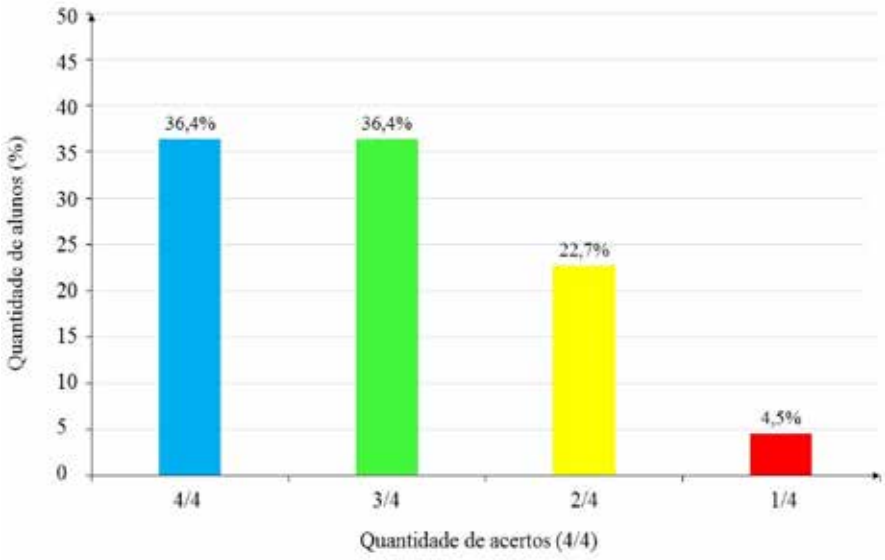


Figura 5: Gráfico da quantidade de acerto das questões pós-jogo × porcentagem de alunos. Fonte: Autores.

cunho pedagógico, pois tanto os resultados obtidos quanto as pesquisas realizadas por Garcez (2014) e Rezende (2017) ressaltam o papel do lúdico enquanto metodologia de ensino e aprendizagem, sendo que o seu desconhecimento não contribui com a aprendizagem dos alunos, reduzindo as aulas a momentos recreativos.

Portanto, o jogo educativo cumpriu seu papel de metodologia de ensino e aprendizagem, auxiliando o docente a trabalhar os conceitos de Raio Atômico com os alunos de Ensino Médio da escola campo, pois ele explorou o protagonismo dos alunos, e consequentemente favoreceu o aprendizado.

Nota

[1]Importante destacar que as atividades lúdicas aqui descritas podem ser aplicadas em sala de aula por um único professor. Em nossa pesquisa, contou-se com a colaboração de onze pessoas, alunos da disciplina de Estágio Supervisionado de uma das instituições dos autores, para facilitar a análise dos resultados, pois um único pesquisador não conseguiria analisar todas as ações dos alunos.

Felipe Augusto de Mello Rezende (felipemelloquimica@hotmail.com) é licenciado em Química pelo Instituto Federal Goiano (IFGoiano) – Campus Urutaí. Mestre e doutorando em Educação em Ciências e Matemática na Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO – BR. **Christina Vargas Miranda e Carvalho** (chrisvmirandac@gmail.com) é licenciada em Química pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FAFI) – Formiga, mestra em Ciências Moleculares pela Universidade Estadual de Goiás (UEG) – Anápolis e professora do IFGoiano – Campus Urutaí. Urutaí, GO – BR. **Lucas Caixeta Gontijo** (lucas.gontijo@ifgoiano.edu.br) é licenciado e bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). É mestre e doutor em Química com ênfase em Química Analítica pela UFU e professor do IFGoiano – Campus Urutaí. Urutaí, GO – BR. **Márlon Herbert Flora Barbosa Soares** (marlon@ufg.br) é licenciado em Química pela UFU, mestre em Química e doutor em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos. É professor associado na UFG, onde coordena o Laboratório de Educação Química e Atividades Lúdicas (LEQUAL). Goiânia, GO – BR.

Referências

BRASIL. Subsecretaria Regional de Educação do Estado de Goiás. *Currículo referência da rede estadual de educação de Goiás*. 2012. Disponível em http://www.seduc.go.gov.br/imprensa/documentos/arquivos/Curr%C3%ADculo%20Refer%C3%AAncia/Curr%C3%ADculo%20Refer%C3%AAncia%20da%20Rede%20Estadual%20de%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20de%20Goi%C3%A1s!.pdf, acessado em Fevereiro 2019.

BROUGÈRE, G. *Jogo e educação*. 1ª ed. Porto Alegre: ARTMED, 1997.

_____. Lúdico e educação: novas perspectivas. *Linhas Críticas*, v. 8, n. 14, p. 5-20, 2002.

CARBULONI, C. F.; OLIVEIRA, J. B.; SANTOS, K. B. e RIVELINI-SILVA, A. C. Levantamento bibliográfico em revistas brasileiras de ensino: artigos sobre o conteúdo tabela periódica. *Actio*, v. 2, n. 1, p. 225-242, 2017.

CAVALCANTI, E. L. D. e SOARES, M. H. F. B. O uso do jogo de *roles* (*role playing game*) como estratégia de discussão e avaliação do conhecimento químico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 1, p. 255-282, 2009.

DUFLO, C. *O jogo:* de Pascal a Schiller. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

FELÍCIO, C. M. *Do compromisso à responsabilidade lúdica:* ludismo no ensino de química na formação básica e profissionalizante. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

FERREIRA, A. B. H. *Aurélio Júnior:* dicionário escolar da língua portuguesa. 2ª ed. Curitiba: Positivo, 2011.

FRÖBEL, F. *A educação do homem*. Passo Fundo: UPF, 2001.

GARCEZ, E. S. C. *O lúdico em ensino de química:* um estudo estado da arte. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

_____ e SOARES, M. H. F. B. Um estudo do estado da arte sobre a utilização do lúdico em ensino de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. 1, p. 183-214, 2017.

HEILAND, H. *Friedrich Fröbel*. Trad. I. Monfredini. Recife: Fundação Joaquim Nabuco/Editora Massangana, 2010.

KISHIMOTO, T. M. (Org.). *Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação*. 14ª ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011a.

_____. *O brincar e suas teorias*. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2011b.

PIAGET, J. *A formação do símbolo na criança:* imitação, jogo e sonho, imagem e representação. 3ª ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978.

REZENDE, F. A. M. *Jogos no ensino de química:* um estudo sobre a presença/ausência de teorias de ensino e aprendizagem à luz do V epistemológico de Gowin. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

SOARES, M. H. F. B. *Jogos e atividades lúdicas para o ensino de química*. 2ª ed. Goiânia: Kelps, 2015.

_____. *O lúdico em química:* jogos e atividades aplicadas ao ensino de química. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

Abstract: *RAIOQUIZ: Discussion of a Concept of Periodic Property through an Educational Game.* The present research aimed to propose and apply a game activity and an educational game, designed to teach Chemical concepts to High School students. After the identification of the problem and delimitation of the content related to Atomic Radius, a game activity and an educational game about the respective subject were made and applied to students of the 1st grade of a public secondary school. Data were collected using qualitative methods, such as: questionnaires, participant observation and humor maps, which aided the analysis of the results. Through the activities developed, one can see how educational games are important for the teaching and learning processes, because they place the students in a position of protagonists of the construction of their own knowledge, which usually does not occur in didactic games or in traditional classes, marked by the passivity of the students.

Keywords: educational game, game activity, action-research, teaching and learning

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160165

Tabela de Tempo de Decomposição de Materiais: Contexto para a Abordagem de Química Ambiental no Ensino Profissional de Nível Médio

Alfredo L. M. L. Mateus, Andréa H. Machado e Patrícia A. Aguiar

Este trabalho apresenta o relato da utilização de atividades em aulas de Química Ambiental de um curso técnico em Química de nível médio, elaboradas tendo como referenciais a abordagem Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), os princípios da Química Verde, da Análise de Ciclo de Vida de Produtos e ideias relacionadas à sustentabilidade. As atividades propostas têm como contexto principal as incoerências e imprecisões apresentadas em tabelas de tempo de decomposição de materiais. O objetivo das atividades é explicitar a complexidade de fatores envolvidos na escolha de materiais. A utilização dessas atividades evidenciou que a problematização de dados não é algo sempre presente nas interações dos alunos com as informações.

▶ abordagem CTS, química ambiental, educação profissional ◀

Recebido em 05/11/2018, aceito em 16/12/2018

Questões ambientais são complexas e tentativas para simplificá-las podem resultar em perda considerável no entendimento de aspectos significativos do problema. A complexidade dos temas ambientais surge, em grande parte, do seu caráter interdisciplinar, por ser arena de disputas de formas de ver o mundo. No que se refere ao ensino de Ciências, e da Química em particular, é especialmente importante considerar na abordagem em sala de aula aspectos referentes à parte técnica e científica do problema e às questões políticas, sociais, econômicas, entre outras. Este é um grande desafio para a formação dos profissionais técnicos em Química de nível médio.

> Para o ensino profissional de Química de nível médio não encontramos materiais didáticos publicados ou de fácil acesso que considerem esses aspectos. Os cursos técnicos, em geral, utilizam livros cujo público-alvo são alunos de graduação em Química e Engenharia Química ou apostilas preparadas pelos próprios professores, que acabam não sendo divulgadas de forma mais ampla.

As atividades descritas neste trabalho foram utilizadas na disciplina Química Ambiental de um colégio técnico da rede federal de ensino. A disciplina foi concebida com o objetivo de contribuir para a inserção de uma abordagem que considere essa complexidade. A disciplina enfoca, em sua primeira parte, as relações entre a Química e o sistema produtivo, discutindo a ideia de sustentabilidade e dos impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida dos produtos. A proposta é relacionar a criação de produtos industrializados (tarefa que cabe ao designer de produto) com a criação de materiais que são efetivamente utilizados nos produtos (tarefa que cabe ao químico).

Da mesma forma que designers têm se mobilizado para criar produtos com um desempenho ambiental melhor por meio de estratégias de ecodesign, químicos têm aprimorado sua prática ao considerar os princípios da Química Verde na obtenção de novos materiais e processos (Anastas e Warner, 1998; Anastas e Eghbali, 2010; Lenardão *et al.*, 2003). A disciplina trata ainda de outras questões relacionadas com a sustentabilidade no uso dos materiais, das fontes de energia alternativas e tradicionais e, finalmente, dos impactos causados pelas atividades humanas na atmosfera, incluindo o aquecimento global e o buraco na camada de ozônio.

Alguns materiais didáticos têm sido produzidos no Brasil para o ensino de Ciências por meio de temas Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) para o ensino médio. Para o ensino profissional de Química de nível médio não encontramos materiais didáticos publicados ou de fácil acesso que

considerem esses aspectos. Os cursos técnicos, em geral, utilizam livros cujo público-alvo são alunos de graduação em Química e Engenharia Química ou apostilas preparadas pelos próprios professores, que acabam não sendo divulgadas de forma mais ampla. Assim, um projeto envolvendo professores e alunos de graduação em Química vem produzindo material didático e de divulgação voltado para a abordagem da Química Ambiental (Mateus, 2012; Mateus *et al.*, 2012; Mateus *et al.*, 2009).

Este artigo relata a experiência do desenvolvimento e uso em sala de aula de uma sequência didática sobre a tabela de tempo de decomposição de materiais com o objetivo de explicitar a complexidade de fatores envolvidos na escolha de materiais.

Abordagem CTS no Ensino Profissional: Um Caminho Possível

Os subsídios oferecidos por pesquisas sobre a abordagem CTS foram fundamentais para o desenvolvimento dos pressupostos teórico-metodológicos que orientaram a elaboração da atividade desenvolvida.

A abordagem CTS propõe para o ensino de Ciências o desafio de situar problemas do mundo real como base para a aprendizagem de conteúdos tradicionais em articulação com a realidade social e as práticas científicas (Sadler e Fowler, 2006). O termo CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) é utilizado por alguns autores para diferenciar situações em que as questões ambientais são o foco da discussão.

Existem diferentes formas de conceber a abordagem CTS. O chamado argumento democrático para ensinar Ciências é defendido por alguns autores, entre eles Carvalho (2004), que propõe o desenvolvimento de uma consciência tecnológica ao longo do processo de formação dos alunos. Essa consciência tecnológica inclui a consciência das implicações pessoais, sociais, morais, econômicas e, sobretudo, ambientais, do desenvolvimento tecnológico. A autora considera que ao adquirir essa consciência os sujeitos, cidadãos em formação, terão melhores condições de participar de debates acerca de decisões que envolvam forte componente científico-tecnológico. A visão da autora aponta para a necessidade de mudanças culturais epistemológicas na forma como o conhecimento é tratado na educação tecnológica.

Concordamos com Bazzo (2002) e Linsingen (2006) quando abordam a necessidade de reformulações curriculares com o objetivo de formar bons técnicos. Assim, consideramos fundamental incluir na formação do profissional técnico aspectos relacionados à profissionalização e à formação de cidadãos em sintonia com os problemas da sociedade na perspectiva de sua transformação. O enfoque CTS está diretamente relacionado com essa necessidade.

Temos consciência que a questão da abordagem CTS, em si, não tem a possibilidade de atender a todas as demandas de formação. Isso nos foi evidenciado por um estudo (Corrêa e de Araújo, 2013) desenvolvido em uma escola de ensino profissional, que teve como objetivo estudar a visão construída por alunos da educação profissional técnica de nível médio, com idades entre 15 e 19 anos. O estudo revelou um cenário muito distante daquele que se desejaria para uma educação científica e tecnológica via CTS. Estes trabalhos apontam para o fato de que maioria dos estudantes parece não ter conhecimento mais aprofundado relacionado a problemas que envolvem as dimensões CTS.

Consideramos fundamental que a opção por uma abordagem CTS seja acompanhada por fundamentos sólidos relacionados aos objetos de ensino, ou seja, a aspectos conceituais, atitudinais e procedimentais. E, ainda, fundamentos teórico-metodológicos referentes à forma de abordagem desses objetos de ensino considerando o contexto CTS.

Fundamentos Teórico-Metodológicos: a Necessária Articulação entre a Abordagem CTS e as Escolhas sobre o que Ensinar

Em texto publicado na revista Química Nova na Escola (Mateus *et al.*, 2009) argumentamos que parece haver um consenso de que o ensino de Química no nível médio é espaço privilegiado para a consideração de materiais, sua constituição, propriedades e transformações, assim como a consideração das inter-relações entre os níveis, teórico, representacional e fenomenológico (Mortimer *et al.*, 2000; Brasil, 2006).

A dificuldade de se abordar os conteúdos químicos de forma contextualizada foi evidenciada por Santos e Mortimer (2002). Para o ensino médio a questão da articulação entre o conhecimento químico e os contextos nos quais esse conhecimento se faz presente não é algo elementar de ser feito.

No contexto do ensino profissional de nível médio outros desafios precisam ser considerados. É possível colocar aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais centrais na formação de um técnico em Química em contextos CTS relevantes? Que estratégias, que instrumentos, que situações seriam mais adequadas para favorecer essa articulação?

No âmbito do Ensino Profissional, uma referência para a elaboração de currículos é apresentada no Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (Brasil, 2008). Em relação aos eixos tecnológicos estão incluídos aspectos relacionados à formação do Técnico em Química que envolvem a consideração das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, aspectos a serem contemplados pela abordagem CTS. Assim, para a formação do Técnico em Química, o texto diz que este tipo de profissional

> *Atua no planejamento, coordenação, operação e controle dos processos industriais e equipamentos nos processos produtivos. Planeja e coordena os processos laboratoriais. Realiza amostragens, análises químicas, físico-químicas e microbiológicas. Realiza vendas e assistência técnica na aplicação de equipamentos e produtos químicos. Participa no desenvolvimento de produtos e validação de métodos. Atua com responsabilidade ambiental e em conformidade com*

as normas técnicas, as normas de qualidade e de boas práticas de manufatura e de segurança (grifo nosso).

Assim, na formação do técnico em Química é fundamental que o currículo inclua a abordagem de questões ambientais.

Na disciplina Química Ambiental alguns pontos necessitam ser repensados e redefinidos, tendo em vista os aspectos teórico-metodológicos considerados anteriormente relacionados com o que ensinar. É importante que a seleção dos aspectos a serem abordados considere a necessidade de oferecer aos alunos a possibilidade de interagir com normas técnicas, normas de qualidade, dados e informações técnicas de forma a estabelecer relações mais amplas. Além disso, há que se considerar a forma como a abordagem dessas questões deve ser feita para promover uma formação que possibilite aos sujeitos se posicionarem como técnicos em Química e como pessoas inseridas em um contexto social.

Fundamentos Teórico-Metodológicos: Abordagem Discursiva como Possibilidade de Entender o Processo de Formação dos Sujeitos e de Compreensão

Em geral as metodologias de ensino utilizadas no ensino técnico centram-se em abordagens puramente técnicas, não considerando as mudanças sociais decorrentes dos avanços científicos e tecnológicos que se processaram nas últimas décadas. Há que se considerar também que muitas vezes tais abordagens carecem de fundamentos teórico-metodológicos mais profundos relacionados a como os sujeitos se constituem e compreendem o mundo.

Em trabalhos desenvolvidos anteriormente e voltados para o ensino médio de Química, discutimos o processo de elaboração conceitual numa perspectiva discursiva (Machado, 1999). Neste trabalho a perspectiva do autor russo M. M. Bakhtin (Bakhtin, 2003 e 2005) nos oferece instrumentos importantes para a compreensão do processo de elaboração conceitual que consideramos fundamentais também para a fundamentação da elaboração de um material didático voltado para o ensino técnico.

Em geral as metodologias de ensino utilizadas no ensino técnico centram-se em abordagens puramente técnicas, não considerando as mudanças sociais decorrentes dos avanços científicos e tecnológicos que se processaram nas últimas décadas. Há que se considerar também que muitas vezes tais abordagens carecem de fundamentos teórico-metodológicos mais profundos relacionados a como os sujeitos se constituem e compreendem o mundo.

A abordagem de Bakhtin tem seus fundamentos no processo de constituição dos sujeitos considerando o outro, a linguagem e os processos de significação. Nos processos de significação a compreensão toma uma dimensão que nos aponta caminhos para os processos ensino-aprendizagem em sala de aula.

Para entendermos a significação e a construção de sentidos do ponto de vista de Bakhtin, as noções de vozes e de dialogia são fundamentais. As vozes envolvem as perspectivas dos sujeitos e suas visões de mundo. No processo de compreensão a dialogia envolve o encontro de vozes – perspectivas de mundo, formas de pensar. Assim essa perspectiva nos oferece elementos importantes ao considerar que a construção do entendimento está, portanto, relacionada às muitas formas como duas ou mais vozes entram em contato. Isto quer dizer que nas interações de uma sala de aula as vozes do livro didático, do professor, dos colegas, das experiências, do senso comum, encontram-se e confrontam-se. E é nesse contexto que se dá a compreensão.

Para Bakhtin, toda compreensão é ativa. Nesse processo o que vai sendo compreendido relaciona-se indissoluvelmente com uma resposta. Dessa forma o processo de compreensão envolve inter-relações complexas, nas quais as consonâncias e multissonâncias com o que está em processo de compreensão vai sendo enriquecido com novos sentidos. Assim, no esforço de compreender elaboramos nossas próprias palavras, nossas contra palavras. E a compreensão será mais profunda e substancial quanto mais relações puderem ser estabelecidas.

As ideias de Bakhtin nos fazem pensar sobre o processo de compreensão e considerar que, nesse processo, as vozes que antes estiveram explicitamente representadas no funcionamento interpsicológico serão incorporadas pelos sujeitos.

A questão que se coloca então é que vozes seriam interessantes selecionarmos para circularem nas aulas de Química Ambiental no curso técnico?

Sequência Didática: Tabela de Tempo de Decomposição de Materiais

Um dos focos de estudo da Química está no estabelecimento de relações entre a constituição e as propriedades dos materiais, seu uso em produtos e os impactos associados aos processos de transformação e circulação no ambiente. Essas são relações complexas. Vários fatores devem ser considerados ao analisarmos se determinado material é o mais adequado para determinado uso. Ao se trabalhar com a relação entre materiais constituintes de produtos e o impacto ambiental causado pelo seu descarte, é muito comum nos depararmos com tabelas que apresentam uma lista de materiais ou produtos e o tempo necessário para que sejam decompostos na natureza. Essas tabelas podem ser encontradas em páginas na Internet, materiais de divulgação – como cartilhas – e materiais didáticos. Entretanto, os dados organizados nessas tabelas apresentam incoerências e imprecisões. Por esse motivo consideramos que as tabelas de tempo de decomposição de materiais constituem um contexto relevante para abordamos algumas questões.

Ao propormos o conjunto de atividades aqui descritas temos como objetivos aspectos relacionados à aprendizagem

de alguns conceitos e ao desenvolvimento de atitudes. Um primeiro aspecto é tornar visível para os alunos o fato de que a análise dos dados desse tipo de tabela não é suficiente para se fazer uma escolha entre materiais, uma vez que um único parâmetro – a durabilidade – é considerado. A durabilidade, tomada isoladamente, não determina se um material é ambientalmente correto e se o seu uso é adequado ou não. Em muitas situações, a durabilidade de um material é algo desejável. Isso é particularmente verdade, quando se trata de objetos que não foram produzidos com a intenção de serem descartáveis.

No caso de um material ou objeto ser descartável não importa apenas se o material de que é feito tem durabilidade pequena no ambiente. Não é interessante termos um material ou objeto que ao ser descartado degrade rapidamente se os produtos de sua degradação forem materiais tóxicos.

Outro aspecto importante é que os alunos sejam capazes de interagir com informações técnicas de forma a buscar por possíveis incoerências, localizar a fonte dos dados, checar a confiabilidade e identificar os métodos utilizados nas análises desenvolvidas.

As tabelas de tempo de decomposição de materiais encontradas na Internet, em geral, não apresentam a fonte dos dados. Não existe informação alguma sobre como os dados foram obtidos, em que situação os materiais estavam dispostos e não são fornecidos parâmetros como a temperatura, umidade ou incidência de luz. Existem normas técnicas (ABNT, 2008) que descrevem o procedimento a ser seguido para ensaios que determinam se um material pode ou não ser considerado biodegradável e nos quais estas variáveis, entre outras, devem ser controladas. Existem também informações sobre a degradabilidade nas Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) disponíveis em páginas na internet.

Ao final das atividades, era nossa expectativa que os alunos fossem capazes de pensar em outras possibilidades de divulgar informações importantes sobre os materiais, tendo como referências parâmetros que possibilitem uma contribuição mais efetiva no gerenciamento de resíduos sólidos.

A sequência didática aqui apresentada é constituída por três atividades. A **Atividade 1** foi proposta com o objetivo de realizar um levantamento inicial das ideias dos estudantes sobre este tipo de tabela. Uma versão de tabela foi produzida a partir de dados obtidos em diversas tabelas encontradas em páginas da Internet e é apresentada na Figura 1. Os estudantes deveriam analisar as informações e responder a uma questão "*Em que medida este tipo de tabela pode contribuir para a resolução de problemas ambientais?*". A turma foi organizada em grupos e trabalhou durante 30 minutos. Após esta etapa, solicitamos que os estudantes pesquisassem em casa e trouxessem na aula seguinte uma ou mais versões da tabela, juntamente com a referência de onde foi encontrada.

Na aula seguinte, novamente em grupos, os alunos analisaram as tabelas solicitadas. Três questões foram propostas de forma a orientar a discussão. As questões são apresentadas na Figura 2.

Atividade 1 – tempo de decomposição de materiais

Nome: _____ **Turma** _____

Este quadro apresenta informações sobre a durabilidade de diversos materiais indicando o tempo de decomposição de cada um. Analise as informações e responda a questão a seguir.

MATERIAL	TEMPO
Jornais	2 a 6 semanas
Pontas de cigarro	2 anos
Embalagens de Papel	1 a 4 meses
Casca de Frutas	3 meses
Guardanapos de papel	3 meses
Fósforo	2 anos
Chicletes	5 anos
Nylon	30 a 40 anos
Sacos e copos plásticos	200 a 450 anos
Latas de alumínio	100 a 500 anos
Tampas de garrafas	100 a 500 anos
Pilhas	100 a 500 anos
Garrafas e frascos de vidro ou plástico	indeterminado

Em que medida as informações desse quadro podem contribuir para a resolução de problemas gerados pelo descarte de materiais no ambiente?

Figura 1: Tabela utilizada na Atividade 1.

Atividade 2 – Comparando as tabelas de tempo de decomposição

Nome: _____ **Turma** _____

_____

_____

_____

1. Observem as tabelas que foram trazidas pelos componentes de seu grupo. Comparem os dados. Em uma folha separada, por grupo, comentem sobre os dados apresentados.

   a) Os dados são consistentes de tabela em tabela?

   b) Se você considerar um tipo de material, é possível encontrar incoerências nos dados? Dê um exemplo.

   c) Enumere algumas questões que você e seu grupo consideram que não foram esclarecidas de forma satisfatória pelas informações apresentadas.

Figura 2: Questões utilizadas na Atividade 2.

As questões solicitavam aos estudantes que comparassem dados das diversas tabelas, analisando se eram consistentes e coerentes. Um dos significados da palavra "consistência" no dicionário Aurélio é "*concordância aproximada entre os resultados de várias medições de uma mesma quantidade*". Assim, deveriam verificar se os valores listados eram os mesmos ou apresentavam grande variação. Já a coerência, de acordo com a mesma fonte, pode ser definida como "*ligação ou harmonia entre situações, acontecimentos ou ideias; relação harmônica, conexão, nexo, lógica*". Por exemplo, em uma tabela encontramos informações referentes ao tempo de degradação para jornais, embalagens de papel e guardanapos de papel. Neste caso os estudantes deveriam analisar se os dados apresentavam alguma discrepância. Além disso, deveriam enumerar questões consideradas não suficientemente esclarecidas pela tabela. Ao término da atividade, o professor

solicitou que cada grupo relatasse suas respostas, anotando no quadro as diferentes colocações. Na Atividade 3 os estudantes responderam questões para orientar a discussão final sobre a tabela. As questões são apresentadas na Figura 3.

Atividade 3 – INVESTIGANDO AS TABELAS DE TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO

Nome: _____ **Turma** _____

1. As tabelas ou quadros que vocês encontraram apresentam título? Escreva os títulos a seguir.
2. As tabelas indicam a fonte dos dados?
3. Se existem plásticos que foram inventados há menos de 50 anos, como se pode afirmar que eles duram centenas de anos?
4. As tabelas especificam as condições em que as medidas foram realizadas?
5. Enumere alguns fatores que podem afetar essas medidas.
6. A durabilidade de um material é um problema? Em que situações?
7. Devemos usar materiais que se decompõe rapidamente? Em que situações?
8. Que outros critérios poderiam ser importantes para classificar esses materiais, de modo que a tabela cumpra a sua função de conscientizar as pessoas?

Figura 3: Questões utilizadas na Atividade 3.

Discussão

Uma observação mais detalhada da tabela apresentada na Figura 1 nos permite observar que três produtos fabricados com materiais semelhantes (jornais, guardanapos de papel e embalagens) possuem tempos de decomposição muito diferentes (2 a 6 semanas, 3 meses e 1 a 4 meses, respectivamente). Inicialmente tínhamos a expectativa que os alunos:

1. Pudessem avaliar o grau de contribuição de uma tabela como essa para as pessoas que interagissem com os dados por ela apresentados;
2. Fossem capazes de perceber alguma incoerência ou incorreção nos dados apresentados;
3. Questionassem o fato de não se apresentar a forma como os dados foram obtidos.

Nesta primeira atividade, pudemos observar que, ao avaliarem o grau de contribuição para a resolução de problemas ambientais da tabela, os alunos, em sua grande maioria, apontam o seu potencial para a conscientização da população. Outro ponto destacado por muitos estudantes relaciona-se ao fato das informações sobre a degradação dos materiais auxiliarem as pessoas a gerenciarem o lixo que produzem.

Este é um aspecto interessante para uma reflexão. Garcia (2007) aponta alguns fatores que fazem a degradação de materiais não ser uma solução para a questão dos resíduos sólidos urbanos. Um dos aspectos levantados pela pesquisadora é que mesmo o resíduo degradável requer coleta e local adequado para sua disposição final. Assim, o fato de um material ter a possibilidade de se degradar em pouco tempo não diminui a responsabilidade do poder público, do setor industrial, nem dos consumidores. Este tipo de informação poderia induzir as pessoas a pensarem que podem jogar resíduos biodegradáveis em qualquer lugar. Essa forma de pensar pode comprometer outras ações como: jogar o lixo no lixo; separar resíduo reciclável; destinar os recicláveis para reciclagem e consumir de forma responsável. Outro aspecto diz respeito ao fato de que a degradação dos materiais não é um processo instantâneo. Assim, resíduos jogados de forma indevida permanecem no ambiente ocasionando a poluição visual.

Os processos de degradação envolvem transformações químicas. Os materiais podem se transformar em ou mobilizar substâncias que apresentem maior impacto ambiental do que o resíduo inerte – aditivos, cargas, pigmentos, corantes e metais, por exemplo. Esses novos materiais podem apresentar impactos desconhecidos sobre o ambiente. Materiais inertes, não degradáveis, podem oferecer menor risco ao meio ambiente e permitem o aproveitamento do resíduo via reciclagem mecânica e/ou energética.

A pesquisadora cita como exemplo a degradação de materiais plásticos. Segundo ela, colocar como solução para a questão dos resíduos sólidos plásticos a produção de plásticos degradáveis acaba por reduzir esforços para a melhoria contínua da cadeia de reciclagem – tecnologias de separação e de reciclagem, melhoria da qualidade do produto fabricado com matéria-prima reciclada, otimização do desempenho ambiental dos produtos. Para ela a degradação acarreta desperdício de recursos naturais, água e energia, pois, ao se degradar, o resíduo perde o potencial de reciclagem mecânica e de recuperação energética.

Ao realizarem as atividades seguintes, quando foram solicitados a investigar os dados da tabela com mais cuidado e verificar o que a tabela não informava, os estudantes listaram os seus principais problemas, com relação à falta de explicitação da metodologia de obtenção dos dados,

Na atividade 2 os alunos precisavam responder a 3 questões. A primeira abordava a questão da consistência dos dados apresentados na tabela e a maioria dos alunos julgou que os dados eram consistentes. Neste caso podemos indagar se a questão deveria ter solicitado uma justificativa para que pudéssemos checar a compreensão do termo consistente. Na segunda questão solicitava-se que os alunos selecionassem um tipo de material e verificassem a existência de incoerências. Neste caso todos os alunos identificaram incoerências entre dados de uma mesma tabela, que variavam dependendo do uso do material (sacolas plásticas e garrafas plásticas).

Também foram identificadas discrepâncias entre tabelas diferentes (vidro – 4000 anos, 100.000 anos, 1.000.000 de anos e indeterminado). É possível perceber que foi importante focar a observação em um mesmo material para que as incoerências pudessem ser evidenciadas.

A terceira questão dessa atividade solicitava que os estudantes enumerassem algumas questões que considerassem não terem sido esclarecidas de forma satisfatória pelas informações apresentadas. Foram levantados os seguintes aspectos:

- Falta de especificação das condições em que os materiais foram descartados;
- Falta de especificação sobre o método utilizado para realizar as medidas de tempo;

- Falta de especificação das dimensões dos objetos e materiais em questão;
- Falta de informações sobre a forma correta de descartar os materiais;
- Falta de especificação mais detalhada dos materiais – tipos diferentes de plásticos.

Foi possível observar que as respostas consideraram aspectos relacionados à condição de produção dos dados – métodos e técnicas utilizados – e sobre informações mais precisas sobre o descarte correto dos materiais.

Na atividade 3 foram incluídas questões que tiveram como objetivo aprofundar a compreensão acerca dos dados e da forma de produzi-los. Além disso, tivemos a intenção de criar um contexto para que se pensasse sobre a possibilidade da veiculação de informações sobre os materiais que incluíssem critérios mais relevantes para o gerenciamento de resíduos sólidos.

A questão ambiental é muitas vezes tratada de maneira simplificada e é necessário ampliar a visão dos estudantes sobre a questão da complexidade. A tabela do tempo de decomposição dos materiais apresentava apenas um fator – a durabilidade do material e foi possível ampliar a percepção dos alunos para o fato de que a questão necessita de uma visão multifatorial.

Vamos destacar a questão 8 que solicitava a explicitação de outros critérios importantes relacionados aos materiais para que a tabela cumprisse a função de contribuir para uma maior conscientização das pessoas. Foram listados os seguintes critérios:

- Eficiência de reciclagem;
- Fração de resíduos gerados na reciclagem;
- Tipo e quantidade de matérias-primas que originam os materiais;
- Impactos causados pelo material no ambiente;
- Formas de descarte.

Nesta atividade final os estudantes destacam como interessantes informações que vão desde as matérias-primas, impactos do material no ambiente, formas de reciclagem e resíduos gerados.

Considerações Finais

O trabalho aqui apresentado faz parte de um projeto mais amplo que tem como objetivo a incorporação de princípios de CTS para a elaboração de atividades em disciplinas do curso técnico em Química do COLTEC/UFMG.

A questão ambiental é muitas vezes tratada de maneira simplificada e é necessário ampliar a visão dos estudantes sobre a questão da complexidade. A tabela do tempo de decomposição dos materiais apresentava apenas um fator – a durabilidade do material e foi possível ampliar a percepção dos alunos para o fato de que a questão necessita de uma visão multifatorial.

A análise da tabela criou condições para que os estudantes considerassem a existência dessa complexidade, uma condição importante para a compreensão de diversos tópicos que são tratados a seguir no curso, como a importância de se considerar todo o ciclo de vida de um produto ou os fatores que devem ser levados em conta ao se optar por uma rota sintética a partir de uma análise dos princípios da Química Verde.

Foi possível perceber que uma abordagem mais crítica dos dados apresentados pelas tabelas só teve lugar quando a mediação, tanto do texto quanto do professor, disponibilizou o contexto a ser examinado. Isso nos coloca uma questão sobre nossa meta de formação de cidadãos com capacidade para interagir com as situações de forma a estabelecer questionamentos. Apontamos para a necessidade de aprofundar nossas investigações sobre a repercussão de atividades de ensino no posicionamento dos sujeitos no mundo da vida e do trabalho.

Alfredo Luis Martins Lameirão Mateus (almateus@gmail.com) possui graduação em Química e mestrado em Química Inorgânica pela Universidade de São Paulo (USP) e doutorado em Química Inorgânica pela University of Florida. Atualmente é professor associado no Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, MG – BR. **Andréa Horta Machado** (ahortamachado@gmail.com) possui licenciatura em Química e bacharelado pela UFMG, mestrado e doutorado em Educação – Metodologia de Ensino – pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é professora associada no Colégio Técnico da UFMG. Belo Horizonte, MG – BR. **Patrícia Andrade Aguiar** (pathbh@gmail.com) possui licenciatura em Química pela UFMG e é professora do Grupo Bernoulli, Rede de Ensino Coleguium, G8 Pré-vestibular. Belo Horizonte, MG – BR.

Referências

ANASTAS, P. T. e WARNER, J. C. *Green chemistry:* theory and practice; Oxford: Oxford University Press, 1998.

ANASTAS, P. T. e EGHBALI, N. Green chemistry: principles and practice. *Chemical Society Reviews*, v. 39, p. 301-312, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT/NBR 15.448 – 2/08 – Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis* – Parte 2: biodegradação e compostagem – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BAKHTIN, M. M. *Estética da criação verbal.* São Paulo: Martins Fontes, 2003.

_____. *Marxismo e filosofia da linguagem.* São Paulo: Hucitec, 2005.

BAZZO, W. A. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, v. 28, n. 1, p. 83-99, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. *Catálogo nacional de cursos técnicos.* Área profissional: química. 1ª ed. Brasília: MEC, 2008. Disponível em http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=52151-catalogo-nac-cursos-tec-pdf&category_slug=novembro-2016-pdf&Itemid=30192, acessada em Julho 2019.

_____. _____. _____. *Parâmetros curriculares nacionais:*

ensino médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Orientações curriculares para o ensino médio, vol. 2. Brasília: Ministério da Educação, 2006

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências:* unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CORRÊA, A. L. L. e DE ARAÚJO, M. S. T. Aspectos do enfoque CTS no ensino profissional técnico de nível médio do CEFETMG a partir da visão dos alunos participantes da XXII MOSTRA específica de trabalhos e aplicações. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 3, n. 3, p. 524-534, 2013.

GARCIA, E. E. C. *Plástico e meio ambiente:* uma visão através da avaliação do ciclo de vida – ACV. 2007. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2007/08/eloisa_elena.pdf, acessada em Julho 2019.

LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, M. J.; BAPTISTA, A. C. F. e SILVEIRA, C. C. Green chemistry – os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

LINSINGEN, I. V. CTS na educação tecnológica: tensões e desafios. In: *Atas do I Congresso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS + I*. México D. F., 2006.

MACHADO, A. H. *Aula de química – discurso e conhecimento*, vol. 1. Ijuí: Editora Unijuí, 1999.

MATEUS, A. L. *Química em questão*, vol. 1. 1ª ed. São Paulo: Claro Enigma, 2012.

_____; MACHADO, A. H. e AGUIAR, P. A. Durabilidade de materiais e sustentabilidade: abordagem CTSA em atividades para o ensino profissional de química. In: *Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)*. Salvador, BA, 2012. Disponível em http://www.portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7828/5553, acessado em Julho 2019.

_____; _____ e BRASILEIRO, L. B. Articulação de conceitos químicos em um contexto ambiental por meio do estudo do ciclo de vida de produtos. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 231-234, 2009.

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

SADLER, T. D. e FOWLER, S. R. A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, v. 90, n. 6, p. 986-1004, 2006.

SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2002.

Abstract: *Material's Degradation Timetable: a Context for Environmental Chemistry in a Chemistry Technician Course.* This work describes the use of activities in an Environmental Chemistry class in a secondary level Chemistry technician course. The activities have as references the Science Technology Society (STS) approach, Green Chemistry principles, product life-cycle analysis, and ideas related to sustainability. The proposed activities deal with how data are presented in the so-called material´s degradation timetables. The main goal of the activities is to make explicit the complexity of factors involved in the choice of materials. The use of the activities has given us evidences that students will not always look at data critically unless prompted.
Keywords: STS approach, environmental chemistry, professional education

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160150

Proposta Pedagógica para o Ensino Explícito de Argumentação: O Caso da Controvérsia Histórica do Gás Oxigênio

Jordana A. de Oliveira e Paula C. C. Mendonça

Destacamos o potencial de uma proposta pedagógica para o ensino explícito de argumentação fundamentada no uso da controvérsia histórica do gás oxigênio, tomando por base a análise da qualidade dos argumentos de professores de química em formação inicial. Foi elaborada uma sequência de ensino no qual os licenciandos tiveram que ler textos históricos para subsidiar argumentos para o debate que girava em torno do questionamento: Se pudesse atribuir um prêmio Nobel de Química retrospectivo a um cientista do século XVIII, envolvido na descoberta do gás oxigênio, qual(is) cientista(s) seria(m) contemplado(s)? Foram analisados os argumentos individuais e os textos argumentativos dos grupos com base nos critérios: afirmativa, evidência e justificativa e a relação do argumento com a visão de descoberta na ciência. Pela análise percebemos que os licenciandos se preocuparam não apenas em apresentar evidências para os cientistas que defendiam, como também para aqueles que eram contrários. Eles buscaram persuadir ao propor uma linha de raciocínio que demonstrava os fundamentos que guiaram as escolhas. Constatamos que a visão de descoberta na ciência influenciou a tomada de decisão, evidenciando a relação entre os critérios epistêmicos e a argumentação.

▶ argumentação, controvérsia, história da ciência ◀

Recebido em 04/06/2018, aceito em 18/08/2018

O Ensino de Química, além de capacitar os sujeitos para a compreensão do mundo por meio das lentes de conhecimentos próprios dessa área, tem como função promover um entendimento mais amplo sobre a própria ciência. O Ensino de Química estruturado dessa forma contribuiria para a formação de cidadãos letrados cientificamente. Nesse sentido, os estudantes e professores de química devem ter acesso não apenas aos produtos da ciência (isto é, leis, teorias e modelos consensuais na comunidade científica), como também ter compreensão dos métodos de produção, avaliação e disseminação do conhecimento científico e das relações entre ciência e os contextos histórico, social e cultural (Millar, 2003). Em função de tais objetivos, defendemos que a argumentação passa a ter papel central na instrução.

van Eemeren *et al.* (1996) definem a argumentação como uma atividade *verbal* e *social*. A natureza social do argumento se torna mais evidente quando duas ou mais pessoas estão discutindo sobre seus pontos de vista. Todavia, quando uma pessoa faz uma ponderação entre prós e contras de suas próprias ideias, a condução do ato de pensamento tem caráter social, pois a pessoa poderia prever reações de possíveis interlocutores (reações que a princípio são da pessoa, mas que poderiam ser compartilhadas por outros). Kuhn (1991) também defende esta perspectiva ao atribuir ao termo argumento um aspecto social e individual. Ou seja,

A natureza social do argumento se torna mais evidente quando duas ou mais pessoas estão discutindo sobre seus pontos de vista. Todavia, quando uma pessoa faz uma ponderação entre prós e contras de suas próprias ideias, a condução do ato de pensamento tem caráter social, pois a pessoa poderia prever reações de possíveis interlocutores (reações que a princípio são da pessoa, mas que poderiam ser compartilhadas por outros).

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.

um raciocínio individual em que se constrói uma afirmativa acompanhada de justificativa, e no qual são analisadas posições adversas, pode ser considerado um argumento porque ele implicitamente contém um processo dialógico:

> *O processo dialógico no qual duas ou mais pessoas se engajam em debate sobre posições opostas pode ser referido como argumentação ou discurso argumentativo em distinção a argumento como um produto (um indivíduo constrói um argumento para dar suporte a um ponto de vista). Entretanto, um argumento como produto é construído implicitamente a partir de uma conclusão baseada em uma estrutura de evidências e contra-argumentos que caracterizam um discurso argumentativo* (Kuhn e Franklin, 2006, p. 979, *apud* Garcia-Mila e Andersen, 2008, p. 32).

Em convergência com tais ideias, van Eemeren *et al.* (1996) e Billig (1987) concordam quanto à necessidade de *pontos de vista controversos* para ocorrência de argumentação. De acordo com Billig (1987), em uma conversa em que todos concordam uns com os outros, seria impossível o aparecimento de argumentação. Esses autores explicitam que o propósito da argumentação é *justificar* uma opinião ou *refutar* um ponto de vista oposto, a partir de um conjunto de *pro-argumentos* (razões a favor) e *contra-argumentos* (razões contra). Para eles, a argumentação tem como finalidade *aumentar (ou diminuir) a aceitabilidade* de um ponto de vista controverso a partir de justificativas que visam o convencimento ou persuasão de uma audiência (o próprio sujeito, um interlocutor ou uma variedade de pessoas). Por sua vez, a audiência tem o papel de concluir sobre um ponto de vista particular a partir de *julgamento racional*, que se relaciona à avaliação da solidez dos argumentos no contexto da discussão. Essa avaliação leva em conta o suporte dado ao ponto de vista ou afirmativa que se deseja defender (ou atacar). Esse suporte acontece a partir do uso de dados e informações que têm a especificidade de provar (ou descartar) a veracidade da alegação. A conexão entre os dados e a afirmativa se dá a partir de uma justificativa que objetive torná-la verdadeira (ou falsa) (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Argumentar se torna uma ferramenta para avaliar o conhecimento porque se trata de um processo dialógico que favorece a externalização do raciocínio e a escrutinização de perspectivas alternativas (Jiménez-Aleixandre, 2010). Tradicionalmente, o Ensino de Química não tem valorizado essa perspectiva, pois há ênfase na transmissão de um *corpus* de conhecimento científico estabelecido em oposição ao levantamento de evidências que demonstram porque determinada explicação é considerada mais pertinente do que outra, ou a como o status de determinado conhecimento foi sendo modificado ao longo do tempo na ciência (Driver *et al.*, 2000). Em contrapartida, análises de instruções fundamentadas em argumentação têm evidenciado que estudantes que se engajam em discussão de textos científicos e exploram os motivos de uma teoria ou modelo ser adequado(a) ou não, desenvolvem um entendimento conceitual mais apurado, porque compreendem a lógica de determinadas ideias científicas, uma vez que têm oportunidades de explicitar e avaliar o raciocínio que as embasa (Erduran e Jiménez-Aleixandre, 2008). Ou seja, instruções desse tipo podem contribuir para que estudantes possam explorar explicações alternativas na ciência e as evidências que confirmam ou não cada uma delas (Allchin, 2013; Archila, 2015), proporcionando um olhar para a ciência em construção, em oposição à ciência acabada (Latour, 1987), como frequentemente é apresentada em livros didáticos. Nesse sentido, controvérsias históricas têm sido utilizadas na formação de professores (por exemplo, em Abd-El-Khalick e Lederman, 2000; Allchin, 2011; Niaz, 2009) e na educação básica (por exemplo, em Braga *et al.*, 2012; Fouad *et al.*, 2015) visando favorecer a melhor compreensão do conhecimento científico.

Controvérsias históricas também podem ser utilizadas como fomentadoras de situações argumentativas (Zemplén, 2011), uma vez que os sujeitos devem argumentar a favor de determinadas ideias e refutar as do outro com base em evidências e conhecimentos relevantes à luz dos fatos históricos e do contexto da época estudada. Controvérsias históricas, portanto, podem assumir papel importante na argumentação, por fornecerem dados que podem ser utilizados como evidência contra e a favor de decisões (Archila, 2015). Esse tipo de atividade deve ser realizado com o intuito principal de favorecer a compreensão de que diferentes pontos de vista na ciência podem coexistir e que um deles pode, em determinada situação, ser considerado mais adequado do que outro (Justi e Mendonça, 2016). Portanto, o uso adequado de controvérsias históricas no ensino pode ser relevante para convencimento dos estudantes sobre as ideias científicas.

Além disso, Jiménez-Aleixandre e Puig (2012) argumentam que o uso de situações controversas no ensino pode favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes. Isto porque, na visão dessas autoras, o pensamento crítico pode ser entendido como o compromisso com, e avaliação de, evidências, que permitem a crítica a argumentos baseados em autoridade e o questionamento de relações assimétricas de poder. Visto desse modo, o pensamento crítico contribuiria, por exemplo, na capacidade de um indivíduo distinguir afirmativas baseadas em evidências de mera opinião, e de distinguir afirmativas baseadas em conhecimento científico de pseudociência ou superstição (Smith e Scharman, 1998) – o que é de fundamental importância para uma Educação Química voltada para o desenvolvimento da cidadania.

Como aqui apontado, há vários benefícios em se incluir argumentação como estratégia de ensino. Entretanto, a argumentação raramente se encontra presente nos cursos de formação de professores de Química (Queiroz e Sá, 2009). No presente artigo buscamos preencher essa lacuna fazendo uso de uma controvérsia histórica na promoção da argumentação. Nesse sentido, foi desenvolvida uma sequência de ensino com licenciandos em química da Universidade Federal de Ouro Preto, no contexto de uma disciplina eletiva que abordava a temática argumentação. De forma mais específica, neste artigo buscamos relacionar o potencial da proposta pedagógica para

o ensino explicito de argumentação utilizando a controvérsia histórica sobre a descoberta do gás oxigênio e levando em consideração a qualidade dos argumentos. Nesta proposta, consideramos como ensino explícito aquele em que os estudantes são instruídos sobre os elementos do argumento e são solicitados a construí-los estruturando e distinguindo os seus elementos. Isto não implica dizer que o ensino ocorre de forma declarativa, no qual os alunos aprendem apenas o conteúdo de argumentação, como, por exemplo, as definições de evidência, de justificativa, etc. No ensino explícito, a partir de atividades fundamentadas em argumentação (tais como desempenho de papéis e debates), os estudantes podem desenvolver suas habilidades ao distinguir, por exemplo, afirmativas de evidências e evidências de justificativas. O modo implícito trabalha com argumentação de forma indireta: por exemplo, em atividades investigativas, em situações nas quais o professor solicita que estudantes justifiquem suas respostas, defendam publicamente seus construtos, entre outras ações, mas sem que os estudantes sejam instruídos sobre o que seria um argumento, seus elementos e solicitados a distinguir os elementos do argumento nas suas proposições (Ibraim e Justi, 2016). Julgamos que trabalhar com o modo explícito seja relevante no ensino, pois várias pesquisas têm demonstrado as dificuldades de estudantes em distinguir os elementos de um argumento (por exemplo, Kuhn, 1991). Todavia, para que o ensino explícito de argumentação possa ser favorecido, torna-se importante pensar em *designs* pedagógicos adequados para o engajamento dos estudantes (Erduran e Jiménez-Aleixandre, 2008).

Além disso, consideramos que tais conhecimentos e habilidades são importantes na formação de professores de Química, de modo a justificar a pesquisa aqui desenvolvida. Isto porque professores são os principais mediadores em sala de aula para que a argumentação dos estudantes possa ser desenvolvida a partir de uma série de ações na condução de atividades de ensino. Assim, torna-se importante que eles possam vivenciar a argumentação em sua formação inicial, e compreender os elementos dessa prática (Ibraim e Justi, 2016). Também consideramos que nossa pesquisa pode contribuir para o campo da argumentação, porque autores destacam que poucas pesquisas na área têm buscado compreender as relações entre os critérios epistêmicos e os argumentos, ou seja, como o entendimento sobre natureza da ciência pode influenciar a argumentação e a tomada de decisões (Osborne *et al*., 2013).

Nesta proposta, consideramos como ensino explícito aquele em que os estudantes são instruídos sobre os elementos do argumento e são solicitados a construí-los estruturando e distinguindo os seus elementos. Isto não implica dizer que o ensino ocorre de forma declarativa, no qual os alunos aprendem apenas o conteúdo de argumentação, como, por exemplo, as definições de evidência, de justificativa, etc.

Um Breve Relato da História da Descoberta do Gás Oxigênio

Pode-se dizer que a controvérsia em torno da descoberta do gás oxigênio teve início na década de 1770 (Carneiro, 2006). Isso se iniciou graças aos estudos anteriores de alguns cientistas, como Stephen Hales (1671-1761); William Cullen (1710-1790); Joseph Black (1728-1799) e Joseph Priestley (1794-1797). Esses cientistas realizaram seus estudos utilizando a teoria do flogisto, iniciada pelo alemão Johann Joachim Becher. Essa teoria se tornou mais conhecida em 1703, quando Stahl escreveu em uma de suas obras que o flogisto era considerado o princípio inflamável. Ele afirmou ainda que qualquer metal era formado pela combinação de uma matéria terrosa (denominada "cal") com uma substância que é sempre a mesma (que seria o flogisto). A palavra flogisto derivou do termo grego para "arder". O flogisto era um material que estava contido em tudo que fosse inflamável e que era liberado no ar durante a queima, mas que até então nenhum cientista sabia do que se tratava.

Os cientistas que mais se destacaram nesses estudos e que dividem a trama da descoberta do gás oxigênio são: Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), Joseph Priestley e Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Scheele, a partir de vários experimentos, aquecendo alguns compostos, como: óxido de mercúrio, ácido nítrico e nitrato de potássio, isolou pela primeira vez um gás, que denominou de ar de fogo (que hoje seria o oxigênio), o qual alimentava a combustão. Contudo, Scheele não publicou imediatamente essa descoberta tão grandiosa para a ciência.

Em 1774, Priestley realizou um experimento aquecendo uma amostra de óxido de mercúrio em um recipiente, e observou que um gás com propriedades totalmente diferentes dos que ele conhecia era liberado. Observou ainda que o gás aumentava a combustão da chama de uma vela. Ele nomeou esse gás como ar desflogisticado ou ar bom e publicou sua descoberta em 1774. Scheele e Priestley utilizaram a teoria do flogisto em seus estudos para a "caça aos ares". Porém, Scheele somente publicou sua descoberta em 1777, três anos mais tarde que Priestley.

Lavoisier, em 1774, prosseguia seus estudos sobre a combustão. Lavoisier pressupôs que deveria conduzir seus estudos sobre a combustão de maneira quantitativa. Após vários experimentos realizando muitas medições na balança, Lavoisier concluiu que quando um metal arde ele ganha peso, ao invés de perder. Essa seria uma evidência que Lavoisier considerou contrária à teoria do flogisto. Lavoisier passou a explicar a combustão, a calcinação, a oxidação, dentre outros fenômenos, por meio da suposição da combinação de uma parte do ar com as substâncias combustíveis ou calcináveis. Todavia, ele ainda não sabia claramente do que se tratava essa parte do ar, ficando em dúvida se suas ideias eram coerentes ou não, demorando um tempo para abandonar a teoria do flogisto. Em 1776, Lavoisier admitiu, em correspondência, que possuía mais confiança nas ideias de Priestley sobre o flogisto do que em suas próprias ideias (Thagard, 2007). Em

1777, Lavoisier descreveu o "ar puro" ou "ar eminentemente respirável" como um dos ingredientes do ar atmosférico.

Em 1783, Lavoisier decidiu deixar a teoria do flogisto de lado. Ele se referiu ao ar puro ou ar eminentemente respirável como "princípio oxigênio". Ele então rejeitou completamente a teoria do flogisto. Em seu *Tratado* de 1789, Lavoisier incluiu o gás oxigênio como um elemento químico que se encontrava junto do calor, da luz e dos gases hidrogênio e nitrogênio, entre outras substâncias. Os óxidos seriam produzidos pela combinação dos metais com oxigênio, e objetos não metálicos queimariam quando combinados com oxigênio para produzir calor e luz. Lavoisier acreditava ser capaz de refutar a teoria do flogisto, mas Priestley nunca aceitou tais ideias, e continuou suas pesquisas com base na antiga teoria.

A Sequência de Ensino

Foi elaborada uma sequência de ensino para trabalhar com o ensino explícito de argumentação sobre uma questão problema envolvendo a controvérsia da descoberta do gás oxigênio. A sequência foi desenvolvida com sete alunos de um curso de licenciatura em Química da Universidade Federal de Ouro Preto durante dois encontros (cada um com três horas de duração) de uma disciplina eletiva do curso. A disciplina era frequentada por alunos de diferentes períodos do curso. A sequência de ensino foi desenvolvida em uma disciplina eletiva sobre argumentação, na qual os licenciandos já tinham sido introduzidos aos elementos do argumento, às finalidades da argumentação e já haviam experienciado outras propostas de ensino envolvendo argumentação, como modelagem e júri simulado.

Os questionamentos colocados para o debate foram: Se fosse possível conceder um Prêmio Nobel de Química retroativo a um cientista do século XVIII, envolvido na descoberta do gás oxigênio, quem seria digno da premiação? O que se entende por descoberta na ciência? Será que isso influencia no julgamento do mérito de cada cientista? Tais questões foram expostas pela professora formadora tornando a atividade potencialmente motivadora para o engajamento em argumentação.

Na primeira parte, os alunos, de forma individual, deveriam ler sete textos, que relatam a história da descoberta do gás e a vida e o trabalho dos três principais cientistas envolvidos. Após a leitura dos sete textos, os licenciandos deveriam responder algumas perguntas: (*i*) o que eles entendem sobre descoberta na ciência e (*ii*) evidências nos textos que tornem cada um dos cientistas merecedores da descoberta. As questões foram formuladas com o objetivo de auxiliar na elaboração de argumentos e para melhor compreensão da controvérsia.

Na segunda parte, um debate em sala de aula, cada aluno deveria argumentar sobre qual/quais cientista(s) deveria(m) ganhar um Prêmio Nobel retroativo pela descoberta do oxigênio. Inicialmente, cada aluno se posicionava escolhendo a qual(ais) cientista(s) eles concederiam a premiação e apresentavam suas justificativas, destacando o que eles entendiam sobre descoberta na ciência. Em seguida, os alunos foram divididos em grupos, com sujeitos que defendiam os mesmos cientistas, e foram solicitados a redigir um texto argumentativo para defender suas posições. Após a elaboração dos textos, cada grupo fez a leitura dos mesmos e os demais grupos puderam opinar sobre os textos dos outros, de forma a concordar ou não com a argumentação. Esse debate teve o intuito dos alunos analisarem se as evidências que os grupos escolheram eram condizentes com o(s) cientista(s) defendido(s) e para proporcionar momentos de refutação.

Para o encontro seguinte, os alunos deveriam ler algumas partes da peça *Oxigênio*, de Djerassi e Hoffmann (2004, p. 17-19, 63-81, 85-97). Trata-se de uma peça de teatro cuja temática se relaciona a julgar quem é merecedor da descoberta do oxigênio, Priestley, Scheele ou Lavoisier. Nessa peça, os três cientistas e suas esposas estão em Estocolmo em 1777. A escolha da peça foi feita com o objetivo de analisar se, a partir de novas evidências que o livro apresenta, algum aluno mudaria de ideia sobre o posicionamento adotado na aula anterior. Ressalta-se que o livro não traz uma resposta de quem ganhou o prêmio, justamente por ter o objetivo de permitir que o leitor decida para quem dar o mérito, a partir da interpretação do que se conta como descoberta na ciência.

O debate foi registrado na forma de vídeo. Os licenciandos foram informados sobre a pesquisa por meio de um Termo de Esclarecimento de riscos, benefícios e anonimato, e emitiram um termo de consentimento autorizando a análise e divulgação dos dados sob tais condições.

Metodologia de Análise de Dados

Para a análise dos argumentos dos alunos foi realizada a transcrição dos vídeos do debate. Ela foi feita com objetivo de isolar os argumentos de cada licenciando e reconstruí-los para fins analíticos. Consideramos como argumento as afirmativas ou posicionamentos que são embasados em evidências, sendo que as evidências podem ser acompanhadas de justificativas, que têm o papel de conectar a afirmativa ou posicionamento às evidências (Jiménez-Aleixandre, 2010). Para a análise realizada, as evidências são os fatos, dados e enunciados dos textos históricos que foram utilizados pelos licenciandos para subsidiar uma afirmativa ou refutá-la. As justificativas foram analisadas em termos da relação que estabelecem no argumento com o entendimento de descoberta na ciência pelo licenciando. As caracterizações dos elementos do argumento apresentadas para os licenciandos no ensino explícito foram similares às apresentadas aqui como critérios de análise estrutural dos argumentos.

Levando-se em conta a controvérsia em questão, se o sujeito entende que descobrir é isolar ou caracterizar pela primeira vez, sua escolha e argumento serão fundamentados por esse tipo de raciocínio. Caso contrário, se julga que descoberta está mais relacionado às interpretações teóricas, produzirá argumentos com outro tipo de embasamento. É válido destacar que os critérios utilizados pelos licenciandos para visão de descoberta na ciência não foram julgados como

corretos ou incorretos, uma vez que não existe um consenso na ciência sobre isto: os critérios dependem das vertentes filosóficas aos quais cada autor se filia. Nesse sentido, a análise da qualidade dos argumentos ocorreu em função da coerência entre a afirmativa, a evidência e o entendimento de descoberta na ciência.

Em termos analíticos, primeiro selecionamos o(s) argumento(s) de cada licenciando em que eles destacaram sua escolha pelo(s) cientista(s) e verificamos se o argumento era seguido ou não de justificativas e evidências. Uma evidência seria forte (ou fraca) caso estivesse relacionada diretamente com a afirmativa e subsidiada com os dados, informações ou enunciados dos textos. Uma justificativa seria forte (ou fraca) em função do relacionamento que conecta a afirmativa com as evidências. Em seguida, identificamos se essas justificativas e evidências eram coerentes ou incoerentes com o que cada licenciando apresentou como definição de descoberta na ciência. Para a interpretação do que cada licenciando entendia sobre descoberta na ciência, criamos categorias para abranger respostas com significados próximos. Por fim, elaboramos um quadro (Quadro 1) para facilitar a visualização dos posicionamentos e a classificação dos elementos dos argumentos. Para preservar a identidade dos licenciandos, no Quadro 1, os nomes aparecem como códigos; por exemplo, L1, significando que cada licenciando (L) foi associado a um número de 1 a 7.

Para análise dos textos argumentativos, inicialmente separamos cada argumento dos textos e os analisamos em termos de: afirmativa (apresentada em negrito), justificativa (apresentada de modo sublinhado) e evidência (apresentada em itálico). Em seguida, buscamos relacionar os argumentos com o que cada licenciando entende sobre descoberta na ciência entrelaçando com a primeira parte da atividade, para assim identificar se realmente o que cada licenciando compreendia sobre descoberta influenciava na sua tomada de decisão.

Análise dos Dados

Análise do Argumento de Cada Licenciando

Foram categorizados nove argumentos, sendo que dois licenciandos apresentaram um argumento e uma refutação. Três licenciandos escolheram Lavoisier, dois optaram por Priestley e Lavoisier e outros dois se posicionaram a favor de Scheele, Priestley e Lavoisier como merecedores do prêmio. Cinco licenciandos apresentaram justificativas e evidências coerentes com a sua decisão e com o que eles entendiam sobre descoberta na ciência. O Quadro 1 sintetiza as análises realizadas.

Com base nas ideias apresentadas no debate, em relação ao que cada licenciando compreendia sobre descoberta na ciência, foram categorizadas cinco posições distintas:

- Quebra de paradigma (dois licenciandos): descoberta na ciência foi relacionada à quebra de paradigma na ciência. Nesse caso, ao refutar a teoria do flogisto e compreender os fenômenos envolvendo o gás oxigênio sob uma nova óptica, Lavoisier ocasionou um rompimento com um modo operante na ciência e levou ao surgimento de outro, em um processo conhecido como "revolução química".
- Interpretação teórica (um licenciando): apesar de considerar que a ciência necessita de evidências empíricas para comprovação, ou seja, a ciência é empiricamente fundamentada, o licenciando colocou ênfase na interpretação dessas observações, que podem ocorrer de diferentes

Quadro 1: Síntese da análise dos argumentos

Argumento	Qual(is) Cientista(s) defende(m) ou refuta(m)/Afirmativa	Visão de descoberta na ciência	Classificação da Evidência			Classificação da Justificativa		
			Coerente		Incoerente	Coerente		Incoerente
			Forte	Fraco		Forte	Fraco	
L1	Lavoisier	Quebra de paradigma	x			x		
L2	Lavoisier	Quebra de paradigma		x				x
L3	Priestley e Lavoisier	Interpretação teórica	x			x		
L3	Scheele (Refutação)	Publicação ou patente	x			x		
L4	Priestley e Lavoisier	Interpretação teórica			x			x
L5	Scheele, Priestley e Lavoisier	Visualizar ou constatar primeiro (Scheele) e Interpretação teórica (Priestley;Lavoisier)	x			x		
L6	Scheele, Priestley e Lavoisier	Visualizar ou constatar primeiro (Scheele) e Interpretação teórica (Priestley; Lavoisier)	x			x		
L7	Refutação (Scheele e Priestley)	Visualizar ou constatar primeiro	x			x		
L7	Lavoisier	Visualizar ou constatar primeiro	x			x		

formas pelos pesquisadores e, assim, destacou a relação entre o experimento e a teoria.

- Visualizar ou constatar primeiro (um licenciando): descoberta na ciência está relacionada à primeira visualização ou constatação experimental da entidade ou fenômeno investigado.
- Publicação ou patente (um licenciando): a descoberta se relaciona com a publicação dos estudos dos cientistas para mostrar à comunidade científica seus feitos para serem discutidos e aceitos (ou não) como científicos.
- Visualizar ou constatar primeiro e interpretação teórica (dois licenciandos): nesse caso, os licenciandos utilizaram dois critérios distintos. Um deles é visualizar ou constatar primeiro, fazendo menção ao cientista Scheele, que para os licenciandos mereceria dividir o prêmio com os cientistas Priestley e Lavoisier por ter isolado o gás pela primeira vez; enquanto os dois últimos deram diferentes contribuições em termos de interpretações teóricas. Esses licenciandos expuseram, em um único argumento, com base em tais critérios e amparado por evidências, porque optaram por dividir o prêmio Nobel em vez de concedê-lo a um só cientista. Ao justificar este fato fizeram menção à colaboração na ciência, pois para eles apenas um único cientista não conseguiria sozinho dar um grande incremento à ciência.

A seguir é detalhada a análise dos argumentos de três licenciandos que defenderam posições distintas:

L1: "Bom, dos três para mim o que merece o prêmio vai ser o Lavoisier, *porque mesmo que os outros dois tenham descoberto lá o oxigênio a partir dos experimentos, eles ainda ficaram muito embasados na teoria do flogisto, né?* E assim, não deram uma explicação coerente, igual nós temos hoje em dia... e meio que foi Lavoisier que fez essa revolução química, sabe? Porque assim... para mim descoberta na ciência é quando... porque meio que sempre vai ter algumas teorias, já sobre o que você vai falar, tipo sobre o ar, o ar puro, respirável que eles estavam tentando descobrir. Então, já tinha teoria sobre, entende? Para mim, a descoberta é quando você a partir disso consegue mudar, criar tipo uma explicação bem coerente, entende?"

A licencianda utilizou evidências e justificativas de forma coerente com o que entendia por descoberta na ciência, pois ao defender Lavoisier ela afirmou que ele mereceria o feito por conseguir interpretar os fenômenos adequadamente e perceber que a teoria do flogisto não conseguia explicar o papel do gás oxigênio nos mais diversos fenômenos. Consideramos que a licencianda tenha utilizado a ideia de quebra de paradigma ao falar sobre sua visão de descoberta na ciência ao remeter ao fato de Lavoisier ter sido responsável pela revolução química. Ela deixou bem explícito que sua escolha é fundamentada na ideia de que uma descoberta implica numa interpretação teórica mais coerente que a anterior.

L3: "É se fosse para dividir assim, acho que eu dividiria entre o Priestley e o Lavoisier. *Lavoisier que deu a continuidade em uma ideia que o Priestley já tinha defendido*, mas aí ele fez a revolução e trouxe o conceito que é aceito hoje em dia *que contradizia o que Priestley defendia que era o flogisto.*

L3: "Eu acho complicado também assim, tirar ele (Scheele) do prêmio. Assim, eu acho que dividiria entre os dois. Pois é, fiquei com dó dele. Igual eu falei, mas assim... é complicado também se for pensar na questão de normas e... igual eu falei, acho que toda descoberta, ideia, ela tem que ser padronizada, então... igual hoje em dia tem patente, se você faz e patenteia, é seu. Então, acho que é assim, há uma necessidade mesmo de ter uma legislação que obrigue isso. Então, se você descobriu, você vai lá e registra. Por que se não, pode ser que comece a aparecer um monte de gente falando: "ah não eu também... me dá um pouquinho aí, porque eu também descobri".

Essa licencianda apresentou um argumento defendendo Priestley e Lavoisier, justificando de forma coerente a partir do que ela entendia sobre descoberta na ciência. Para ela, Priestley foi quem isolou primeiramente e publicou o resultado, e Lavoisier tomou isto como ponto de partida, porém fornecendo distinta interpretação. Assim, ela suscitou a importância do trabalho colaborativo na ciência. Em seguida, ela apresentou uma refutação, para justificar porque Scheele não seria merecedor do prêmio e não era defendido por ela, porque segundo a mesma, o mesmo não publicou os resultados do estudo e para ela a descoberta na ciência tem relação com a publicação do fato.

L5: "Para mim todos os três descobriram, mas de formas diferentes, o Scheele, ele foi o que visualizou... *O Scheele, ele meio que visualizou pela primeira vez, foi ele que separou pela primeira vez e falou: "é diferente". O Priestley, ele foi o que tipo assim, meio que "caracterizou", ele viu o que era... ele viu que era uma coisa diferente também... Mas aí Lavoisier foi o que estudou mais a fundo o gás*, **então eu acho que assim, separando desse jeito todos os três descobriram**, para mim descobrir é você visualizar, você caracterizar e você estudar. Nenhum dos três fizeram isso, tipo assim, nenhum sozinho fez as três coisas, foi juntando os três e os três descobriram, entendeu? Mas eu acho que, mesmo assim... Ele estudou. De qualquer forma todos eles estudaram, mas considerando que o certo foi o do Lavoisier, o estudo certo foi do Lavoisier, então eu acho que ele estaria incluso nessa descoberta. E os outros, porque um viu primeiro o outro caracterizou primeiro e estudou primeiro."

Essa licencianda defendeu os três cientistas trazendo evidências para embasar a escolha de cada um deles. A justificativa está coerente com o que ela entende sobre descoberta na ciência, pois para ela descobrir é visualizar, caracterizar e estudar, sendo um trabalho colaborativo, pois nenhum cientista sozinho conseguiria dar um grande incremento à ciência, mesmo sabendo que um deles tem hoje a teoria aceita.

Análise do Texto Argumentativo

Grupo 1 (L3e L4): Priestley e Lavoisier

No texto, os licenciandos apresentaram três argumentos

com evidências e justificativas fortes e coerentes para justificar porque Priestley e Lavoisier seriam merecedores do prêmio, e porque Scheele não seria digno dele. Constata-se que as visões de descoberta na ciência – visualizar ou constatar primeiro, interpretação teórica e publicação de resultados de trabalhos – influenciaram a argumentação dos licenciandos:

"Embora Lavoisier tenha partido de ideias baseadas por Priestley que por sua vez eram baseadas na teoria do flogisto (Stahl), ele foi o único pesquisador que conseguiu explicar a existência do oxigênio de uma forma que os conceitos são aceitos até hoje.

Pode-se dizer que houve uma troca de conhecimento entre Priestley e Lavoisier, o que prova que o segundo não teve o mérito sozinho pela descoberta do gás oxigênio uma vez que houveram contribuições.

Mesmo que Scheele tenha sido o primeiro a descobrir a existência do "ar de fogo" ele não divulgou a descoberta para a sociedade no ano da descoberta. Quando seu feito veio à tona já tinha surgido uma teoria de um outro pesquisador, Priestley em 1774. Se ele tivesse publicado no ato da descoberta (1772), ele também seria merecedor, no entanto ele não é."

Grupo 2 (L5 e L6): Scheele, Priestley e Lavoisier

Os licenciandos elaboraram um texto argumentativo com evidências e justificativas fortes e coerentes e apontaram claramente o critério de escolha relacionando ao entendimento de descoberta na ciência (visualizar ou constatar primeiro e interpretação teórica). Cabe destacar que o texto foi bem redigido, tornando claros os motivos da escolha para cada cientista. Além disso, apresentaram o uso de conectores no texto escritos de forma a facilitar a visualização do raciocínio.

"Analisando os estudos de Scheele, pode-se constatar a seguinte evidência: *a partir do experimento envolvendo o aquecimento de vários compostos, como o óxido de mercúrio e nitrato de potássio e com base em teorias sobre atmosfera e combustão, conclui que a atmosfera era composta de apenas dois gases, o "ar viciado", nitrogênio e o "ar de fogo", oxigênio, que alimentava a combustão.* De acordo com os critérios mencionados, Scheele foi quem visualizou primeiro o gás em questão.

Scheele não avançou em seus estudos, e com isso, dois anos depois, Priestley conseguiu visualizar e caracterizar o gás em questão. Como pode ser observado na seguinte evidência: *ao realizar um experimento com óxido de mercúrio, observou que um gás com propriedades diferentes dos gases que até então ele havia estudado era liberado. O tal gás aumentava a combustão da chama de uma vela. Em outro experimento utilizando "mercúrio calcinado" ele notou que se desprendia dessa substância uma grande quantidade de "ar" (que atualmente chamamos de oxigênio). Testando suas propriedades, notou que uma vela queimava muito bem nele, com uma chama mais brilhante do que normalmente; e que um camundongo podia viver nesse ar durante o dobro do tempo que sobreviveria em igual quantidade de ar. Posteriormente ele concluiu que esse "ar" era cinco ou seis vezes melhor do que o ar comum.* Dessa forma, de acordo com os critérios mencionados, Priestley foi quem caracterizou o gás em questão.

Analisando os estudos de Lavoisier pode-se constatar que ele destronou a teoria do flogisto, *interpretando de modo correto as reações de oxidação, como combustão, calcinação, etc., e lançando os fundamentos da análise química quantitativa. E por isso, é considerado o fundador da Química Moderna.*"

Após apresentarem as evidências para defender cada um dos cientistas, o grupo justificou sua escolha evidenciando a preocupação com a persuasão:

"Dessa forma, de acordo com os critérios mencionados, apesar de Lavoisier ter aprofundado seus estudos a fim de romper com a teoria do flogisto aceita naquela época, é importante ressaltar que ele utilizou das teorias de Priestley e Scheele para fazer adaptações, novos estudos e reformulações para elaborar sua teoria, que é aceita atualmente..."

Grupo 3 (L1, L2 e L7): Lavoisier

Os licenciandos apresentaram várias evidências para justificar a escolha por Lavoisier, e também apresentaram refutações aos cientistas que não defendiam. Cabe destacar que tal grupo apresentou mais elementos para sustentar os argumentos em comparação com os demais grupos analisados. É importante ressaltar que, diferentemente dos demais grupos, apesar de considerarem que Lavoisier utilizou experimentos propostos por Priestley, não julgam que por tal fato o prêmio tenha que ser dividido entre esses cientistas, porque a revolução química proposta por Lavoisier é um grande feito que o dignifica grandemente para o prêmio:

"O químico francês Antoine Laurent Lavoisier é considerado por muitos como o pai da ciência química.

Através de experimentos onde utilizavam balanças de alta precisão da época ele contribuiu com a ruptura de ideias alquimistas, levando a química a um grau de destaque. O gás oxigênio foi uma de suas grandes descobertas, embora este gás já tivesse sido isolado antes, foi Lavoisier que compreendeu o comportamento desse gás, através de ideias, onde negava os princípios da alquimia.

Em 1772, Lavoisier fez a combustão de enxofre e fósforo a partir desse experimento, chegou a uma conclusão de que havia presença de um ar nos minerais, pois tanto na combustão das substâncias e a calcinação dos metais, houve um aumento de peso, porém ele não tinha uma ideia clara de que era esse ar neste período. Lavoisier apresentou em 1774 à Academia de Ciências de Paris um experimento onde provou que a massa do metal estanho aumentava após sofrer um processo de combustão, com esse experimento Lavoisier mostrou que a teoria do flogisto era incoerente, pois nessa teoria quando um corpo sofria combustão ele perdia flogisto para o ar e deveria ficar mais leve, além disso, uma das conclusões que ele tirou ao realizar esse experimento foi que *o ar não era um elemento simples, mas sim uma mistura de diferentes substâncias. Lavoisier*

chamou a ideia do flogisto de vaga, afirmando que ninguém havia defendido rigorosamente, que reuniam em um mesmo conceito propriedades inconciliáveis e contraditórias. Algumas vezes o flogisto tinha peso outras não, sendo os adeptos dessa teoria às *vezes a propor, até que o flogisto tinha peso negativo.*

Embora o cientista Joseph Priestley tenha sido o primeiro cientista a isolar essa substância, tendo seu trabalho publicado em *1776, Lavoisier já havia proposto que existia uma substância no ar que se incorporava com metais no processo de oxidação. No seu trabalho apresentou à Academia de Ciências em Paris, assim esse cientista já reconhecia que havia um gás que estava presente na atmosfera, mesmo que não tenha isolado nessa época.*

Como Scheele não registrou uma descoberta antes de 1774, pode-se concluir que não se pode garantir que ele havia isolado esse gás antes dessa data, não se pode negar o fato de que Lavoisier utilizou das descobertas de Priestley tal como, por exemplo, o experimento para isolar o oxigênio para estudar as propriedades desse gás e aperfeiçoar sua teoria que foi publicado no seu livro Tratado Elementar de Química em 1789, onde chamou esse gás de gás "oxigênio."

É importante que, em atividades argumentativas em que mais de uma resposta seja passível, como no caso aqui analisado, considere-se a coerência dos argumentos na tomada de decisões. É extremamente relevante que os estudantes compreendam, portanto, que o veredito de uma decisão irá depender da qualidade dos argumentos e da persuasão dos oradores, o que é bastante diferente do que ocorre em salas de aula em que o aluno busca a resposta correta, que é fornecida ou avaliada pelo professor.

Considerações Finais

Neste artigo foi apresentada a análise da qualidade dos argumentos de licenciandos que participaram de uma sequência de ensino cujo *design* pedagógico era voltado para o ensino explícito da argumentação. Foi problematizada uma controvérsia relacionada à outorga de um prêmio Nobel de Química retroativo a um cientista do século XVIII envolvido na descoberta do gás oxigênio. Com base nos conhecimentos sobre afirmativa, evidência e justificativa trabalhados no ensino explícito de argumentação, e suporte dos textos históricos, os licenciandos foram solicitados a expressar seus posicionamentos e elaborar argumentos de forma individual, numa situação de debate e na produção de um texto argumentativo entre os pares.

Podemos afirmar que, em termos da qualidade dos argumentos, os licenciandos: (*i*) argumentaram de forma bastante satisfatória, uma vez que a grande maioria foi capaz de selecionar evidências dos textos para subsidiar suas escolhas; (*ii*) se preocuparam não apenas em apresentar evidências para os cientistas que defendiam, como também para aqueles que eram contrários; (*iii*) buscaram persuadir ao propor uma linha de raciocínio que mostrava os fundamentos que guiaram as escolhas.

É importante que, em atividades argumentativas em que mais de uma resposta seja passível, como no caso aqui analisado, considere-se a coerência dos argumentos na tomada de decisões. É extremamente relevante que os estudantes compreendam, portanto, que o veredito de uma decisão irá depender da qualidade dos argumentos e da persuasão dos oradores, o que é bastante diferente do que ocorre em salas de aula em que o aluno busca a resposta correta, que é fornecida ou avaliada pelo professor. Nesse sentido, no desenvolvimento da sequência de ensino a professora formadora estabeleceu as regras para o debate, ou seja, que o melhor argumentador não seria aquele indivíduo ou grupo que defendesse a posição conhecida atualmente, mas sim aquele que apresentasse a melhor estratégia de argumentação e argumentos mais bem fundamentados buscando convencer a audiência. Dessa forma, ao apresentar o veredito do debate para a turma a professora formadora explicitou os critérios de análise utilizados para avaliar os argumentos opostos. Dessa maneira, ela forneceu o resultado do prêmio em termos de qual grupo argumentou com maior qualidade. Isto se constituiu em outra oportunidade para o ensino explicito da argumentação, ao possibilitar aos licenciandos avaliarem seus próprios construtos.

Consideramos que a proposta também nos forneceu acesso à visão epistemológica dos licenciandos sobre descoberta na ciência, sendo que alguns compreendiam a ideia de que a ciência é feita de modo colaborativo. Todavia, alguns consideraram que, mesmo não desmerecendo tal fato, o incremento de Lavoisier à ciência foi tão grandioso que o tornava digno da premiação. Além disso, percebemos que, enquanto alguns colocaram mais ênfase na observação, outros a colocaram nas interpretações teóricas. Tais visões puderam ser discutidas pela professora formadora ao longo do debate, o que demonstra ser uma possibilidade viável para se trabalhar com argumentação articulada à natureza da ciência.

Com base nas evidências aqui apresentadas, concluímos que o *design* pedagógico avaliado tem potencial de uso quando se trata de trabalhar a argumentação na sala de aula no ensino da Química, ou mesmo a partir de outros temas de interesse de outras ciências.

Jordana Alves de Oliveira (jordana01alves@gmail.com) é licenciada em Química pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e atualmente é mestranda em Educação do Programa de Pós-graduação em Educação da UFOP. Desenvolveu iniciação científica sob orientação da Profa. Paula Cristina Cardoso Mendonça. Ouro Preto, MG – BR. **Paula Cristina Cardoso Mendonça** (paulamendonca@ufop.edu.br), professora do Departamento de Química e do Programa de Pós-graduação em Educação da UFOP, é licenciada em Química e mestre e doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. É editora adjunta da Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências. Ouro Preto, MG – BR.

Referências

ABD-EL-KHALICK, F. e LEDERMAN, N. G .The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.

ALLCHIN, D. *Teaching the nature of science:* perspectives & resources. Saint Paul: SHiPS Education Press, 2013.

_____. The Minnesota case study collection: new historical inquiry case studies for nature of science education. *Science & Education*, v. 21, n. 9, p. 1263-1281, 2011.

ARCHILA, P. A. Using history and philosophy of science to promote students' argumentation: a teaching-learning sequence based on the discovery of oxygen. *Science & Education*, v. 24, p. 1201-1226, 2015.

BILLIG, M. *Arguing and thinking:* a rhetorical approach to social psychology. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

BRAGA, M.; GUERRA, A. e REIS, J. C. The role of historical-philosophical controversies in teaching sciences: the debate between Biot and Ampère. *Science & Education*, v. 21, p. 921-934, 2012.

CARNEIRO, A. Elementos de história da química no século XVIII. *Química Nova*, v. 102, p. 25-31, 2006.

DJERASSI, C. e HOFFMANN, R. *Oxigênio*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Vieira e Lent, 2004.

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.

ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *Argumentation in science education:* perspectives from classroom-based research. Dordrecht: Springer, 2008.

FOUAD, K. E.; MASTERS, H. e AKERSON, V. L. Using history of science to teach nature of science to elementary students. *Science & Education*, v. 24, p. 1103-1140, 2015.

GARCIA-MILA, M. e ANDERSEN, C. Cognitive foundations of learning argumentation. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Eds.). *Argumentation in science education:* perspectives form classroom-based research. Dordrecht: Springer, 2008, p. 29-46.

IBRAIM, S. S. e JUSTI, R. Teachers' knowledge in argumentation: contributions from a explicit teaching in an initial teacher education programme. *International Journal of Science Education*, v. 38, p. 1926-2025, 2016.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *10 ideas clave:* competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó, 2010.

_____ e PUIG, B. Argumentation, evidence evaluation and critical thinking. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. e MCROBBIE, C. J. (Eds.). *Second international handbook of science education*. Dordrecht: Springer, 2012, p. 1001-1016.

JUSTI, R. e MENDONÇA, P. C. C. Discussion of the controversy concerning a historical event among pre-service teachers contributions to their knowledge about science, their argumentative skills, and reflections about their future teaching practices. *Science & Education*, v. 25, p. 795-822, 2016.

KUHN, D. *The skills of argument*. New York: Cambridge University Press, 1991.

LATOUR, B. *Science in action, how to follow scientists and engineers through society*. Boston: Harvard University Press, 1987.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências,* v. 5, p. 146-164, 2003.

NIAZ, M. Progressive transitions in chemistry teachers' understanding of nature of science based on historical controversies. *Science & Education*, v. 18, p. 43-65, 2009.

OSBORNE, J.; SIMON, S.; CHRISTODLOU, A.; HOWELL-RICHARDSON, C. e RICHARDSON, K. Learning to argue: a study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 50, p. 315-347, 2013.

QUEIROZ, A. S. e SÁ, L. P. O espaço para a argumentação no ensino superior de química. *Educación Quimica*, v. 20, p. 104-110, 2009.

SMITH, M. U. e SCHARMAN, L. C. Defining versus describing the nature of science: a pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, v. 85, p. 493-504, 1998.

THAGARD, P. A estrutura conceitual da revolução química. Trad. M. R. Silva e M. Giro. *Princípios: Revista de Filosofia*, v. 14, n. 22, p. 265-303, 2007.

VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R.; HENKEMANS, F. S.; BLAIR, J. A.; JOHNSON, R. H.; KRABBE, E. C. W.; PLANTIN, C.; WALTON, D. N.; WILLARD, C. A.; WOODS, J. e ZAREFSKY, D. *Fundamentals of argumentation theory:* a handbook of historical backgrounds and contemporary developments. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 1996.

ZEMPLÉN, G. A. History of science and argumentation in science education: joining forces? In: KOKKOTAS, P. V.; MALAMITSA, K. S. e RIKAKI, A. A. (Eds.). *Adapting historical knowledge production to the classroom*. Rotterdam: Sense Publishers, 2011, p. 129-140.

Abstract: *Pedagogical Proposal for Explicit Teaching of Argumentation: The Case of the Historical Controversy of Oxygen Gas.* We highlight the potential of a pedagogical proposal for the explicit teaching of argumentation based on the use of the historical oxygen gas controversy from the analysis of the quality of the arguments of pre-service chemistry teachers. A teaching sequence was elaborated and the pre-service teachers had to read historical texts in order to ground the arguments for the debate about the questioning: If a retrograde Nobel Prize in Chemistry were to be awarded to an 18th-century scientist involved in the discovery of oxygen gas, which scientist(s) would be granted? The individual arguments and argumentative texts of the groups were analyzed based on the following criteria: claim, evidence and justification and the relation of the argument with the vision of discovery in science. From the analysis, we observed that the pre-service teachers were concerned not only to present evidence to the scientists they defended, but also to those they opposed. Pre-service teachers tried to persuade by proposing a line of reasoning that showed the fundamentals that guided their choices. We found that the vision of discovery in science influenced decision-making, demonstrating the relationship between epistemic criteria and argumentation.

Keywords: argumentation, controversy, history of science

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160161

O Sabor da Tabela Periódica: Integrando Conceitos de Nutrição com o Ensino de Química

Luiz Carlos G. dos Anjos, Amanda Menon e Marlize S. Bernardelli

Integrar conceitos de nutrição no contexto escolar pode ser uma estratégia adequada, visto que a alimentação é um assunto do cotidiano dos alunos e de fácil abordagem em qualquer disciplina, como por exemplo, na Química. Este estudo teve como objetivo relacionar a tabela periódica com os alimentos consumidos, a fim de constatar a conexão entre os elementos químicos e a nutrição no dia a dia dos alunos, delineando algumas considerações acerca da relação da Química com o corpo humano. A pesquisa, de caráter qualitativo, envolveu uma turma do 1º Ano do Ensino Médio de um colégio estadual do norte do Paraná. O instrumento de coleta de dados foi um questionário, o qual teve suas respostas transcritas para análise e categorização. Constatou-se que estudar química utilizando o tema alimentos pode colaborar para a compreensão de um conteúdo até então abstrato para os adolescentes, uma vez que permite a percepção da relevância destes conhecimentos e sua influência no cotidiano dos indivíduos.

▶ nutrientes, química, tabela periódica ◀

Recebido em 18/05/2018, aceito em 07/10/2018

A alimentação e a nutrição de um indivíduo constituem requisitos básicos para a promoção e a proteção da saúde, o que possibilita o potencial de crescimento e desenvolvimento humano com qualidade de vida e cidadania (Brasil, 2000a).

A qualidade da alimentação é fundamental para garantir a oferta de todos os nutrientes. Uma alimentação variada, colorida e equilibrada entre os diferentes grupos alimentares[1] é capaz de fornecer os nutrientes necessários à manutenção da saúde, além de colaborar no processo de crescimento e desenvolvimento (Galante e Caruso, 2005).

Do ponto de vista nutricional, a adolescência representa um período crítico, pois uma boa nutrição é essencial para a saúde do adolescente. Nesse contexto o desenvolvimento de estratégias de educação nutricional deve ser promovido para esta faixa etária, pois são vulneráveis dos pontos de vista psicossocial e nutricional. O público adolescente deve ser estimulado por temas que enfatizem os benefícios de uma alimentação adequada para o crescimento físico, intelectual, desempenho nos esportes e bem-estar (Nóbrega, 1998). Por isso, integrar conceitos de nutrição nas diversas disciplinas escolares pode favorecer as escolhas alimentares dos adolescentes. Tal tema faz parte do cotidiano do ser humano, e seu entendimento pode direcionar certas orientações e condutas a partir das deficiências encontradas.

Pesquisas que apresentam o desenvolvimento de atividades com temas de alimentação e nutrição inseridas na disciplina de Ciências são comuns (Pacheco, 2013; Pasquali, 2015; Leite, 2016), visto que são áreas correlatas com a temática e estão inseridas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências Naturais, com destaque no ensino de Ciências (Brasil, 1997). Em contrapartida, apesar de ser um tema abrangente e habitual, pouco se vê de Educação Nutricional nas demais disciplinas do Ensino Médio, como por exemplo na Química.

Pesquisas que apresentam o desenvolvimento de atividades com temas de alimentação e nutrição inseridas na disciplina de Ciências são comuns (Pacheco, 2013; Pasquali, 2015; Leite, 2016), visto que são áreas correlatas com a temática e estão inseridas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências Naturais, com destaque no ensino de Ciências (Brasil, 1997). Em contrapartida, apesar de ser um tema abrangente e habitual, pouco se vê de Educação Nutricional nas

demais disciplinas do Ensino Médio, como por exemplo na Química.

A ideia da pesquisa surgiu durante uma aula de Mestrado Profissional em Ensino, com o intuito de fundir as áreas de Química e Nutrição em uma única pesquisa, contextualizando a alimentação cotidiana dos alunos e desenvolvendo uma aula de química mais atraente e instrutiva. Nesse contexto, resolveu-se que a tabela periódica seria um conteúdo rico para trabalhar as noções dos alunos quanto aos nutrientes existentes nos alimentos em uma aula de Química.

O presente trabalho traz o seguinte questionamento: Alunos do 1º Ano do Ensino Médio conseguem relacionar a tabela periódica com os elementos químicos existentes na composição dos alimentos? Nesse sentido, objetivando relacionar a tabela periódica com os alimentos consumidos, a fim de constatar a conexão entre os elementos químicos e a nutrição no dia a dia dos alunos, procurou-se delinear algumas considerações acerca da relação da Química com o corpo humano. Com o intuito de fazer uma conexão da tabela periódica com os alimentos consumidos no dia a dia e ao mesmo tempo estimular os alunos mostrando os benefícios de uma alimentação adequada, procurou-se especificar a função da nutrição (alimentação) no organismo.

Nesse sentido, serão articulados os principais elementos químicos presentes no corpo humano em maior quantidade, que tenham alguma relação com a composição dos alimentos, como o hidrogênio e oxigênio; macrominerais, como cálcio, sódio, potássio, fósforo, magnésio e cloro; e microminerais, como ferro, flúor, iodo e zinco (Galisa, 2008).

Fundamentação Teórica

Desde o tempo do homem das cavernas até os dias atuais a necessidade da alimentação é um dos fatores primordiais de sobrevivência. Durante sua evolução alimentar o ser humano precisou adequar seus hábitos alimentares de acordo com os locais que escolhia para viver. O encontro de diferentes culturas, tribos e terras permitiu a realização de inúmeras experiências com a alimentação, e o homem contemporâneo tem a seu dispor uma ciência especializada neste assunto: a ciência da nutrição (Mendonça, 2010).

Uma pessoa malnutrida, com alimentação pouco variada, tende a ter um menor rendimento e não realiza enfaticamente atividades que exigem esforço muscular ou cerebral. Neste conceito de má nutrição se encontram também os indivíduos acima do peso, uma vez que a obesidade resulta nestas mesmas descrições, além de ser um fator de risco para doenças crônicas não transmissíveis, como o diabetes e a hipertensão arterial. Assim, preocupar-se com a alimentação e com o aporte adequado de nutrientes é cuidar de uma necessidade básica de extrema importância na vida do ser humano (Galisa, 2008).

Os nutrientes essenciais são definidos como substâncias químicas encontradas nos alimentos, incapazes de serem sintetizados em quantidades suficientes pelo organismo humano, mas que são necessários à manutenção da vida, ao crescimento e à reparação dos tecidos (Mann e Truswell, 2011).

De acordo com os PCN do Ensino Médio (Brasil, 2000b), a tomada de decisões acerca do próprio corpo e saúde, base para um desenvolvimento autônomo, poderá ser mais bem orientada se as aprendizagens da escola estiverem significativamente relacionadas com as preocupações comuns na vida dos jovens, inclusive os hábitos de alimentação, assim como limite e capacidade física, repouso, atividade, lazer, aparência, sexualidade e reprodução e consumo de drogas.

Segundo Andrade *et al.* (2018):

> *Embora educar para a saúde seja responsabilidade de diferentes segmentos, a escola é um lócus privilegiado para discussão desse tema. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (2002) a temática alimentação é destacada por perpassar por todos os ciclos do Ensino Fundamental, bem como por ter a potencialidade de ser trabalhada de diferentes maneiras e abranger os eixos temáticos propostos para o ensino de Ciências como, por exemplo, Vida e Ambiente; Ser humano e Saúde; Tecnologia e Sociedade* (Andrade *et al.*, 2018).

Por isso, a contextualização desses temas geradores pode servir para tornar a aprendizagem efetiva ao associá-los com experiências da vida cotidiana dos alunos.

Para Neves *et al.* (2009), dentre os diversos temas contextualizadores no ensino da Química destaca-se a alimentação por ser um tema motivador e rico conceitualmente, o que permite desenvolver conceitos químicos, físicos, biológicos, entre outros, contribuindo para a formação de cidadãos cada vez mais críticos e bem informados.

Neste contexto, focando no conceito da tabela periódica e objetivando relacioná-la com os alimentos consumidos no dia a dia dos alunos e com o corpo humano, procurou-se um aprofundamento maior em seu desenvolvimento.

A partir do século XIX os químicos começaram a organizar os elementos químicos em grupos, de acordo com suas propriedades. Várias propostas foram apresentadas para a organização dos elementos. No entanto, o nascimento da Tabela Periódica moderna começou a tomar forma com os químicos Dmitri I. Mendeleev (1834-1907) e Lothar Meyer (1830-1895). Mendeleev apresentou uma tabela organizada em 17 colunas, visto que os gases nobres ainda não tinham sido identificados. Na mesma época, trabalhando independentemente, Meyer desenvolveu um trabalho bastante semelhante ao de Mendeleev (Russel, 1994; Braathen, 2011).

Em suas tabelas periódicas, Meyer e Mendeleev listaram os elementos em ordem crescente de massa atômica. Nesta época os números atômicos não eram conhecidos e os elétrons ainda não tinham sido propostos, o que fez Mendeleev colocar alguns elementos em lugares errados. Esse detalhe foi consertado em 1913 pelo físico Mosley (Russel, 1994).

Em suma, a tabela periódica é indispensável para qualquer estudante e profissional da química pela sua ampla quantidade de informações essenciais dos elementos, o principal objeto de estudo da química.

A tabela periódica atual é composta por 118 elementos naturais e artificiais conhecidos pelo homem. Dentre estes, destacamos os elementos químicos considerados essenciais para o corpo humano. Esses elementos são fornecidos principalmente pelos alimentos, que podem ser contextualizados no ensino da tabela periódica.

O conteúdo da tabela periódica é considerado problemático para o aprendizado da química pelos alunos. Embora seja um assunto importante na disciplina, grande parte dos alunos reconhece a tabela como um amontoado de informações sem utilidade (Souza Júnior e Pinto, 2009), o que não os motiva para a aprendizagem deste conteúdo. É comum observar alunos desmotivados e com pouco interesse em aprender o que é ministrado pelo professor. Cabe ao docente buscar estratégias que venham a contribuir de maneira significativa no processo de ensino e de aprendizagem do aluno (Camelo *et al.*, 2016).

Essas estratégias visam contribuir para a melhoria do processo de ensino e de aprendizagem do aluno. Principalmente quando se trata do conteúdo voltado para a tabela periódica, há uma tendência à utilização das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), com o uso de softwares específicos direcionados à motivação dos alunos, como jogos e a interatividade da tabela periódica (Camelo *et al.*, 2016; Pinheiro *et al.*, 2015; Trassi *et al.*, 2001).

Tal fato demonstra a preocupação com a aprendizagem dessa nova geração de alunos, cada vez mais conectados e estimulados pelo mundo virtual, e que não pode ser negada por professores que buscam a aprendizagem efetiva. Segundo Santos *et al.* (2016), para um ensino de Química eficaz em sala de aula é fundamental relacionar os conteúdos ao dia a dia dos alunos. Diante dessa realidade, o autor propôs uma aula contextualizada com a temática "tabela periódica: os alimentos e sua composição química", objetivando apresentar uma forma mais dinâmica e interativa de aprender o conteúdo. Da mesma forma, Guerra *et al.* (2013) sugerem que contextualizar o ensino de elementos químicos presentes na tabela periódica pode ser motivador, como por exemplo associá-los à composição química dos alimentos. Nesse estudo, os autores propuseram analisar as relações que os alunos obtiveram entre a tabela periódica e os alimentos, utilizando a determinação de Vitamina C em alguns sucos de frutas e relacioná-los com os elementos presentes na tabela periódica, sendo um fator motivador em busca de um conhecimento mais específico em relação à tabela periódica. Em concomitância a isso, Santos *et al.* (2016) sugerem uma aula contextualizada entre a Tabela Periódica e Alimentos, a qual motiva os alunos e favorece a aprendizagem.

[...] Guerra *et al.* (2013) sugerem que contextualizar o ensino de elementos químicos presentes na tabela periódica pode ser motivador, como por exemplo associá-los à composição química dos alimentos. Nesse estudo, os autores propuseram analisar as relações que os alunos obtiveram entre a tabela periódica e os alimentos, utilizando a determinação de Vitamina C em alguns sucos de frutas e relacioná-los com os elementos presentes na tabela periódica, sendo um fator motivador em busca de um conhecimento mais específico em relação à tabela periódica.

Abordagens Metodológicas

Diante do exposto, estruturou-se um questionário para ser analisado mediante a Análise Textual Discursiva, segundo os pressupostos de Moraes e Galiazzi (2006, p. 120) em que relatam que a discussão da

> *[...] análise textual discursiva tem mostrado tratar-se de uma ferramenta aberta, exigindo dos usuários aprender a conviver com uma abordagem que exige constantemente a (re)construção de caminhos e que [...] a construção do novo é sempre insegura, exigindo ao máximo a criatividade, processo ao mesmo tempo rigoroso, prazeroso e gratificante* (Moraes e Galiazzi, 2006).

Neste sentido, esse trabalho foi dividido em três seções: levantamento bibliográfico a respeito da história da nutrição e da tabela periódica; descrição dos métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa; e análise dos dados.

A abordagem metodológica da pesquisa é qualitativa, pois permite analisar subjetiva e interpretativamente os resultados obtidos. Para Lüdke e André (1986), os aspectos qualitativos permitem compreender os acontecimentos em um contexto social, pois o pesquisador participa da investigação como um todo. A pesquisa foi realizada durante as aulas de Química com alunos do 1º Ano do Ensino Médio de um colégio estadual da região norte do Paraná, no qual foi aplicado um questionário pelo professor da disciplina.

Dos 35 alunos matriculados na turma, 24 responderam ao questionário, porém foram selecionados para análise apenas os 20 alunos que trouxeram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinado pelo responsável, sendo sete participantes do sexo feminino e 13 do sexo masculino. Vale ressaltar que ao dialogar com a professora de Biologia da mesma instituição, descobriu-se que um conteúdo semelhante a esse estava sendo abordado em suas aulas com a mesma turma.

Para a coleta de dados foi aplicado um questionário com nove questões, com o consentimento da direção do colégio. No ato da aplicação foi entregue aos alunos uma folha

contendo apenas um cabeçalho com o objetivo da pesquisa. As questões foram passadas, durante as aulas, de duas em duas no quadro-negro para que os alunos pudessem copiá-las, tendo um tempo médio de 20 minutos para respondê-las, até que todas fossem concluídas. A aplicação foi realizada desta maneira para que as perguntas subsequentes não induzissem às respostas das anteriores.

As respostas coletadas por meio dos questionários foram transcritas para análise. O método escolhido foi a Análise Textual Discursiva, que segundo pressupostos de Moraes e Galiazzi (2006, p. 118) se caracteriza como "[...] uma abordagem de análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise de pesquisa qualitativa, que são a análise de conteúdo e análise de discurso". Os autores ainda relatam que a análise textual discursiva

> *[...] é descrita como um processo que se inicia com uma unitarização em que os textos são separados em unidades de significado. Estas unidades por si mesmas podem gerar outros conjuntos de unidades oriundas da interlocução empírica, da interlocução teórica e das interpretações feitas pelo pesquisador* (Moraes e Galiazzi, 2006, p. 118).

Para análise dos dados foram construídas categorias de acordo com as questões apresentadas aos alunos (Quadro 1). Dessa forma foram criadas nove categorias e suas possíveis unidades, que serão discutidas a seguir com a codificação simbólica: U para a identificação das unidades categorizadas; A1...A20 para a identificação dos alunos; e uma resposta para exemplificar cada unidade. Os quadros designados durante os resultados e discussões estão apresentados ao final do texto.

Resultados e Discussões

Para Neves *et al.* (2009), a contextualização é essencial no processo de formação e construção do conhecimento dos alunos, pois favorece a motivação, a investigação, a tomada de decisão e a socialização dos mesmos.

Assim, esperou-se que os alunos pudessem utilizar algo que já conheciam – os alimentos – para relacionar de forma substantiva a nova informação – os elementos da tabela periódica –, proporcionando reflexão individual e negociação de significados entre os alunos e o professor.

Na categoria 1 – *Relação da Química com o corpo humano* (Quadro 2), pôde-se observar que todos os alunos foram capazes de responder. Contudo emergiram algumas unidades nomeadas, como alimentos, matéria, sobrevivência, transformação, vida e a resposta não contempla. As unidades que mais se fizeram presentes foram respostas que relacionavam a Química no corpo humano como matéria e vida, ambas com 30% dos alunos. Dois alunos (10%) tiveram respostas inadequadas, o que se tornou incoerente com o enunciado, impossibilitando a compreensão de seu pensamento. Em geral, observou-se que os alunos conseguem fazer a relação proposta pela questão e que compreendem a presença da Química no corpo humano.

Lang *et al.* (2008) deram um novo enfoque ao ensino da tabela periódica com a proposta de um estudo com destaque para os elementos químicos presentes no corpo humano, o que permitiu maior entendimento das múltiplas relações entre ciência e sociedade. Na ocasião os alunos tomaram conhecimento investigativo dos elementos encontrados naturalmente no organismo, assim como aqueles incorporados em situações de doenças e traumas. Observaram que um material diferenciado permite maior conhecimento das características e aplicações dos elementos químicos presentes no corpo humano.

Quadro 1: Questões e suas categorias

Questões (Q)	Categorias (C)
Q1 – A Química se relaciona com o corpo humano? Comente.	C1 – Relação da Química com o corpo humano.
Q2 – Qual é a função da Nutrição (alimentação) no corpo humano?	C2 – Função da Nutrição no corpo humano.
Q3 – Cite dois ou mais alimentos saudáveis de sua preferência.	C3 – Alimentos saudáveis de sua preferência.
Q4 – Você sabe dizer qual é o principal nutriente existente nos alimentos que você citou?	C4 – Principal nutriente dos alimentos citados.
Q5 – Na sua opinião, existe relação entre a Nutrição (alimentos) e a Química? Comente.	C5 – Relação entre a Nutrição e a Química.
Q6 – Existe relação entre os alimentos e a tabela periódica? Comente.	C6 – Relação entre os alimentos e a tabela periódica.
Q7 – Você sabe quais elementos da tabela periódica estão presentes no corpo humano?	C7 – Elementos da tabela periódica presentes no corpo humano.
Q8 – Quais os alimentos que contêm os seguintes nutrientes? (a) Cálcio; (b) Ferro; (c) Flúor; (d) Iodo; (e) Potássio; (f) Sódio.	C8 – Nutrientes contidos nos alimentos.
Q9 – Você sabe algum outro elemento químico da tabela periódica que encontramos nos alimentos, além dos citados na questão anterior? Em qual alimento este elemento se encontra?	C9 – Elementos da tabela periódica encontrados nos alimentos.

Quadro 2: Categoria 1 e suas unidades

Categoria 1 – *Relação da Química com o corpo humano* – reúne as respostas dos alunos referentes à questão 1 (Q1).		
Unidades	**Alunos / quantidade (%)**	**Exemplo**
U1.1 – Alimentos	A20 / 01 aluno (5%)	A20 – Sim, porque faz parte da alimentação humana. Ex.: arroz, água e muitos alimentos que têm química.
U1.2 – Matéria	A1, A2, A3, A4, A5, A13 / 06 alunos (30%)	A1 – Sim, porque fala do corpo humano e todos nós somos matéria.
U1.3 – Sobrevivência	A9, A17, A19 / 03 alunos (15%)	A19 – Sim, pois como se vê dependemos da química para sobreviver; ela mantém nosso corpo em funcionamento.
U1.4 – Transformação	A7, A8, A10, A15 / 04 alunos (20%)	A8 – Sim, pois o corpo humano acaba sofrendo algumas alterações ao decorrer da vida.
U1.5 – Vida	A7, A8, A11, A12, A14, A18 / 06 alunos (30%)	A12 – Sim, porque a química explica muita coisa que acontece no nosso corpo.
U1.6 – A resposta não contempla	A6, A16 / 02 alunos (10%)	A6 – Sim, porque a química coisas que acontecem.

Na segunda categoria – *Função da Nutrição no corpo humano* (Quadro 3), identificamos nas respostas unidades que relacionavam a Nutrição com o fortalecimento do organismo, sobrevivência, alimentação saudável e saúde e alimentos como fonte de energia. A maioria das respostas teve enfoque na alimentação saudável e saúde, com 55% dos alunos fazendo tal relação, constatando que os alunos entendem a importância de manter uma alimentação balanceada para ter boa saúde.

Um estudo desenvolvido por Sobral e Santos (2010) buscou observar os processos de formação necessários na promoção da alimentação saudável na escola. A pesquisa foi realizada por meio da aplicação de um curso de formação com o mesmo tema com gestores, professores e merendeiras de uma escola. Os resultados da experiência foram positivos, pois o curso contribuiu para a construção de um ambiente favorável à promoção da alimentação saudável na escola. Isso significa que essa motivação envolve a escola como um todo para que os alunos possam desenvolver hábitos e preferências alimentares mais saudáveis.

Na categoria 3 – *Alimentos saudáveis de sua preferência* (Quadro 4), foi possível identificar que a maioria (95%) dos alunos pôde citar alimentos com bom valor nutricional como seus preferidos, emergindo as unidades carboidratos, proteínas de origem animal, proteínas de origem vegetal, gorduras, frutas, verduras e legumes e a resposta não contempla parcialmente. A unidade com maior número de exemplos citados como alimentos saudáveis preferidos foram as proteínas de origem animal. Por meio dessa categoria, pudemos perceber que os alunos gostam de uma grande variedade de alimentos saudáveis, sendo capazes de englobar todas as classificações de nutrientes existentes nos alimentos. A criação da última unidade foi necessária devido ao aluno ter citado salsicha como um de seus alimentos saudáveis preferidos, porém de acordo com Kmietowicz (2015), esse alimento tem uma composição prejudicial à saúde, podendo até causar câncer.

Vale ressaltar que os carboidratos considerados saudáveis foram grãos e tubérculos; abacate encaixou-se nas unidades frutas e gorduras; e decidimos considerar tomate como

Quadro 3: Categoria 2 e suas unidades

Categoria 2 – *Função da Nutrição no corpo humano* – reúne as respostas dos alunos referentes à questão 2 (Q2).		
Unidades	**Alunos / quantidade (%)**	**Exemplo**
U2.1 – Fortalecimento do organismo	A1, A2, A6, A7, A8, A10 / 06 alunos (30%)	A1 – Para o organismo ter proteção e não ficar fraco.
U2.2 – Sobrevivência	A4, A5, A6, A18 / 04 alunos (20%)	A4 – Se a gente não comer, a gente não sobrevive.
U2.3 – Alimentação saudável e saúde	A3, A6, A7, A8, A9, A12, A15, A16, A17, A18, A19 / 11 alunos (55%)	A9 – Para se viver com saúde, é necessário ingerir alimentos de diferentes tipos, em quantidades adequadas.
U2.4 – Alimentos como fonte de energia	A2, A6, A7, A8, A11, A13, A14, A18, A20 / 09 alunos (45%)	A11 – A alimentação serve para repor os gastos do dia a dia.

Quadro 4: Categoria 3 e suas unidades

Categoria 3 – *Alimentos saudáveis de sua preferência* – reúne as respostas dos alunos referentes à questão 3 (Q3).		
Unidades	**Alunos / quantidade (%)**	**Exemplo**
U3.1 – Carboidratos	A1, A2, A6, A7, A10, A11, A13, A16, A18, A19, A20 / 11 alunos (55%)	A16 – Maçã e **batata doce**.
U3.2 – Proteínas de origem animal	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A11, A12, A13, A15, A17, A18, A19, A20 / 16 alunos (80%)	A7 – **Peixe**, **ovos**, **leite**, suco natural e batata.
U3.4 – Proteínas de origem vegetal	A1, A2, A3, A6, A10, A11, A12, A15, A18, A19, A20 / 11 alunos (55%)	A15 – **Feijão** e ovos.
U3.5 – Gorduras	A9, A17 / 02 alunos (10%)	A17 – Maçã, **abacate**, peixe, morango, laranja e banana.
U3.6 – Frutas	A5, A7, A8, A9, A12, A13, A14, A16, A17, A19, A20 / 11 alunos (55%)	A14 – **Maçã**, **laranja**, **uva**, **frutas** e legumes são saudáveis.
U3.7 – Verduras e legumes	A1, A2, A3, A4, A6, A8, A10, A11, A14, A18, A19, A20 / 12 alunos (60%)	A10 – **Tomate**, **repolho**, mandioca e feijão.
U3.8 – A resposta não contempla parcialmente	A6 / 01 aluno (5%)	A6 – Arroz, repolho, mandioca, carne, feijão, **salsicha** e frango.

legume e não como fruta por ser culturalmente consumido como tal em nosso país.

Em um projeto desenvolvido por Machado *et al.* (2016) houve a intenção de disponibilizar aos alunos informações relevantes acerca da alimentação, a fim de que fossem sensibilizados para modificar os seus hábitos alimentares. O estudo demonstrou que é possível conscientizar as crianças a respeito de escolhas saudáveis, partindo das preferências alimentares e do conhecimento de cada um. Isso se concretiza devido às suas concepções individuais acerca da alimentação, baseadas em suas vivências familiares, que podem ser modificadas com a utilização de estratégias interativas e dialógicas.

Na categoria 4 – *Principal nutriente dos alimentos citados* (Quadro 5), surgiram seis unidades: carboidratos, proteínas, vitaminas, minerais, não soube responder e a resposta não contempla. Pudemos perceber que grande parte dos alunos (50%) utilizou a unidade 4 – minerais em suas respostas, citando principalmente o *ferro* contido no feijão e o *cálcio* contido no leite. Identificamos uma grande quantidade de nutrientes citados, o que nos leva a acreditar que alunos dessa faixa etária já possuem um conhecimento consistente a respeito desse assunto.

Segundo Vasconcelos *et al.* (2008), a oferta da merenda escolar pode fomentar ações que potencializem a formação de bons hábitos alimentares por meio de informações acerca do valor nutricional dos alimentos servidos, na busca de uma ampla discussão e familiarização dos alunos com os alimentos que consomem, e uma possível transformação cultural em torno da alimentação.

A quinta categoria – *Relação entre a Nutrição e a Química* (Quadro 6), evidenciou que a maioria dos alunos (90%)

Quadro 5: Categoria 4 e suas unidades

Categoria 4 – *Principal nutriente dos alimentos citados* – reúne as respostas dos alunos referentes à questão 4 (Q4).		
Unidades	**Alunos / quantidade (%)**	**Exemplo**
U4.1 – Carboidratos	A1, A2, A3, A5, A6, A7, A8, A13, A18 / 09 alunos (45%)	A6 – Mandioca = **amido**.
U4.2 – Proteínas	A1, A3, A5, A7, A8, A9, A11, A15 / 08 alunos (40%)	A11 – A carne tem **proteína**.
U4.3 – Vitaminas	A3, A7, A9, A10, A12, A13, A17, A19 / 08 alunos (40%)	A13 – Leite = cálcio; Arroz = amido e carboidratos; Frutas = dependendo da fruta ela tem **vitaminas A**, **B**, **C**.
U4.4 – Minerais	A1, A2, A3, A5, A9, A10, A12, A13, A15, A17 / 10 alunos (50%)	A15 – Feijão tem **ferro** e o ovo proteína.
U4.5 – Não soube responder	A16 / 01 aluno (5%)	A16 – Não.
U4.6 – A resposta não contempla	A4, A14 / 02 alunos (10%)	A4 – Os dois fazem bem para a saúde e quem não come tem mais chance de ficar doente.

afirmaram o questionamento, enquanto dois alunos (10%) consideraram que não há essa relação. Consideramos que duas respostas tenham sido justificadas de maneira equivocada, demonstrando que alguns alunos não tenham isso claro. Houve unidades de relação quanto à composição química dos alimentos, à alimentação e estrutura do corpo humano e à Nutrição mais relacionada com o conteúdo de Biologia.

Para um ensino de Química contextualizado, Pereira (2010) optou por utilizar os alimentos como tema gerador baseado no conhecimento prévio dos alunos. Em seu estudo, descreve que é perceptível a ligação entre a química e os alimentos, o que torna capaz de despertar o interesse e a curiosidade dos alunos, pois é um assunto intrínseco no cotidiano. Com essa relação o aluno é capaz de se sentir inserido no contexto químico por reconhecer o enfoque científico em sua vida, o que facilita a interação.

A sexta categoria – *Relação entre os alimentos e a tabela periódica* (Quadro 7), demonstra que todos os alunos afirmam que exista. Porém, ao analisarmos as justificativas, constatamos que a maioria (85%) apresenta uma visão equivocada ou incoerente quanto a isso. Tal fato pode ser aceitável, pois a tabela periódica ainda não foi estudada pela turma. No entanto, mesmo que estejam estudando os alimentos e nutrientes nas aulas de Biologia, não foram capazes de correlacionar os minerais como elementos químicos.

Um estudo semelhante foi realizado por Leão *et al.* (2017), o qual permitiu que os alunos relacionassem os elementos químicos como constituintes do corpo humano. Essa relação foi possível devido a discussões de que determinados elementos contidos nos alimentos são essenciais à vida e que a falta deles pode provocar problemas de saúde, ou seja, que o ser humano é constituído daquilo que se alimenta.

Na categoria 7 – *Elementos da tabela periódica presentes no corpo humano* (Quadro 8), tivemos um surpreendente resultado de 14 minerais citados pelos alunos, número tal que não esperávamos devido aos equívocos nas respostas da categoria anterior. O mineral mais citado foi o cálcio, seguido do potássio e do ferro.

Houve também a citação da fórmula molecular da água, que apesar de ser uma resposta equivocada consideramos um dado importante a ser exposto. Isso demonstra que o estudo molecular da água pode ter sido significativo a eles. Além disso um aluno citou os macronutrientes (carboidratos e proteínas), que apesar de estarem presentes no corpo humano não são elementos da tabela periódica; um aluno relatou não saber a relação e um aluno não respondeu. Essa questão demonstra

Quadro 6: Categoria 5 e suas unidades

Categoria 5 – *Relação entre a Nutrição e a Química* – reúne as respostas dos alunos referentes à questão 5 (Q5).		
Unidade	**Alunos / quantidade (%)**	**Exemplo**
U5.1 – Resposta afirmativa	A1, A2, A3, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A18, A19, A20 / 18 alunos (90%)	A20 – Sim, porque sem a química não tem nutrição.
U5.2 – Resposta negativa	A4, A17 / 02 alunos (10%)	A17 – Para mim não. Nutrição é nutrição, e química é química; senão não mudaria as palavras.
U5.3 – Resposta equivocada	A11, A12 / 02 alunos (10%)	A12 – Sim, porque dependendo do alimento tem composição química.
U5.4 – Composição química dos alimentos	A5 / 01 aluno (5%)	A5 – Sim, pois na química há componentes nos quais são compostos os alimentos.
U5.5 – Alimentação e estrutura do corpo humano	A6, A7, A8, A9, A18 / 05 alunos (25%)	A7 – Sim, pois a alimentação e a química alteram a estrutura.
U5.6 – Nutrição e Biologia	A15, A16 / 02 alunos (10%)	A16 – Sim, na química pode ter relação, mas acho que em Biologia a relação é mais próxima.

Quadro 7: Categoria 6 e suas unidades

Categoria 6 – *Relação entre os alimentos e a tabela periódica* – reúne as respostas dos alunos referentes à questão 6 (Q6).		
Unidade	**Alunos / quantidade (%)**	**Exemplo**
U6.1 – Resposta afirmativa	Todos os 20 alunos (100%)	A16 – Sim, porque também temos esses elementos em nosso organismo.
U6.2 – Resposta coerente	A15, A16, A20 / 03 alunos (15%)	A20 – Sim, existe e são os componentes cálcio, ferro, potássio, etc.
U6.3 – Resposta equivocada	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A17, A18, A19 / 17 alunos (85%)	A7 – Sim, existe, pois a tabela periódica ajuda as pessoas a se alimentarem melhor.

Quadro 8: Categoria 7 e suas unidades

Categoria 7 – *Elementos da tabela periódica presentes no corpo humano* – reúne as respostas dos alunos referentes à questão 7 (Q7).		
Unidades	**Alunos / quantidade (%)**	**Exemplo**
U7.1 – Cálcio	A1, A3, A5, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A20 / 16 alunos (80%)	A12 – **Cálcio**.
U7.2 – Cobre	A5 / 01 aluno (5%)	A5 – Cálcio, sódio, potássio, magnésio, ferro, **cobre**, zinco, etc.
U7.3 – Ferro	A1, A2, A3, A5, A9, A10, A15, A16, A17, A20 / 10 alunos (50%)	A3 – **Ferro**, cálcio.
U7.4 – Flúor	A10 / 01 aluno (5%)	A10 – Cálcio, ferro, **flúor**, iodo, potássio.
U7.5 – Fósforo	A9, A14, A16 / 03 alunos (15%)	A9 – Cálcio, **fósforo**, potássio, zinco, oxigênio, ferro.
U7.6 – Hidrogênio	A11, A13, A18 / 03 alunos (15%)	A11 – Cálcio, **hidrogênio**, potássio.
U7.7 – Iodo	A8, A10 / 02 alunos (10%)	A8 – Potássio, **iodo**, cálcio, sódio.
U7.8 – Magnésio	A5 / 01 aluno (5%)	A5 – Cálcio, sódio, potássio, **magnésio**, ferro, cobre, zinco, etc.
U7.9 – Oxigênio	A7, A9, A14 / 03 alunos (15%)	A14 – Cálcio, fósforo, zinco, **oxigênio**, potássio.
U7.10 – Potássio	A2, A5, A8, A9, A10, A11, A13, A14, A16, A18, A20 / 11 alunos (55%)	A2 – Ferro, **potássio**.
U7.11 – Sódio	A5, A8, A16, A18 / 04 alunos (20%)	A16 – **Sódio**, cálcio, ferro, potássio, flúor.
U7.12 – Titânio	A18 / 01 aluno (5%)	A18 – **Titânio**, hidrogênio, potássio, sódio, cálcio.
U7.13 – Zinco	A5, A9, A14 / 03 alunos (15%)	A9 – Cálcio, fósforo, potássio, **zinco**, oxigênio, ferro.
U7.14 – Fórmula molecular da água	A7, A15 / 02 alunos (10%)	A7 – Oxigênio, **H_2O**, cálcio.
U7.15 – A resposta não contempla	A6 / 01 aluno (5%)	A6 – Carboidratos, proteínas, nutrientes.
U7.16 – Resposta negativa	A4 / 01 aluno (5%)	A4 – Não, porque eu não conheço a tabela periódica.
U7.17 – Não respondeu	A19 / 01 aluno (5%)	–

que os alunos têm uma noção da existência dos elementos químicos, mas que um estudo mais aprofundado da tabela periódica faz-se necessário para ampliar seus conhecimentos.

Com o intuito de incentivar os jovens para a aprendizagem da tabela periódica, Chacon *et al.* (2010) desenvolveram um jogo digital que utiliza a composição do corpo humano como tema motivador. Assim, acreditam que possam estimular o raciocínio lógico do aluno colocando em prática os conhecimentos adquiridos em classe e articularem o conteúdo de química com a Biologia. O jogo, entre outras funções, permite a observação da influência dos vinte e um elementos químicos considerados vitais no organismo humano.

Para a categoria 8 – *Nutrientes contidos nos alimentos* (Quadro 9), vimos a necessidade de criar mais de uma unidade por nutriente. Considerando que, em geral, os alimentos contêm traços de praticamente todos os nutrientes, definimos que o alimento seria fonte de tal nutriente se este apresentar em sua composição no mínimo 10% do valor diário recomendado pelas *Dietary Reference Intakes* (DRIs), segundo Padovani *et al.* (2006).

Para verificar a composição dos alimentos, utilizamos a tabela TACO da Unicamp (Brasil, 2011). Por exemplo, o leite é uma importante fonte de cálcio, diferentemente da maçã que não apresenta uma quantidade significativa para ser considerada como fonte deste mineral. A presença de ferro no feijão é superior aos 10% dos valores diários sugeridos, portanto é considerado fonte. No entanto, os peixes em geral não alcançam a quantidade mínima exigida, e por isso não são considerados fonte.

Alguns alimentos e elementos que não estão presentes na tabela TACO (Brasil, 2011) foram pesquisados em outras fontes, como a água, condicionada como fonte de flúor. Os dados da quantidade mínima existente foram definidos por meio da portaria nº 635/Bsb, de 26 de dezembro de 1975, que trata da aprovação de normas e padrões de fluoretação da água.

Dessa forma, ao observar o Quadro 9, nota-se que a grande parte dos alunos (95%) conseguiu relacionar de maneira adequada os elementos químicos e suas respectivas fontes em alimentos.

Na categoria 9 – *Elementos da tabela periódica contidos*

Quadro 9: Categoria 8 e suas unidades

Categoria 8 – *Nutrientes contidos nos alimentos* – reúne as respostas dos alunos referentes à questão 8 (Q8).		
Unidades	**Alunos / quantidade (%)**	**Exemplo**
U8.1 – Cálcio – fonte	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A15, A16, A17, A20 / 17 alunos (85%)	A1 – Leite
U8.2 – Cálcio – traço	A14, A18 / 02 alunos (10%)	A14 – Maçã
U8.3 – Cálcio – sem resposta	A19 / 01 aluno (5%)	–
U8.4 – Ferro – fonte	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A18, A20 / 18 alunos (90%)	A2 – Feijão
U8.5 – Ferro – traço	A17 / 01 aluno (5%)	A17 – Peixe
U8.6 – Ferro – sem resposta	A19 / 01 aluno (5%)	–
U8.7 – Flúor – fonte	A3, A4, A5, A11, A15, A16, A17 / 07 alunos (35%)	A5 – Água, peixes e vegetais.
U8.9 – Flúor –traço	–	–
U8.10 – Flúor – resposta não contempla	A1, A2, A6, A7, A8, A10, A12, A14, A18, A20 / 11 alunos (55%)	A6 – Pasta de dente
U8.11 – Flúor – sem resposta	A9, A13, A19 / 03 alunos (15%)	–
U8.12 – Iodo – fonte	A5, A7, A8, A9, A10, A12, A13, A15, A16, A18, A20 / 11 alunos (55%)	A15 – Salmão
U8.13 – Iodo – traço	A2, A3, A4, A11, A14, A17, A18 / 07 alunos (35%)	A4 – Alface
U8.14 – Iodo – resposta não contempla	A1 / 01 aluno (5%)	A1 – Remédio
U8.15 – Iodo – sem resposta	A6, A19 / 02 alunos (10%)	–
U8.16 – Potássio – fonte	A4, A5, A6, A7, A8, A10, A12, A13, A15, A16, A18, A20 / 12 alunos (60%)	A15 – Banana
U8.17 – Potássio – traço	A1, A2, A3, A11, A14, A17 / 06 alunos (30%)	A11 – Arroz
U8.18 – Potássio – sem resposta	A9, A19 / 02 alunos (10%)	–
U8.19 – Sódio – fonte	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A20 / 17 alunos (85%)	A17 – Sal
U8.20 – Sódio – traço	A12, A18 / 02 alunos (10%)	A12 – Banana
U8.21 – Sódio – sem resposta	A19 / 01 aluno (5%)	–

em alimentos (Quadro 10), em que a intenção foi perceber se os alunos sabiam da existência de outros elementos nos alimentos além dos citados na questão anterior, surgiram cinco unidades. Os minerais emergentes foram cloro e zinco, porém a maioria das respostas não foi pertinente (65%), pois citaram outros nutrientes, que não elementos químicos, além de um aluno ter afirmado não saber e outro que não respondeu à questão.

Quadro 10: Categoria 9 e suas unidades

Categoria 9 – *Elementos da tabela periódica encontrados em alimentos* – reúne as respostas dos alunos referentes à questão 9 (Q9).		
Unidade	**Alunos / quantidade (%)**	**Exemplo**
U9.1 – Cloro	A6, A10, A13, A14, A18 / 05 alunos (25%)	A6 – **Cloro** na água.
U9.2 – Zinco	A14 / 01 aluno (5%)	A14 – Cloro na água, e **zinco no Danoninho®**.
U9.3 – A resposta não contempla	A1, A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A11, A15, A16, A17, A20 / 13 alunos (65%)	A8 – Frutose = em frutas; proteínas = ovos, leite, carne.
U9.4 – Resposta negativa	A12 / 01 aluno (5%)	A12 – Não sei.
U9.5 – Sem resposta	A19/ 01 aluno (5%)	–

Uma estratégia interessante para este raciocínio foi proposta por Neves *et al.* (2009), a qual consiste em contextualizar o conteúdo da tabela periódica utilizando rótulos de alimentos. Tal atividade, além de contribuir para uma aprendizagem mais conceitual dos elementos químicos, também contribui na educação alimentar dos alunos por serem incentivados a conhecer melhor a composição dos alimentos que escolhem para consumo.

Considerações Finais

Com o presente trabalho foi possível desenvolver a contextualização do conhecimento científico de alguns elementos da tabela periódica com a alimentação dos alunos. Isso permitiu aos mesmos perceberem a relação existente entre os conteúdos estudados em sala de aula e a realidade da sua própria vida, relacionando os elementos da tabela periódica com o corpo humano e a alimentação, tudo intermediado por uma linguagem informal, buscando seu significado e ligação com a linguagem científica.

Considerando as áreas relacionadas – Nutrição e Química – contextualizadas com a alimentação cotidiana dos alunos, pode-se dizer que com esse trabalho foi possível desenvolver uma aula de química com questões atraentes e instrutivas.

Infere-se que a educação alimentar a partir da escola e das disciplinas ofertadas pode ser um fator contribuinte para a promoção da saúde e de hábitos alimentares saudáveis, merecendo destaque na participação pela busca do conhecimento real do que se ingere e do papel de certos elementos químicos como nutrientes.

Os dados obtidos no desenvolvimento desse trabalho mostram o desdobramento de um conteúdo até então abstrato para os alunos em uma compreensão efetiva, permitindo a assimilação do conteúdo e sua influência no dia a dia, assim como proporcionando aos educandos uma eventual organização das ideias que eles apresentavam a respeito do conceito.

Nota

[1]Os alimentos são classificados em três grandes grupos, conforme a função que cada um exerce no organismo: energéticos, os quais fornecem energia e concentram-se nas fontes de carboidratos e lipídios; construtores, que auxiliam na construção, crescimento e restabelecimento de tecidos e ossos, representados por fontes de proteínas; e reguladores, responsáveis por regular as funções do organismo e conservar o sistema imunológico, por meio de alimentos ricos em vitaminas e minerais.

Luiz Carlos Giachello dos Anjos (luizanjos88@hotmail.com), licenciado em Química pela UTFPR, campus Londrina, é mestrando em Ensino na UENP, campus Cornélio Procópio. Professor de Química da Educação Básica do Estado do Paraná. Cornélio Procópio, PR – BR. **Amanda Menon** (amanda_menon@hotmail.com), licenciada em Ciências Biológicas pelo PROFOP da UTFPR, campus Cornélio Procópio, especialista em Nutrição Clínica e Alimentos Funcionais pela UEL e em Segurança Alimentar e Nutricional pela Unesp, atualmente é discente do Mestrado Profissional em Ensino pela UENP. Cornélio Procópio, PR – BR. **Marlize Spagolla Bernardelli** (marlizespagolla@uenp.edu.br), licenciada em Química pela UEM, especialista em Metodologia e Didática de Ensino e em Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável I pelo IEPE, mestre em Educação pela UENP-FAFICOP, doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela UEL. Docente e pesquisadora da UENP, campus Cornélio Procópio. Cornélio Procópio, PR – BR.

Referências

ANDRADE, T. Y. I.; ZANON, D. A. V.; SANTOS, A. R.; CECILIO, N. G.; ALBA, M. S. S. e REIS, L. A. D. Alimentação saudável em foco: oficina temática como estratégia para promover a aprendizagem significativa no ensino de ciências. *Ciências & Cognição*, v. 23, n. 1, p. 63-79, 2018. Disponível em http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/1405, acessado em Maio 2019.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria do Ensino Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais:* introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf, acessado em Maio 2019.

_____. Ministério da Saúde. *Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO*. 4ª ed. Campinas: Unicamp, 2011.

_____. _____. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Formulação de Políticas de Saúde. *Política nacional de alimentação e nutrição*. Brasília: MS, 2000a.

_____. Secretaria de Educação Básica. *Parâmetros curriculares nacionais:* ensino médio. Brasília: MEC/SEB, 2000b. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf, acessado em Maio 2019.

BRAATHEN, P. C. *Química geral.* 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2011.

CAMELO, A. L. M.; MAZZETTO, S. E. e VASCONCELOS, P. H. M. Uso de mecanismo dinâmico e interativo no ensino de química: um relato de sala de aula. *Holos*, v. 3, n. 32, p. 132-136, 2016. Disponível em http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/2817/1489, acessado em Maio 2019.

CHACON, E. P.; ROBAINA, N. F.; ALVES, D. D.; MARQUES, M. M. e OLIVEIRA, R. D. V. L. O corpo humano e a tabela periódica – um jogo computacional. In: *Resumos do XV Encontro Nacional de Ensino de Química.* Brasília, DF, 2010. Disponível em http://www.sbq.org.br/eneq/xv/resumos/R0479-1.pdf, acessado em Maio 2019.

GALANTE, A. P. e CARUSO, L. *Como a alimentação pode diminuir o risco de doenças?* São Paulo: Paulus, 2005.

GALISA, M. S. *Nutrição:* conceitos e aplicações. São Paulo: M. Books, 2008.

GUERRA, A. C. O.; DINIZ, C. S. e SILVA, J. F. M. Química no cotidiano: a química dos alimentos e a tabela periódica. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 2584-2588, 2013. Disponível em https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307947/397915, acessado em Maio 2019.

KMIETOWICZ, Z. Processed meats are carcinogenic, says new review of evidence. *BMJ*, n. 351, p. h5729, 2015. Disponível em https://www.bmj.com/content/bmj/351/bmj.h5729.full.pdf, acessado em Maio 2019.

LANG, A. A.; GIMENEZ, S. M. N; LIMA, L. H. F. e CORTEZ, C. M. Elementos químicos encontrados no corpo humano: um novo enfoque da tabela periódica. In: *Resumos do XIV Encontro*

Nacional de Ensino de Química. Curitiba, PR, 2008. Disponível em http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0866-1.pdf, acessado em Maio 2019.

LEÃO, M. F.; DEL PINO, J. C. e OLIVEIRA, E. C. A tabela periódica dos elementos químicos contidos nos alimentos: uma maneira de promover aprendizagens com significado na educação de jovens e adultos. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 7, n. 2, p. 1-17, 2017. Disponível em http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID104/v7_n2_a2017.pdf, acessado em Maio 2019.

LEITE, L. B. M. *A educação alimentar no ensino de ciências:* o caso das dietas alimentares. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/21086/1/2016_LaysBatistaMartinsLeite.pdf, acessado em Maio 2019.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. *Pesquisa em educação:* abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, B. T. R.; COUTINHO, C. e RUPPENTHAL, R. "Meu prato preferido": promovendo hábitos alimentares saudáveis em crianças em idade escolar. *Revista Multiciência Online*, v. 1, p. 1-20, 2016. Disponível em http://urisantiago.br/multicienciaonline/adm/upload/v1/n1/aad07b51549f58e633d25e6049bde0a1.pdf, acessado em Maio 2019.

MANN, J. e TRUSWELL, A. S. *Nutrição humana*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MENDONÇA, R. J. *Nutrição:* um guia completo de alimentação, práticas de higiene, cardápios, doenças, dietas e gestão. São Paulo: Rideel, 2010.

MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v12n1/08.pdf, acessado em Maio 2019.

NEVES, A. P.; GUIMARÃES, P. I. C. e PERÇON, F. Interpretação de rótulos de alimentos no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 34-39, 2009. Disponível em http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/07-RSA-1007.pdf, acessado em Maio 2019.

NÓBREGA, F. J. *Distúrbios da nutrição.* Rio de Janeiro: Revinter, 1998.

PACHECO, N. M. *Meu gui@ aliment@r virtu@l:* um *e-book* sobre alimentação saudável na adolescência. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20150915151036.pdf, acessado em Maio 2019.

PADOVANI, R. M; AMAYA-FARFÁN, J.; COLUGNATI, F. A. B. e DOMENE, S. M. A. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. *Revista de Nutrição*, v. 19, n. 6, p. 741-760, 2006. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/rn/v19n6/09.pdf, acessado em Maio 2019.

PASQUALI, S. *Projetos criativos e coformadores:* uma proposta de ensino de ciências para o estudo da alimentação saudável. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática). Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2015. Disponível em http://www.bc.furb.br/docs/DS/2015/360476_1_1.pdf, acessado em Maio 2019.

PEREIRA, G. C. L. Alimentos: tema gerador para aquisição de conhecimento químico. In: *Anais do V Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica (CONNEPI 2010)*. Maceió, AL, 2010. Disponível em http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1710/1025, acessado em Maio 2019.

PINHEIRO, I. A. M.; SOUZA, A. D. M.; MOREIRA, E. F.; BERTINI, L. M.; FERNANDES, P. R. N. e ALVES, L. A. *Elementum* - lúdico como ferramenta facilitadora do processo de ensino-aprendizagem sobre tabela periódica. *Holos*, v. 31, n. 8, p. 80-86, 2015. Disponível em http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/3647/1312, acessado em Maio 2019.

RUSSEL, J. B. *Química geral.* 2ª ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1994, v. 1.

SANTOS, N. B; OLIVEIRA, F. P. S. e ALMEIDA, M. D. S. Tabela periódica: os alimentos e suas composições químicas – mitos e verdades. In: *Anais do III Congresso Nacional de Educação*. Natal, RN, 2016. Disponível em http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV056_MD4_SA18_ID8222_16082016214727.pdf, acessado em Maio 2019.

SOBRAL, N. A. T. e SANTOS, S. M. C. Proposta metodológica para avaliação de formação em alimentação saudável. *Revista de Nutrição*, v. 23, n. 3, p. 399-415, 2010. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/rn/v23n3/08.pdf, acessado em Maio 2019.

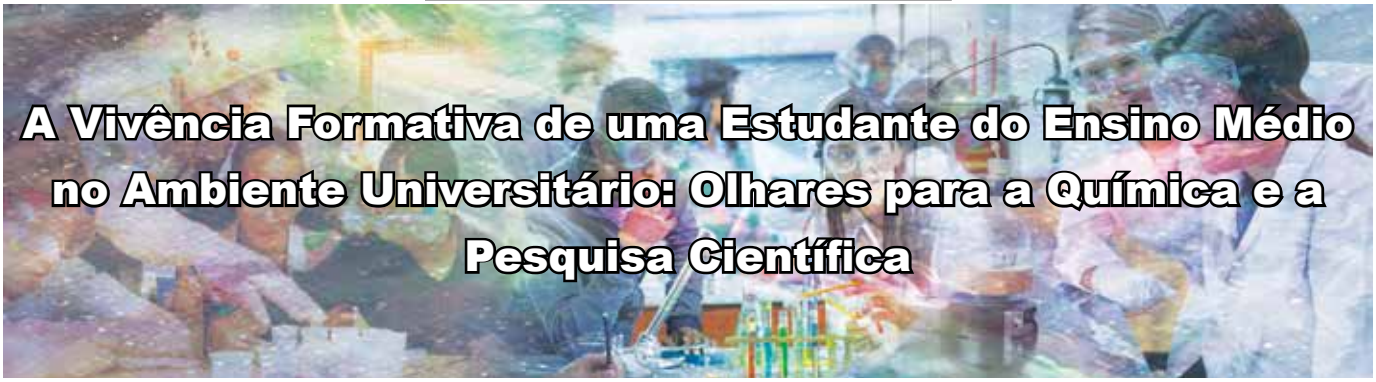
SOUZA JÚNIOR, W. C. e PINTO, W. "Química em geral" a partir da tabela periódica no Microsoft Excel: uma estratégia para o ensino de química na educação básica. *Enseñanza de las ciencias*, n. extra, p. 1964-1968, 2009. Disponível em https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/294173, acessado em Maio 2019.

TRASSI, R. C. M.; CASTELLANI, A. M.; GONÇALVES, J. E. e TOLEDO, E. A. Tabela periódica interativa: um estímulo à compreensão. *Acta Scientiarum: Technology*, v. 23, n. 6, p. 1335-1339, 2001. Disponível em http://ojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/viewFile/2757/1824, acessado em Maio 2019.

VASCONCELOS, V. M.; MARTINS, M. C.; VALDÊS, M. T. M. e FROTA, M. A. Educação em saúde na escola: estratégia em enfermagem na prevenção da desnutrição infantil. *Ciência e Cuidado da Saúde*, v. 7, n. 3, p. 355-362, 2008. Disponível em http://eduem.uem.br/ojs/index.php/CiencCuidSaude/article/viewFile/6508/3862, acessado em Maio 2019.

Abstract: *The Periodic Table's Flavor: Integrating Concepts of Nutrition with the Teaching of Chemistry.* Integrating concepts of nutrition into the school context is a good strategy, since food is a daily issue for students and easy to approach in any discipline, for example in Chemistry. The purpose of this study was to relate the periodic table to the foods consumed in order to verify the connection between chemical elements and nutrition in the students' daily life, outlining some considerations about the relation between Chemistry and the human body. The qualitative research involved a class from the 1st year of High School in the north of Paraná. The instrument of data collection was a questionnaire, which had its answers transcribed for analysis and categorization. It was verified that studying food chemistry can contribute to the understanding of a content previously abstract for adolescents, since it allows the perception of the relevance of this knowledge and its influence in the daily life of the individuals.
Keywords: nutrients, chemistry, periodic table

http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160163



A Vivência Formativa de uma Estudante do Ensino Médio no Ambiente Universitário: Olhares para a Química e a Pesquisa Científica

Rosália Andrighetto, Caroline R. Cardoso e Thiago de C. Luchese

Este artigo resulta da execução de um projeto científico-pedagógico universitário que viabilizou uma educação científica diferenciada a uma estudante de nível médio. Tendo-se constatado, entre os ingressantes universitários, a presença de uma lacuna de formação científica, a realização da ação dinâmica aqui relatada teve como foco o estímulo e o fortalecimento desta educação científica já no nível médio. A reserva de espaço e tempo para leitura crítico-reflexiva de artigos de divulgação científica bem como para realização de experiências em laboratórios de Física e Química alavancaram de forma surpreendente a autonomia e o gosto pelo saber e fazer científicos da estudante. Os profundos efeitos formativos desta vivência, seja sobre a estudante de nível médio, seja sobre os professores de nível universitário, servem de aporte e incentivo à realização de práticas semelhantes viabilizando a aprendizagem significativa e o gosto pela ciência ao longo do percurso educacional médio.

▶ educação científica, físico-química, teoria-prática, termodinâmica ◀

Recebido em 06/09/2018, aceito em 09/10/2018

É imprescindível que a Ciência, que faz parte da sociedade como um todo, transcenda os espaços acadêmicos de modo que se vincule o conhecimento científico às práticas cotidianas, permitindo que as pessoas possam ampliá-lo constantemente e utilizá-lo em favor de seu desenvolvimento intelectual, crescimento pessoal e coletivo. Levando-se em consideração que a Ciência como um todo é repleta de conexões – um novo conhecimento leva a uma mudança na vida das pessoas e afeta muitas outras áreas aparentemente não relacionadas – pressupõe-se que, mediante abordagens dos fundamentos histórico-científicos e práticas experimentais na perspectiva da Termodinâmica, é possível identificar a estreita ligação entre a Físico-Química e diversas áreas do conhecimento, tanto sob o aspecto da História da Ciência quanto aos próprios conteúdos específicos escolares.

As percepções inadequadas no que diz respeito às propriedades específicas e gerais da matéria resultam em um efeito cascata negativo, colaborando para a consequente maior dificuldade por parte dos alunos na compreensão dos princípios básicos da Físico-Química e demais assuntos correlacionados ao comportamento da matéria frente às transformações físicas e químicas.

De maneira geral, alunos, tanto do Ensino Médio (EM) quanto do Ensino Superior (ES), apresentam significativa dificuldade de compreensão de assuntos relacionados à área da Físico-Química (Rossi *et al.*, 2008; Barros, 2009; Coca, 2013; Baran e Sozbilir, 2018). De acordo com Rossi *et al.* (2008), "*do ponto de vista formal, o conceito de densidade é simples, mas representa dificuldade de ensino e aprendizagem ao serem consideradas as habilidades relacionadas, nem sempre consolidadas, nos diversos níveis de escolarização*" (Rossi *et al.*, 2008, p. 55). As percepções inadequadas no que diz respeito às propriedades específicas e gerais da matéria resultam em um efeito cascata negativo, colaborando para a consequente maior dificuldade por parte dos alunos na compreensão dos princípios básicos da Físico-Química e demais assuntos correlacionados ao comportamento da matéria frente às transformações físicas e químicas.

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.

Associadas às recorrentes ausências de compreensão quanto à constituição e ao comportamento físico-químico da matéria, comumente observa-se também dificuldades relacionadas ao conceito de energia, suas formas e relações analíticas regidas pelas Leis da Termodinâmica. É consenso geral entre a comunidade acadêmica e científica que é difícil conceituar energia, entretanto, é um assunto de grande importância não apenas nos meios científicos, mas também para a sociedade em geral.

No contexto educacional, o estudo da Termodinâmica é importante, tanto no EM quanto no ES, e a sua contextualização em qualquer fase do aprendizado não é uma tarefa trivial, principalmente pela dificuldade que os alunos apresentam nas análises e interpretação de informações contidas em gráficos. É comum deparar-se com expressiva dificuldade, por parte dos alunos, em compreender que a energia interna de um sistema pode ser transferida na forma de calor ou trabalho e a respeito de suas relações analíticas. De acordo com Barros (2009) – e de experiências educacionais próprias dos autores, vivenciadas em salas de aula tanto no EM quanto no ES – é comum verificar dificuldades de compreensão relacionadas às variações de temperatura, identificação de processos endotérmicos e exotérmicos ou às energias cinética e potencial das partículas, sendo frequente o seguinte questionamento: "*Por que em processos endotérmicos, como na dissolução de determinado composto, nota-se uma diminuição na temperatura da solução? Afinal, se há absorção de energia, a temperatura deveria aumentar!*" (Barros, 2009, p. 241).

Diante das justificativas aqui expostas (a importância do conhecimento científico na concepção e compreensão de mundo e a dificuldade por parte dos alunos, de maneira geral, na assimilação adequada de conceitos relacionados à Físico-Química) e, considerando a Universidade um espaço provedor de conhecimentos e de incentivo à Educação Científica qualificada, o problema de investigação que norteou o planejamento e desenvolvimento das ações aqui descritas foi: "*Como abordagens histórico-experimentais no estudo da Físico-Química, relacionadas aos conceitos integradores "Energia e Matéria", podem contribuir para a aquisição e assimilação de conhecimentos científicos relacionados aos princípios da Termodinâmica por parte dos alunos do EM?*".

Reflexões Voltadas ao Nível Médio de Escolarização: Um Olhar em Direção à Formação Inicial de Professores de Química

"*Como os alunos do EM veem a Química? O que pensam da Química? Será que consideram as aplicações dessa Ciência fundamentais ou uma ameaça à vida na terra?*" (Lisboa, 2010, p. 27). Para que se responda a essas perguntas de forma consciente é preciso, primeiramente, que os sujeitos, quando questionados, tenham a real noção dos fundamentos da Química e da sua história.

A música intitulada "Química", de autoria de Renato Russo (Legião Urbana), traz como refrão "*eu odeio Química, Química, Química!*". Essa expressão afirmativa popularizou-se nos embalos dessa música de uma forma contagiante no final da década de 1980 e, infelizmente, comumente reflete a realidade escolar, sendo aceita, passivelmente, como uma expressão generalizada e naturalmente normal. É possível sim que algumas pessoas não gostem de Química. Mas, é imprescindível aos envolvidos no processo de formação, ensino e aprendizagem, questionar-se o *quão provável é que estas pessoas não gostem dessa Ciência instigante que trata da constituição da matéria, suas propriedades, transformações e as leis que as regem?* Afinal, como a Química, presente em tudo e que está envolvida em tantos aspectos fascinantes da nossa vida – no veneno e no antídoto, na farmácia e na natureza, em produtos de higiene pessoal e na cozinha (Schwarcz, 2009), sendo perceptível por meio dos nossos sentidos e que rege a expressão dos nossos sentimentos através do fluxo de substâncias químicas fabricadas pelo nosso organismo, pode ser "*odiada*"?

Sendo assim, um professor em formação continuada e/ou um futuro professor em formação inicial, deve questionar a si mesmo se o sujeito que afirma não gostar de Química tem a plena consciência e o conhecimento do que de fato esse sujeito está afirmando desgostar. É preciso investigar se, "*ao pé da letra*", a expressão "*eu odeio Química*", é condizente ao real significado, ou revela-se como uma expressão banalizada cuja generalização reúne e define os diversos déficits intrínsecos aos modelos das práticas educativas hegemônicas e das "amarras" curriculares.

De maneira geral, assume-se que o desinteresse dos alunos da Educação Básica (EB) tem sido uma consequência direta da maneira abstrata, desvinculada das experiências cotidianas e, portanto, desmotivadora, pela qual os professores estão introduzindo os conceitos químicos. Para derrubar o velho tabu de que Química é um assunto chato, o ensino deve ser conduzido de forma apaixonada, instigante, contextualizada e, acima de tudo, deve estar aberto à curiosidade natural do ser humano. Afinal, desde crianças, as histórias e estórias que nos são contadas despertam o interesse e curiosidade, de modo que gostamos e prestamos atenção quando alguém nos conta algo. Sendo assim, incentivar o desejo por aprender e proporcionar aos alunos a transformação da curiosidade em algo produtivo são elementos fundamentais na (re)construção do processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, nós, professores, não podemos aceitar passivamente que os alunos da EB não tenham a paixão e o desejo em estudar e aprofundar seus conhecimentos em Química.

Sendo assim, esta pesquisa-ação surgiu da intenção inicial de incentivar a inclusão e colaborar para a manutenção da abordagem constante aos fundamentos históricos e experimentais da Química vinculados a diversas temáticas no cotidiano de alunos do EM, mediante o apoio e suporte da articulação entre a literatura e a experimentação científicas. Nessa perspectiva, a pesquisa visou contribuir para a formação de um sujeito reflexivo e motivado a inserir-se na pesquisa científica, incentivando-o ao hábito de refletir e analisar as questões sociais, políticas, econômicas, científicas e tecnológicas da Química, tornando-se um sujeito com a

capacidade de participar ativamente da sociedade tecnológica atual, tomar decisões críticas e responder com consciência a questões como as perguntas do início desta seção.

Fundamentação Teórica: em Busca dos Caminhos para a Pesquisa (as Nossas Estratégias)

Considerando que na fala os interlocutores se comunicam utilizando recursos como gestos, diferentes tons expressivos e outros, Wenzel e Maldaner (2016, p. 132) destacam que "[...] a escrita é considerada importante ferramenta para estruturar o pensamento e a lógica argumentativa, pois exige maior organização cognitiva do que a fala". Em suas pesquisas, Kunst e Wenzel (2018) apontam para uma das dificuldades dos estudantes que é a de se apropriar da linguagem específica e de dialogar com ela por meio da interpretação e reforçam a importância do nosso olhar para a prática da leitura e da escrita no ensino de Química.

Somando-se ao fato de que muitas vezes a linguagem química é trabalhada de forma superficial no percurso escolar, em uma prática de simplesmente decorar o símbolo, mas não de significá-lo junto ao estudante (Kunst e Wenzel, 2018), somente com a metodologia tradicional de ensino na EB, a Química, que é uma Ciência de natureza experimental, configura-se excessivamente abstrata. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (Brasil, 2002b), o ensino de Química deve levar o aluno a analisar dados, argumentar, refletir e tirar conclusões, a fim de que se desenvolvam competências e habilidades que promovam a interpretação crítica de problemas reais. Seja notado que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) incorpora estas competências e habilidades no ensino de Ciências já no nível fundamental de ensino (Brasil, 2019, p. 322). Nesse sentido, propõe-se a experimentação e o trabalho em grupo como sendo estratégias relevantes para a construção e socialização do conhecimento (Vygotsky, 2001) e que a teoria e a experimentação devem complementar-se continuamente (Silva *et al*., 2010).

De acordo com Giordan (1999), utilizar a experimentação como parte do processo de investigação é uma necessidade, pois a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve acontecer preferencialmente nos entremeios de atividades investigativas. Para Höttecke (2000), a utilização de experimentos históricos traz a possibilidade de entender a Ciência como um trabalho prático que se desenvolve no laboratório, permitindo que os alunos tenham uma ideia mais significativa da importância da experimentação para a história.

O acesso a atividades experimentais pode proporcionar excelentes oportunidades para que o aluno do EM teste suas próprias hipóteses sobre fenômenos particulares, para que planeje suas ações, as execute e (re)construa o seu conhecimento acerca da Ciência envolvida. Nesse sentido, considerando que, de maneira geral, a maioria dos alunos do EM apresenta significativa dificuldade em correlacionar a teoria com as experiências vivenciadas em seu próprio cotidiano e compreender assuntos relacionados à Físico-Química (Barros, 2009; Rossi *et al*., 2008), o processo de ensino e aprendizagem desses pode ser facilitado por meio da vivência prática, correlacionando-se a prática e a teoria, a escola e a vida (Cachapuz, 2002). Entretanto, devido a limitações de infraestrutura e/ou indisponibilidade de tempo hábil, é fato que, em geral, há um número reduzido ou ausência de práticas experimentais no EM. Assim sendo, o estudo relacionado às Leis da Termodinâmica e, mais especificamente da termoquímica, normalmente restringe-se apenas à teoria e clássica determinação de valores de entalpia de reações ou variação de entalpia associada a processos de dissolução com base no exercício de cálculos teóricos (Braathen *et al*., 2008).

Conforme consta nos PCNs, cabe ao professor desenvolver, em sua prática didático-pedagógica, um ensino que torne o aluno capaz de relacionar informações e integrar conhecimentos como "forma de compreender a complexidade do mundo" (Brasil, 2002a, p. 16), propiciando a articulação entre a vivência e a escola, traduzindo-se na prática por um trabalho escolar coletivo e solidário. Nesse sentido, um trabalho pedagógico-científico de cooperação integrada no intercâmbio de experiências entre instituições de ensino (Universidade e Escola) pode ocorrer mediante a interação e o empenho coletivo em busca de objetivos comuns, através de atividades apoiadas em projetos de estudo, pesquisa e ação.

Nesse contexto, entendendo a "importância de possibilitar espaços para os estudantes fazerem uso da linguagem química em diferentes situações num processo orientado pelo professor" (Wenzel e Maldaner, 2014, p. 319) e, considerando que a elaboração de práticas palpáveis e contextualizadas configura-se uma boa alternativa para conduzir a aquisição e assimilação de conhecimentos em Físico-Química, como estratégia inicial visou-se oferecer a um aluno do EM um espaço-tempo para a experimentação investigativa nos laboratórios de Química e Física da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)/*Campus* Cerro Largo – RS, mediada pela prática da leitura e escrita. Em uma ação conjunta entre professores e estudante, visando-se simultaneamente a formação continuada dos professores envolvidos e a Educação Científica do sujeito estudante, planejou-se e desenvolveu-se conexões entre conceitos envolvendo a estrutura e propriedades da matéria e energia, mediante a integração entre leitura, escrita e experimentação científicas.

Nossos Objetivos

Levando-se em consideração que por meio da vivência educacional pode-se observar a relação teoria-prática com uma visão construtivista para o ensino e aprendizagem da Físico-Química, a concepção e organização do projeto científico-pedagógico, do qual resulta este artigo, foram orientadas pelo propósito fundamental e inicial de disponibilização do espaço científico universitário para tornar a prática da leitura, escrita e experimentação científicas um momento pedagógico rotineiro na formação escolar da aluna do nível médio de escolarização e, também, pelo consequente incentivo à divulgação dessas atividades entre os seus pares,

de modo a gerar interesse e fomentá-las (salientamos que uma oficina foi organizada e desenvolvida para incluir a participação e troca de experiências entre demais estudantes do EM voluntários). Para concretizar esses propósitos, direcionamos esforços para construir um conjunto inovador de ações científicas participativas voltadas à qualificação do desenvolvimento humano visando à interação proativa entre a Instituição de Ensino Superior (IES), a escola e a sociedade, em prol de um trabalho coletivo que possa vir a colaborar para o enfrentamento resolutivo de problemáticas da realidade educacional brasileira e ir ao encontro do Projeto Pedagógico Institucional da Universidade que tem como um de seus princípios norteadores a democracia e a autonomia com a garantia de espaços de participação dos diferentes sujeitos sociais.

Sendo assim, o desenvolvimento do projeto científico-pedagógico envolveu de forma direta a participação ativa dos professores de nível superior orientadores (professores pesquisadores – PPs) e da pesquisadora iniciante – PI e, de maneira indireta, demais colegas (tanto professores quanto estudantes), tendo sido construído com base na promoção do intercâmbio de experiências formativas entre os PPs (como instrumento para uma formação continuada) e PI (para uma Educação Científica).

Especificamente, o processo de inserção da aluna do EM como PI ao trabalho científico consistiu em ir além do que os livros didáticos abordam, de modo a desenvolver também habilidades como concentração, organização, interação, cooperação e interpretação de dados científicos, históricos e experimentais para uma Educação Científica. Ao divulgar este artigo e expor o nosso engajamento, buscamos uma forma de mobilizar, fomentar e multiplicar ações dessa natureza.

[...] o processo de inserção da aluna do EM como PI ao trabalho científico consistiu em ir além do que os livros didáticos abordam, de modo a desenvolver também habilidades como concentração, organização, interação, cooperação e interpretação de dados científicos, históricos e experimentais para uma Educação Científica. Ao divulgar este artigo e expor o nosso engajamento, buscamos uma forma de mobilizar, fomentar e multiplicar ações dessa natureza.

Também, com a divulgação do presente relato, temos por intenção tornar público as nossas experiências e difundir novas propostas para o ensino da Termodinâmica sob uma perspectiva histórico-experimental, favorecendo e fortalecendo a construção e socialização de conhecimentos conceituais e procedimentais científicos.

Percurso Metodológico

Primeiramente convidou-se a aluna do 2º ano do EM de uma escola estadual pública a desenvolver as atividades de Iniciação de Pesquisa Científica previstas em um projeto científico-pedagógico fomentado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PRO-ICT/UFFS) para o EM e PIBIC-EM/CNPq/2017-2018. Esta foi a primeira vez que a estudante participou de um projeto de Iniciação Científica e, de acordo com questionário que antecedeu o início das atividades do projeto, suas fontes usuais para pesquisa escolar eram o livro didático e revistas on-line de caráter informativo geral. Para a inserção dessa estudante não gradua(n)da ao ambiente universitário e ao trabalho científico, foi desenvolvido um conjunto de ações participativas que visaram contribuir para a promoção, a atualização, o aprimoramento, a produção e difusão do conhecimento científico. Como estratégias para tornar o processo de ensino e aprendizagem dos fundamentos físico-químicos da Termodinâmica significativo e atrativo, procedeu-se a evolução no desenvolvimento das atividades científicas – análises reflexivas de Artigos de Divulgação Científica (ADC) e experimentação nos laboratórios de Química e Física da UFFS/*Campus* Cerro Largo-RS, mediadas por materiais didáticos e ferramentas de pesquisa on-line – organizadas conforme os 05 módulos didáticos descritos no Quadro 1.

A dinâmica envolveu a leitura e análise dos ADC (A1-A14), tendo por objetivos: *i*) promoção de um processo de ensino e aprendizagem crítico, contextualizado e interdisciplinar; *ii*) familiarização com a literatura científica e leitura crítica; *iii*) abordagem a metodologias de ensino e aprendizagem de Química/Ciências; *iv*) aperfeiçoamento de habilidades de comunicação oral e escrita em linguagem científica. Salientamos que, sendo vasta a literatura científica qualificada que trata do referencial teórico em torno da nossa proposta de estudo, foram selecionados os ADC dispostos no Quadro 1 (A1-A14) por tais ADC adequarem-se ao pertinente contexto em que intencionamos basear nossas ações, estarem disponíveis em versão on-line de fácil acesso gratuito e estruturados na língua portuguesa. Além desses, outros ADC também complementaram o estudo dirigido. No Quadro 2, destacam-se aspectos importantes das diretrizes consideradas para a leitura e elaboração das ações frente aos ADC.

Assim, com a intenção de aperfeiçoar o conhecimento pré-existente da PI em formação, foram elaboradas e desenvolvidas atividades visando aliar o entendimento da teoria com a experimentação. As ações tiveram por base a pesquisa investigativa mediada pela análise de ADC e procedimentos científicos centrados em situações de caráter concreto e ilustrativo, permitindo efetivamente à PI manipular, observar, colher informações, (re)formular hipóteses, concluir e (re)construir o conhecimento teórico-experimental com sólida base científica, proporcionando o aprofundamento no estudo termodinâmico da matéria e suas transformações físico-químicas.

Quanto aos procedimentos metodológicos, preconizados nos Quadros 1 e 2 , o projeto foi estruturado e desenvolvido com base nos 05 módulos didáticos alicerçados nos três momentos pedagógicos (Delizoicov e Angotti, 1991), a saber:

Quadro 1: Módulos didáticos: títulos dos ADC, conteúdos e/ou atividades experimentais correlacionadas

Módulo 1 – Familiarização inicial com a literatura científica: leituras e análises reflexivas de ADC. **Problematização** – Exploração de ferramentas de busca/pesquisa, leitura, produção e publicação de artigos científicos. *O que é um artigo científico? Quais as seções de um artigo científico? O que é a Físico-Química e onde ela está no currículo escolar?*
Artigo 1 (A1): "*Artigos científicos como recurso didático no ensino superior de química*" (Massi *et al.*, 2009). Artigo 2 (A2): "*Uso de artigos científicos em uma disciplina de Físico-Química*" (Santos *et al.*, 2006). Artigo 3 (A3): "*Sobrevivência humana – Um caminho para o desenvolvimento do conteúdo químico no Ensino Médio*" (Pitombo e Lisbôa, 2001).
Módulo 2 – Conhecendo o laboratório: explorando o espaço, equipamentos e vidrarias. **Problematização** – *Será que 10 mL são 10 mL? Será que 40 mL são 40 mL?*
Artigo 4 (A4): "*As ferramentas do químico*" (Chagas, 1997). Artigo 5 (A5): "*Explorando a Química na determinação do teor alcoólico na gasolina*" (Dazzani *et al.*, 2003). Atividades experimentais correlacionadas: (Re)conhecimento das regras de segurança; Material básico de laboratório: Correlação entre material, sua respectiva utilização e manuseio adequado; Diferença entre exatidão e precisão; Unidades de medida: Técnicas de medidas e tratamento de dados experimentais.
Módulo 3 – Compreendendo a matéria: pesquisa investigativa de propriedades Físico-Químicas intrínsecas da matéria. **Problematização** – *Qual a definição de densidade e viscosidade? Há uma relação entre elas? Em caso afirmativo, como elas estão relacionadas?*
Artigo 6 (A6): "*De massas e massas atômicas*" (Campos e Silva, 2004). Artigo 7 (A7): "*Reflexões sobre o que se ensina e o que se aprende sobre densidade a partir da escolarização*" (Rossi *et al.*, 2008). Artigo 8 (A8): "*Uma experiência didática sobre viscosidade e densidade*" (Vaz *et al.*, 2012). Artigo 9 (A9): "*Experimentos sobre raio atômico e qualidade de detergentes*" (Simoni e Tubino, 1999). Atividades experimentais correlacionadas.
Módulo 4 – Associando Química, energia e matéria. **Problematização** – *O que é energia? O que é matéria? Como elas estão relacionadas?*
Artigo 10 (A10): "*A energia e a química*" (Oliveira e Santos, 1998). Artigo 11 (A11): "*Utilizando uma luminária do tipo "lava-luz" para o ensino de densidade, dilatação térmica e transformações de energia*" (Farias, 2004). Atividades experimentais correlacionadas.
Módulo 5 – Fundamentos históricos e experimentais da Termodinâmica: explorando fenômenos físico-químicos. **Problematização** – *É possível determinar se um sistema material, como, por exemplo, um novo combustível, na presença de faísca em um motor poderá ou não reagir e predizer a sua eficiência? De que forma isso é possível?*
Artigo 12 (A12): "*Quanto mais quente melhor: Calor e temperatura no ensino de termoquímica*" (Mortimer e Amaral, 1998). Artigo 13 (A13): "*Processos endotérmicos e exotérmicos: Uma visão atômico-molecular*" (Barros, 2009). Artigo 14 (A14): "*Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio: Uma experiência simples de calorimetria com material de baixo custo e fácil aquisição*" (Braathen *et al.*, 2008). Atividades experimentais correlacionadas.

i) 1º momento: diálogos e questionários iniciais nortearam a investigação e levantamento dos conhecimentos prévios da PI, permitindo aos PPs reflexões contínuas sob um olhar para o nível médio de escolarização; *ii*) 2º momento: análises reflexivas de ADC e experimentações investigativas, conduziram à aplicação do conhecimento – apoiada em análises e interpretações de resultados experimentais na forma de dados teóricos, matemáticos, tabelas e gráficos; *iii*) 3º momento: após a execução de cada etapa dos módulos didáticos, avaliou-se a assimilação do conhecimento, levantando-se as dificuldades apresentadas na etapa anterior (sem a intervenção) e posterior (após a ação), com o objetivo de constatar as contribuições das ações desenvolvidas. A avaliação da metodologia desenvolvida, mediada por questionários finais, permitiu a recapitulação e sistematização do conhecimento (Figura 1).

Foram realizadas reflexões tanto pré- quanto pós-prática para comparar e aprimorar conhecimentos, contribuindo para o exercício de habilidades e construção dos saberes e fazeres científicos, estimulando a iniciativa, participação e a contínua produção mental, de modo a contribuir para a construção de oportunidades que permitiram à PI atuar e refletir constantemente sobre os fundamentos experimentais e históricos da Termodinâmica, incluindo-a no processo de elaboração de diversas atividades dinâmicas e permitindo reflexões sobre o seu próprio papel social.

Resultados e Discussão

A assimilação de conhecimentos científicos e compreensão acerca da química, mais especificamente aos assuntos relacionados à termoquímica, são de suma importância visto que essa área da Ciência é responsável pelo estudo da matéria e suas transformações envolvendo as transformações de energia associadas às reações químicas e às mudanças de estados físicos, baseando-se em princípios da Termodinâmica.

Quadro 2: Diretrizes gerais para a leitura e análise dos ADC

A seguir, destacam-se aspectos importantes que devem ser considerados para a leitura, elaboração e desenvolvimento das ações mediadas pelos ADC a serem analisados ao longo dos encontros:

a) Fazer a leitura e análise crítico-reflexiva do ADC.

b) Fazer os registros em caderno ata: destacar todas as palavras/expressões cujo significado ainda não é conhecido, anotar as palavras/expressões grifadas, pesquisar e descrevê-las; selecionar os materiais e as técnicas químicas mencionadas no ADC e explicitar as suas funções e princípios; apresentar uma análise dos principais gráficos, tabelas e figuras existentes no ADC, ressaltando a sua importância para o entendimento do trabalho.

c) Analisar e responder aos levantamentos gerais: *1. O que chamou a sua atenção? 2. Por que a pesquisa descrita no ADC foi realizada? 3. Qual a sua importância, possíveis aplicações e quais benefícios pode trazer para o ensino e/ou sociedade em geral? 4. A quais conclusões chegaram os autores com base nos dados apresentados no ADC? 5. Qual a opinião pessoal em relação ao ADC?*

d) Redigir uma resenha avaliativa do ADC, contendo destaque aos aspectos analisados e relevantes: objetivos, materiais, metodologia, conteúdos abordados e conclusões dos autores, bem como, aspectos positivos e/ou negativos segundo opinião pessoal.

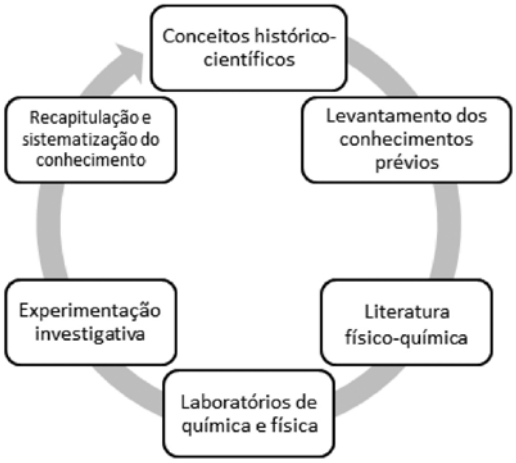


Figura 1: Ilustração esquemática organizacional das ações do projeto científico-pedagógico.

Desse modo, avaliamos um conjunto de ações como forma de promover a inserção da aluna não-gradua(n)da nos laboratórios de Química e Física, com a intenção de aproximar a ciência escolar e a ciência acadêmica para uma construção sólida dos seus conhecimentos, mediante uma proposta para o ensino da Termodinâmica sob uma perspectiva histórico-experimental. Foi promovida a articulação entre literatura e experimentação científicas para o desenvolvimento de conexões entre conceitos envolvendo a Termodinâmica com situações reais do cotidiano.

No decorrer da escrita que se segue, sintetizamos os destaques dos principais aspectos que contribuem e podem chamar atenção e serem abordados em diálogo com um estudante do nível médio de escolarização e, nos Quadros 3-7, apresentamos os olhares da PI à luz da leitura dos respectivos ADC.

A Experimentação e o Uso de ADC em Ambiente de Estudo: Relatos dos Autores

Destacamos que o Módulo 1 – Familiarização inicial com a literatura científica: leituras e análises reflexivas – A1, A2 e A3 (Quadros 1 e 3) contempla textos de divulgação científica de linguagem fácil/acessível e apresenta grande potencialidade em fomentar abordagens a diversos novos conhecimentos a um PI do nível médio e suscitar importantes reflexões e diálogos acerca de aspectos relacionados à familiarização com a leitura/literatura científica primária (localização, reconhecimento de características, leitura crítica e compreensão). Além do contido no Quadro 3, destacamos: *i*) significação e conhecimento da organização/seções de um ADC e a importância da literatura científica de maneira geral e, mais especificamente, a relevância na aplicação como recurso didático no ES em diferentes áreas da Química, uma vez que este é o foco dos ADC (A1 e A2); *ii*) identificação e exercício de buscas em fontes de informações relevantes para a pesquisa científica, uma vez que o artigo A1 cita diversas fontes/ferramentas para pesquisas bibliográficas como: *Chemical Abstracts* (CA), *Web of Science*, *Scifinder Scholar* e *Currículo Lattes*; *iii*) conhecimento da existência de uma variedade de periódicos destinados à divulgação de pesquisas científicas, uma vez que os autores do A1 descrevem iniciativas sobre a utilização de ADC no ES de Química publicizados nas revistas *Journal of Chemical Education*, *Journal of College Science Teaching*, *Education in Chemistry* e *Química Nova*, e os autores do A2 citam os periódicos *Science Education*, *Journal of Reserach in Science Teaching* e *Journal of the American Chemical Society*, além desse conhecimento adquirido a partir das informações contidas nas próprias referências dos referidos artigos (A1, A2 e A3); *iv*) esclarecimentos quanto ao significado da representação dos números sobrescritos no texto (fazendo menção a notas informativas ou citações bibliográficas, conforme as normas da revista).

Ainda, especificamente ao A1 salienta-se que o mesmo levou ao conhecimento da existência de normas para a EB, com base nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), que orientam os planejamentos curriculares das escolas e sistemas de ensino, por parte da PI, conforme ressalta o comentário "*pensava que os professores tinham autonomia e decidiam o que queriam dar em suas aulas*" – *PI*. Além disso, nesse momento inicial pode-se aproveitar para fomentar a discussão sobre diversas questões importantes acerca da escrita científica, como por exemplo o plágio e ressaltar a importância do rigor no uso correto de se referenciar devidamente a respectiva autoria das citações (direta e indireta).

De maneira geral, ressaltamos que os artigos analisados (A4 e A5) e as atividades experimentais empreendidas com base no Módulo 2 (Conhecendo o laboratório: explorando

Quadro 3: Análises e contribuições das leituras dos ADC do Módulo 1 sob o olhar de um estudante do nível médio de escolarização

A1: "Artigos científicos como recurso didático no ensino superior de química" (Massi *et al.*, 2009)
(PI) – "*O principal objetivo deste artigo é apresentar algumas situações em que foi feito o uso de artigos científicos em sala de aula. A pesquisa foi feita pelo motivo dos autores terem observado que os professores das disciplinas de Química, no nível superior, favorecem o desenvolvimento de habilidades quantitativas e esquecem as habilidades qualitativas, o que prejudica o aluno, pois para ser um bom profissional, é preciso ter desenvolvido ambas as habilidades no decorrer do seu percurso acadêmico. Chegou-se à conclusão de que o emprego dos artigos realmente ajuda no desenvolvimento das habilidades relacionadas à fala e escrita científica, por isso a importância deste artigo, para incentivar a utilização de artigos científicos em sala de aula e servir como exemplo para novas práticas. Este artigo é muito bom para quem está começando a se familiarizar com a leitura científica, principalmente para alunos do ensino médio, pois este (artigo) é de fácil entendimento, a linguagem é formal, porém simples e o modo como o texto é escrito, prende a atenção do leitor, então a leitura não se torna maçante. Algo que chama atenção são alguns termos científicos, novos para um aluno de 2º ano do ensino médio, como por exemplo, o que é uma síntese de uma substância, um auxiliar quiral e substâncias organometálicas. Não apresenta termos muito complexos, e quando apresenta é fácil encontrar sua definição, além do que durante a pesquisa destes, é possível ter um conhecimento a mais, a partir de termos que não continha no artigo, um exemplo disso é aprender o que é um "hidrocarboneto", termo encontrado durante a conceituação do termo "substituintes". Além disso, a facilidade de compreensão do texto, graças a sua linguagem, surpreende muito.*"
A2: "Uso de artigos científicos em uma disciplina de Físico-Química" (Santos *et al.*, 2006)
(PI) – "*Este artigo traz em seu conteúdo uma proposta de inserção de artigos científicos em uma aula de físico-química. O trabalho foi realizado, pois foi notado o descaso com desenvolvimento da leitura e escrita científica. Com o término da pesquisa foi possível observar que os resultados foram positivos, os alunos demonstraram melhoras nas capacidades qualitativas. A leitura deste artigo é extremamente importante para professores que desejam promover um projeto neste sentido (utilização de artigos científicos em aula), já que o trabalho apresenta sugestões de como deixar o mesmo mais produtivo. A perceptível semelhança deste artigo com o "Artigos Científicos como Recurso Didático no Ensino Superior de Química" de Massi, se dá ao fato de que este serviu como referência para a construção do (artigo) de Massi. Algo que se destaca nesta pesquisa é a utilização de textos em língua inglesa, o que faz lembrar a grande importância de ter conhecimento de outras línguas, principalmente o inglês, considerado a principal língua falada no mundo, outra coisa é o fato do projeto ser opcional, pois, para um estudante do ensino médio, o aluno ter esse poder de escolha, é algo diferente, já que isso raramente acontece nas escolas. Alguns novos termos foram encontrados, alguns mais simples como anéis (aromaticidade – citada por um aluno), outros mais complicados como espectroscopia. Comparado com o primeiro artigo lido (Artigos Científicos como Recurso Didático no Ensino Superior de Química) este era um pouco mais formal, porém foi possível entendê-lo com mais facilidade, além deste ser mais detalhado em relação ao modo como foi realizada a pesquisa, no entanto é difícil ter pleno entendimento de uma das expressões encontradas, esta chamada "síntese de prostaglandinas", que além de não apresentar nenhuma referência, a não ser um nome, não há nenhum motivo visível para a utilização desta exata expressão, apesar disto, este artigo é interessante, pois dá maior ênfase aos depoimentos dos alunos, o que é algo importante, pois os pesquisadores destes artigos desejam aumentar a capacidade de escrita e leitura científica dos alunos, então saber como foi o processo de aprendizagem dos mesmos, do ponto de vista destes, é algo significativo.*"
A3: "Sobrevivência humana – Um caminho para o desenvolvimento do conteúdo químico no Ensino Médio" (Pitombo e Lisbôa, 2001)
(PI) – "*O objetivo do artigo é apresentar conceitos da química, trabalhos no ensino médio, e ligá-los à vista do estudante por meio do ambiente em que este vive, assim facilitando a aprendizagem do aluno, já que ele irá, automaticamente, associar a química com a natureza, tornando-a (química) mais acessível. A pesquisa traz diversas substâncias, além de dizer para o que elas servem e onde são encontrados (atmosfera, hidrosfera, litosfera ou biosfera), sendo assim, o artigo pode ser de grande ajuda para professores que desejam ter uma aula mais dinâmica e divertida. Um aspecto interessante do artigo é que há trechos voltados à preservação do meio ambiente, o que é importante já que esse assunto, normalmente, só é trazido à tona em momentos específicos (Dia do meio ambiente, Dia da água,...), outro ponto é o quão amplo é o artigo, abrangendo várias disciplinas, o que faz relembrar alguns conceitos antigos tanto em química, óxidos, por exemplo, quanto em outras disciplinas, como algumas rochas em geografia. Porém na amplitude tornou-o um pouco confuso, pois, às vezes, se tem a impressão que o autor não finaliza seu pensamento e já inicia outro, além disso, os conteúdos que são estudados nos três anos do ensino médio estão misturados, o pesquisador poderia ter separado-os, isso facilitaria para os professores encontrar o que eles procuram, mas apesar disso, o artigo transmite muito conhecimento, além de que faz refletir sobre assuntos como "Por que os seres humanos evoluíram dessa forma? Como?" ou "Por que outros animais não evoluíram assim também?", e a forma de ensinar química utilizando o que existe ao redor do aluno realmente funciona e torna, não só a química, mas como várias outras disciplinas mais agradáveis.*"

o espaço, equipamentos e vidrarias) (Quadros 1 e 4) favoreceram: *i*) a capacitação da PI ao manuseio correto e seguro de diferentes instrumentos e materiais utilizados corriqueiramente nos laboratórios de química; *ii*) estímulo à curiosidade e busca pelos preços dos materiais com a intenção de verificar possibilidades de aquisição junto à escola; *iii*) o desenvolvimento de habilidades em realizar operações de conversão de unidades físicas e químicas entre os diversos sistemas de unidades em uso na atualidade; *iv*) a exploração do conceito de matéria e, *v*) correlações entre a estrutura química molecular, interações intermoleculares e as propriedades físico-químicas da matéria.

Os artigos analisados (A6, A7, A8 e A9) e as atividades experimentais empreendidas com base no Módulo

Quadro 4: Análises e contribuições das leituras dos ADC do Módulo 2 sob o olhar de um estudante do nível médio de escolarização

A4: "As ferramentas do químico" (Chagas, 1997)
(PI) – "*Assim como o nome propõe, a pesquisa traz em seu conteúdo um diálogo sobre as principais ferramentas do químico, a teoria e a prática, sendo exposta a necessidade de ressaltar a importância da inter-relação entre elas, fazendo o autor deduzir que alguém que não utiliza ambas "ferramentas", não pode ser considerado químico. Tal artigo deveria ser lido principalmente por estudantes de química licenciatura, já que muitos deles serão os próximos professores, então seria muito relevante para o estudo desta, tanto no ensino médio quanto no ensino fundamental, que os professores compreendessem a importância da relação teoria-prática. Durante a pesquisa o autor coloca vários conceitos fundamentais para a química, porém em um deles, a substância, ele sugere um artigo para a leitura, a pesquisa chamada "O mito da Substância" de Renato José de Oliveira, esta apresenta vários termos interessantes como "propriedades organolépticas", e a ideia de relação entre as moléculas, o artigo liga a química com a filosofia e a história, porém é um tanto confuso, o principal termo estudado, o substancialismo, é difícil de entender, sendo assim, a leitura desta pesquisa não seria muito relevante para o entendimento do primeiro (Ferramentas do Químico). Esta pesquisa apesar de ser pequena em relação ao tamanho, é gigante em relação ao conteúdo, a linguagem é simples, a leitura é de fácil entendimento, o conteúdo traz termos ligados fortemente com a química, como as propriedades da matéria, além de trazer um pouco sobre a história desta, com espectroscopia, então, como um todo, é um artigo muito interessante e divertido.*"
A5: "Explorando a Química na determinação do teor alcoólico na gasolina" (Dazzani *et al.*, 2003)
(PI) – "*Neste artigo a pesquisadora traz o experimento de determinação do teor de etanol na gasolina, destacando os conceitos da química que podem ser estudados, além de pautar a importância da avaliação da gasolina, pois a adulteração desta pode levar à problemas no carro. Sua criação se deu a partir da necessidade do autor de ampliar a potencialidade do experimento, que era utilizado apenas para o estudo de medidas de quantidades. Ao final da pesquisa o resultado foi positivo, sendo possível relacionar a prática às propriedades físicas e químicas (densidade, solubilidade, estrutura das moléculas) das substâncias envolvidas; além destas pode utilizá-la como um auxílio na aprendizagem sobre os hidrocarbonetos e a função orgânica álcool. A forma como a pesquisadora inicia o artigo é muito pertinente, pois ela traz um conhecimento geral sobre a gasolina, para então colocar seu real objetivo, o experimento. Além disso ela expõem os conceitos que podem ser estudados em cada fase deste, facilitando o encontro do conteúdo que o professor quer abordar, outra coisa é a autora já ter colocado questões para serem discutidas com os alunos. O artigo é de fácil entendimento, trazendo o assunto abordado de forma simples e bem explicado, o experimento tem uma grande importância didática, pois abrange vários conceitos da química, além de dar relevância ao controle de qualidade dos produtos que utilizamos, neste caso, a gasolina.*"

3 (Compreendendo a matéria: pesquisa investigativa de propriedades Físico-Químicas intrínsecas da matéria) (Quadros 1 e 5) favoreceram: *i*) explorações conceituais e procedimentais acerca da matéria e suas propriedades intrínsecas (densidade e viscosidade) e, *ii*) (re)conhecimento da ausência de relação quantitativa entre densidade e viscosidade (sendo fato que, corriqueiramente observa-se que estudantes, tanto do nível médio quanto acadêmico, atribuem erroneamente a existência de uma relação/dependência entre essas propriedades).

Os artigos analisados (A10 e A11) e as atividades experimentais empreendidas com base no Módulo 4 (Associando Química, energia e matéria) (Quadros 1 e 6) favoreceram: *i*) a caracterização termodinâmica de sistemas químicos e aplicação dos princípios da Termodinâmica na explicação de transformações termodinâmicas de sistemas químicos, fenômenos científicos e cotidianos; *ii*) assimilação conceitual e prática de processos exotérmicos e endotérmicos, com o aprofundamento dos conhecimentos sob o ponto de vista atômico-molecular; *iii*) observar que durante as reações químicas e as mudanças de estados físicos ocorrem variações de energia decorrentes de absorção (processo endotérmico) ou liberação (processo exotérmico) de calor; contextualizar essas variações de energia que ocorrem em inúmeras situações vivenciadas no cotidiano, por exemplo, no fogão, quando a água é aquecida e cozinham-se os alimentos; na câmara de combustão do motor de um carro; no fenômeno da fotossíntese; no metabolismo do organismo, entre outras, e, *iv*) o (re)conhecimento das relações conceituais de energia, bem como, das relações analíticas entre essas formas de energia – calor e trabalho – através dos princípios da Termodinâmica.

Os artigos analisados (A12, A13 e A14) e as atividades experimentais empreendidas com base no Módulo 5 (Fundamentos históricos e experimentais da Termodinâmica: explorando fenômenos físico-químicos) (Quadros 1 e 7) favoreceram: *i*) explorações conceituais e procedimentais acerca da matéria e suas propriedades intrínsecas; *ii*) a caracterização termodinâmica de sistemas químicos e aplicação dos princípios da Termodinâmica na explicação de transformações termodinâmicas de sistemas químicos, fenômenos científicos e cotidianos e, *iii*) o (re)conhecimento das relações conceituais de energia, bem como das relações analíticas entre essas formas de energia – calor e trabalho – através dos princípios da Termodinâmica.

O trabalho científico-pedagógico desenvolvido com base na articulação das leituras e análises reflexivas de ADC e experimentação, relacionando aspectos da Físico-Química, permitiu à PI uma desconstrução/uma ruptura com o tradicional e "tarefeiro" cotidiano escolar, descaracterizando o estudo dos conteúdos de Físico-Química baseado apenas na rotineira sala de aula. Este serviu de estratégia para problematizar e discutir conceitos e procedimentos científicos, bem como para inovar a abordagem de conteúdos que fazem parte do cotidiano, fornecendo à PI uma visão científica e

Quadro 5: Análises e contribuições das leituras dos ADC do Módulo 3 sob o olhar de um estudante do nível médio de escolarização

A6: "De massas e massas atômicas" (Campos e Silva, 2004)
(PI) – "*A pesquisa traz em seu conteúdo dois experimentos que pautam a Lei de Proust. Ambos foram escolhidos com a intenção de ajudar estudantes do Ensino Médio a compreender a relação entre as leis ponderais e as propriedades do átomo. A primeira prática traz uma reação de combustão e tem o objetivo de provar a lei. O resultado desta foi satisfatório, com um pequeno desvio padrão. É interessante como essa prática utiliza materiais extremamente simples, sendo fácil de ser realizada. A partir dos resultados é possível reconhecer claramente como a lei atua, sendo essa prática de grande importância didática. O segundo é um experimento acessível que representa como as massas dos átomos comportam-se em uma reação. Novamente o experimento teve um resultado positivo. Esse utiliza algo muito comum no cotidiano das pessoas, principalmente estudantes, os clipes de papel, algo fácil de se encontrar, e é muito esclarecedor. Ambos experimentos se mostram relevantes para o aprendizado da Lei de Proust e sua relação com os princípios do modelo atômico de Dalton, sendo um valioso auxílio ao entendimento.*"
A7: "Reflexões sobre o que se ensina e o que se aprende sobre densidade a partir da escolarização" (Rossi *et al.*, 2008)
(PI) – "*Ao pesquisar a palavra "densidade" na internet aparecem diversos sites que contém sua definição, todos os que foram observados eram voltados para a fórmula matemática (aspecto quantitativo), deixando de lado os aspectos qualitativos, tal fato se repete nos livros didáticos de química, porém essa abordagem dificulta o processo de aprendizagem dos alunos sobre o conceito de densidade, pois o aluno não consegue associar a conceituação aos fenômenos do seu cotidiano; por tal motivo, as autoras decidiram fazer a pesquisa, essa que tem como objetivo explicitar algumas dificuldades apresentadas pelos alunos, descobertas a partir de questionários produzidos pelas pesquisadoras, respondidos por alunos do ensino médio de escolas públicas, privadas, técnicas e de escolas públicas de Educação de Jovens e Adultos, bem como apresentar maneiras de contorná-las (dificuldades). Com isso, ao final do artigo, as autoras colocam a contextualização como a melhor maneira de ensinar, abordando, também, situações do cotidiano para facilitar o entendimento de conceitos tanto da química, quanto de qualquer outra área do conhecimento. Dentre vários aspectos interessantes do artigo, o fato das pesquisadoras terem colocado métodos de abordagem para a melhor compreensão da definição de densidade chama atenção, pois demonstra que elas não estão apenas evidenciando as dificuldades, mas disponibilizando uma forma de aperfeiçoar o processo de ensino. Apesar do artigo ser extenso, sua leitura é agradável e simples, sendo a linguagem, objetiva e clara, grande contribuidora para isso. Por seu valor didático, o artigo deveria ser uma proposta de leitura para professores de química, tanto para os novos, quanto para os mais experientes.*"
A8: "Uma experiência didática sobre viscosidade e densidade" (Vaz *et al.*, 2012)
(PI) – "*O artigo tem como objetivo trazer um experimento sobre a densidade e viscosidade, pois foi notado pelo autor, a dificuldade de entendimento destas propriedades, a necessidade de ensinar estes conceitos de maneira mais dinâmica, para facilitar o aprendizado. Ao final do experimento o pesquisador obteve a confirmação de sua afirmação, que, na prática, a densidade não é diretamente proporcional à viscosidade disponibilizando para os professores uma discussão com os alunos sobre a explicação desse resultado. O interessante dos experimentos é que os materiais são comuns e os procedimentos simples, podendo ser realizados pelos próprios alunos. A forma como o autor traz os conceitos, explicando-o logo em seguida é algo muito conveniente, pois torna a leitura mais fácil e objetiva, ajudando na compreensão do experimento, este é simples e a aprendizagem que se tem com ele é extremamente esclarecedora, pois as propriedades são perceptíveis. O experimento e o artigo para os alunos tornariam a compreensão sobre a densidade e viscosidade muito mais rápida e eficiente, sendo possível ligar estes conceitos a outros, tornando tudo mais fácil de se entender.*"
A9: "Experimentos sobre raio atômico e qualidade de detergentes" (Simoni e Tubino, 1999)
(PI) – "*O raio atômico, como o próprio nome sugere, determina o raio de um átomo, podendo a partir dele descobrir o tamanho do átomo. O objetivo do artigo é trazer um experimento para determinar o raio atômico de metais, sem que seja necessário aparelhos sofisticados e que a medição seja segura. O motivo da elaboração da pesquisa foi a percepção da vontade de professores do ensino médio de usar o experimento, porém encontraram dificuldades relacionadas aos materiais utilizados. Ao final do artigo, foi explicitado um experimento simples, com materiais fáceis de encontrar, e com resultados válidos. Apesar da simplicidade do experimento e da linguagem, o conteúdo abordado é complexo, pois não se é comentado sobre "sólidos cristalinos" no ensino médio, as conceituações explicitadas na internet não são claras, e as explicações oferecidas na pesquisa são respaldadas na estrutura desses (sólidos cristalinos), dificultando a compreensão total do artigo, e consequentemente, o deixando confuso. A interdisciplinaridade entre a química, raio atômico, relações estequiométricas, e a matemática, conversão de medidas, geometria, é muito interessante, pois demonstra a conexão entre ambas, e como elas podem ser utilizadas para entender o mundo.*"

uma formação mais crítica, permitindo-lhe desenvolver o raciocínio químico, fazer uso da linguagem oral e escrita, opinar e relatar situações cotidianas. Essa integração, visando continuamente à construção de saberes diversos e à participação ativa da PI no processo de ensino e aprendizagem, possibilitou à PI apropriar-se de ferramentas para a compreensão de procedimentos científicos, de maneira a permitir efetivamente à PI (re)formular hipóteses e (re)construir seus conhecimentos, bem como o aperfeiçoamento de habilidades de comunicação oral e escrita em linguagem científica.

Salienta-se que, à luz do estudo dirigido com base nos Módulos 1-5, foi possível suscitar reflexões e dialogar sobre o fato de que, na Química, estamos interessados não somente na composição das substâncias e de suas alterações nas reações químicas, mas, sobretudo, sobre a sua organização e o seu estado energético. A forma mais frequente de variação de energia que acompanha as transformações físicas e reações químicas é o calor (energia térmica). Sendo assim, identificamos nos processos físicos e reações químicas as variações de energia que a eles estão associadas, as quais podem ser

Quadro 6: Análises e contribuições das leituras dos ADC do Módulo 4 sob o olhar de um estudante do nível médio de escolarização

A10: "A energia e a química" (Oliveira e Santos, 1998)
(PI) – "*Neste artigo, o autor traz a história da relação entre a energia e a química, desde os tempos mais antigos, com a Grécia Antiga e o mito do Fogo, até a época em que foi escrita a pesquisa, 1998. Sua intenção foi pautar a utilização do conceito de energia nos processos de troca de calor, além de criticar a forma como os livros de química tentam conceituar a energia química, deixando-a com um conceito pouco esclarecedor e que dificulta o aprendizado dos alunos. Ao concluir seu pensamento, o autor coloca a importância de questionar conhecimentos mais antigos, dizendo "não devemos tomá-las como peixes de aquário, que criamos e nunca cansamos de admirar" (DE OLIVEIRA, 1998, A energia e a química). O que chama atenção na pesquisa é a própria forma como o autor a escreveu, dando ênfase na história da química, e na importância da criação de questionamentos sobre novos e antigos conhecimentos, colocando isso não como algo vergonhoso, mas sim como algo que deve ser estimulado. Apesar do artigo ser extremamente didático, trazendo conceitos importantes para a química, e, no geral, ter uma linguagem mais simples, ele traz algumas sentenças mais avançadas em seu interior, como por exemplo, o princípio do aumento da entropia do universo, porém a pesquisa é muito boa, podendo ser utilizada para complementar o estudo da termoquímica no Ensino Médio.*"
A11: "Utilizando uma luminária do tipo "lava-luz" para o ensino de densidade, dilatação térmica e transformações de energia" (Farias, 2004)
(PI) – "*Quando um professor utiliza uma abordagem lúdica na sua aula é de um consentimento geral que o aprendizado se torna mais fácil, e é sobre isso que o artigo trata, a utilização de uma luminária do tipo "Lava-luz" para facilitar a compreensão de conteúdos básicos para o entendimento da química. A razão pelo qual o autor fez a pesquisa, foi a sua percepção da dificuldade do aluno para compreender fenômenos do dia-a-dia, pelo motivo da complexidade da conceituação apresentada pelo livro didático, que complica o aprendizado do estudante. A pesquisa poderia ser divulgada não apenas no curso de Química, mas em todos cursos de licenciatura, colocando-o como uma base para criação de novos experimentos/práticas nas mais diversas áreas do conhecimento. O autor coloca no corpo do artigo a explicação do funcionamento da luminária, a forma como ele explica os fenômenos observados é muito interessante, pois ele, de certa forma, conecta os conceitos, deixando seu entendimento mais concreto e objetivo. A leitura da pesquisa é agradável e fácil, graças à linguagem utilizada pelo autor, que mesmo tendo um cunho científico, ainda é simples, e o próprio corpo do texto é lúdico, facilitando, ainda mais, sua compreensão.*"

Quadro 7: Análises e contribuições das leituras dos artigos do Módulo 5 sob o olhar de um estudante do nível médio de escolarização

A12: "Quanto mais quente melhor: Calor e temperatura no ensino de termoquímica" (Mortimer e Amaral, 1998)
(PI) – "*Energia, calor e temperatura, são conceitos que utilizamos para entender a maioria dos fenômenos ligados à ciência e que usamos de maneira errônea no nosso dia-a-dia. Esta pesquisa tem como objetivo diferenciar as noções científicas das noções de senso comum através de experimentos simples que induzem o aluno a pensar sobre esses (conceitos). O que levou o autor a fazer essa pesquisa foi a percepção da dificuldade dos alunos em diferenciar e separar a concepção cotidiana da científica, o que depois dificulta o entendimento de conceitos mais avançados, sendo assim, a leitura deste artigo seria de suma importância para os alunos ao iniciarem o estudo da termoquímica, como uma forma de romper com o conhecimento de senso comum, podendo a pesquisa constar como uma sugestão nos livros didáticos de química do 2°ano do Ensino Médio. Para concluir, o autor, ressalta a importância de discutir com os alunos sobre os conceitos de calor e temperatura para que eles criem um alicerce para sustentar seus próximos conhecimentos. O artigo se mostra interessante ao colocar como a energia se relaciona a nossa vida, com a fotossíntese e com os problemas ambientais que o consumo exagerado de matéria-prima causa, além disso, o autor não coloca as concepções cotidianas de calor e temperatura como algo que deve ser esquecido, mas como algo importante para o nosso cotidiano. Essa pesquisa tem uma linguagem muito simples, o que ajuda a compreender os conceitos expostos, os experimentos sugeridos são muito fáceis de fazer e encontrar seus materiais, além de serem muito didáticos, ajudando a diferenciar os conjuntos de ideias cotidianas e científicas sobre energia, calor e temperatura.*"
A13: "Processos endotérmicos e exotérmicos: Uma visão atômico-molecular" (Barros, 2009)
(PI) – "*Durante o 2º ano de ensino médio se é muito comentado sobre processos de troca de calor, tanto em química quanto em física; este artigo foi produzido com o intuito de auxiliar na compreensão de aspectos macroscópicos e microscópicos (atômico-molecular), trazendo dois experimentos para ajudar a elucidar o conteúdo, pois foi notado a dificuldade dos alunos em entender assuntos relacionados à variações de temperatura em processos endotérmicos e exotérmicos e a energia interna das partículas. Ao fim da pesquisa, o autor constatou que as experiências expostas no artigo tiveram resultados positivos, ou seja, ajudou os alunos no estudo da termoquímica. A forma de construção do texto é interessante e prática, pois ele coloca uma breve explicação do conteúdo abordado antes de relacioná-lo com processos endotérmicos e exotérmicos, deixando a pesquisa mais clara; a linguagem utilizada contribui para o entendimento dessa (pesquisa), porém, o conteúdo abordado é complexo, já que aprofunda muito nos conceitos, demandando uma maior atenção e um prévio conhecimento sobre esses, tornando o artigo complexo. Porém, como foi dito antes, o autor soube utilizar a linguagem e o formato do texto ao seu favor, facilitando seu entendimento.*"

medidas no laboratório por técnicas de calorimetria, com o uso de um calorímetro, e que podem ser realizadas a partir de experiências simples com materiais de baixo custo e fácil aquisição (Braathen *et al*., 2008).

Percebe-se que a execução das ações do projeto, conforme aqui relatadas, foi capaz de promover um olhar qualificado aos constituintes da matéria como sendo sistemas complexos que envolvem interações (repulsão e atração),

saltos e decaimentos energéticos de elétrons, rearranjo eletrônico, entre outras alterações e, por isso, não permanecem imóveis como aparentam quando olhamos os materiais em repouso com o nosso limitado sistema ótico, mas, sim, em constante movimento por meio de vibrações contínuas. Em uma transformação química esse sistema dinâmico é alterado com formação de novas interações que vão constituir as estruturas de novas substâncias. Alterando-se o estado de movimento dos átomos, consequentemente, altera-se o seu estado energético. Pode-se dizer assim que em toda transformação química há redistribuição de energia em suas distintas manifestações (de interações – eletrostáticas, de ligação – potencial, térmica ou movimento – cinética) (Barros, 2009). Neste contexto, é possível demonstrar que a termoquímica, com base nas Leis da Termodinâmica, permite-nos o estudo termodinâmico da matéria e suas transformações envolvendo as trocas de calor e a compreensão do processo de obtenção de energia através das transformações físico-químicas.

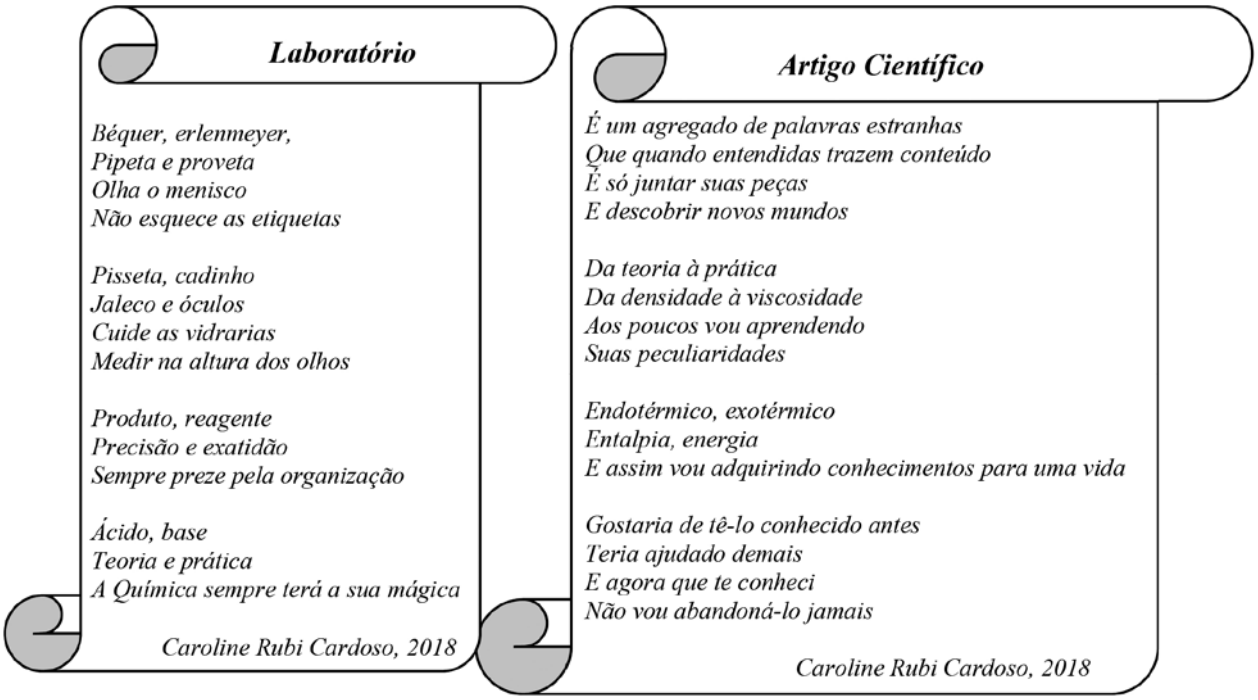
Em síntese, destacamos que as práticas científico-pedagógicas norteadoras das ações aqui descritas, explorando a leitura de ADC, escrita e experimentação científicas como recursos de incentivo para a motivação ao aprendizado de forma mais prazerosa e o oferecimento de um espaço-tempo que permitiu à PI manipular, observar, colher informações, formular hipóteses, reformular e (re)construir o conhecimento, onde foi permitido à PI opinar, relatar situações cotidianas e comparar metodologias científicas, serviu de valiosa ferramenta para problematizar e discutir os conceitos científicos e, também, inovar conteúdos que fazem parte do seu cotidiano, oferecendo-lhe novos instrumentos para uma formação mais crítica. Percebe-se que a escrita possibilitou à PI fazer uso da linguagem química e demostrou indícios de um maior entendimento químico.

Por fim, as linhas versadas nos poemas *Laboratório* e *Artigo Científico* (Figura 2) somam-se como mais uma evidência do sincero envolvimento da PI com o projeto científico-pedagógico.

Considerações Finais

A inserção de alunos do nível médio de escolarização ao ambiente científico universitário pode servir como uma ferramenta auxiliar valiosa para a própria formação continuada do professor pesquisador (orientador), na medida em que possibilita/favorece a prática de (re)pensar continuamente o processo de ensino e aprendizagem, com um olhar crítico-reflexivo em direção aos saberes docentes para o aprimoramento constante no processo de formação inicial de licenciandos. Nesse sentido, buscamos associar a pesquisa ao refinamento da ação docente como forma de enriquecimento da práxis formativa, articulando os processos de formação inicial e continuada dos professores para que possamos, durante o exercício da função, reconhecer e acolher a riqueza dos conhecimentos adquiridos culturalmente pelos alunos, enriquecendo os nossos próprios componentes curriculares.

Ao aproximar o aluno do EM ao trabalho científico utilizando os módulos didáticos aqui propostos, pôde-se favorecer o intercâmbio e a produção de novos conhecimentos, experiências pedagógicas e científicas inovadoras, tanto para o sujeito aluno (pesquisadora iniciante) quanto para os sujeitos orientadores (professores pesquisadores). Ao permitir que o aluno tenha acesso à Universidade e, mais especificamente, aos laboratórios de Química e Física, com acesso à participação do aluno em demais



Laboratório

Béquer, erlenmeyer,
Pipeta e proveta
Olha o menisco
Não esquece as etiquetas

Pisseta, cadinho
Jaleco e óculos
Cuide as vidrarias
Medir na altura dos olhos

Produto, reagente
Precisão e exatidão
Sempre preze pela organização

Ácido, base
Teoria e prática
A Química sempre terá a sua mágica

Caroline Rubi Cardoso, 2018

Artigo Científico

É um agregado de palavras estranhas
Que quando entendidas trazem conteúdo
É só juntar suas peças
E descobrir novos mundos

Da teoria à prática
Da densidade à viscosidade
Aos poucos vou aprendendo
Suas peculiaridades

Endotérmico, exotérmico
Entalpia, energia
E assim vou adquirindo conhecimentos para uma vida

Gostaria de tê-lo conhecido antes
Teria ajudado demais
E agora que te conheci
Não vou abandoná-lo jamais

Caroline Rubi Cardoso, 2018

Figura 2: Poemas *Laboratório* e *Artigo Científico* de autoria da PI.

ações universitárias como oficinas, seminários, defesas de Trabalhos de Conclusão de Curso e Semana Acadêmica do Curso de Química Licenciatura, entre outras, estamos favorecendo um maior interesse pelas Ciências, a construção e a socialização do conhecimento científico.

A abordagem histórico-experimental integrada aos conceitos "Energia e Matéria" facilita o desenvolvimento de uma visão interdisciplinar. Enquanto a história do desenvolvimento do conhecimento permite estabelecer a intrínseca curiosidade humana em qualquer tempo e associá-la aos problemas científico-tecnológicos de época, a experimentação, por sua vez, esclarece a necessidade do estabelecimento de uma linguagem padrão, universal, capaz de comunicar com precisão os anseios dos pesquisadores e significar seus resultados de maneira inequívoca e reprodutível. Ao integrar esta abordagem com os conceitos específicos de "Energia e Matéria" estabelece-se naturalmente a ligação entre as distintas formas de descrever os mesmos conceitos em cada área estabelecida do conhecimento. Assim, o entendimento do passado que gerou o presente fornece ferramentas para construir o futuro de acordo com os anseios do aprendiz.

Esta pesquisa-ação educativa, baseada na articulação entre análises reflexivas de ADC e a experimentação no processo de ensino e aprendizagem, possibilitou à PI apropriar-se de ferramentas para a compreensão de procedimentos científicos e aos PPs uma ferramenta para formação continuada, conforme destacamos a seguir.

Professores pesquisadores (PPs): "Como parte integrante do corpo docente de uma IES nosso papel nesta orientação foi norteado pela mediação interdisciplinar na construção do conhecimento científico da PI mediante o desenvolvimento de atividades didáticas que visaram fortalecer elos entre professor universitário em formação continuada – aluno do EM – pesquisa científica, através de ações pedagógicas inovadoras, criando possibilidades de estabelecer a inserção dos alunos do EM no contexto da pesquisa científica. Promovendo com isso, a aproximação da universidade e escola, do estudante ao laboratório, a produção de conhecimentos e de novas experiências pedagógicas. Colocamo-nos como alguém que, ao pensar o ensino espera construir novos saberes, estando em reflexão contínua sobre a prática docente, o processo de aprendizagem do estudante, bem como, do fazer pedagógico. No engajamento constante para a construção de propostas pedagógicas que visem o atendimento às demandas da sociedade atual, caracterizada pela velocidade de transformação e diversidades culturais, bem como, pela variedade de estilos de aprendizagem. Contribuindo para a formação de cidadãos com participação ativa na sociedade, com capacidade de tomar decisões críticas e conscientes. Afinal, precisamos de protagonistas e licenciandos conscientes e comprometidos com a transformação da realidade da Educação Básica e da nossa sociedade como um todo."

PI: "O projeto científico-pedagógico desenvolvido foi extremamente importante para mim, pois me trouxe novos desafios, sendo o meu primeiro contato com artigos científicos. A forma como esses foram conduzidos até mim me deixou muito curiosa e animada para procurar por mais, sendo hoje uma das principais ferramentas que utilizo na produção de trabalhos escolares. Participar da pesquisa me transformou, me fez ver o mundo com outros olhos, com "olhos científicos", fez surgir em mim uma grande vontade de descobrir e entender o mundo e as coisas.

Quando minha professora me indicou para a bolsa científica vi uma grande oportunidade surgindo a mim, não era apenas um modo de aprender coisas novas, mas também uma forma de me familiarizar com um ambiente científico. Além disso, acredito que o projeto me ajudará muito no futuro, tendo em vista que desejo trabalhar com pesquisa, sendo um ótimo início na área da investigação científica.

No começo, a leitura dos artigos era difícil, pois eu nunca havia tido contato com esses, era preciso muita análise para entendê-los, alguns termos científicos que apareciam eram desconhecidos para mim, fazendo com que eu me interessasse em pesquisar suas conceituações, e aprendesse sobre elas. Com o passar do tempo, a leitura se tornou mais fácil, tanto em razão da experiência que eu estava adquirindo, quanto pelo motivo de que as pesquisas eram mais objetivas e com um vocabulário mais simples.

A ida ao laboratório foi muito importante para mim, pois eu nunca havia entrado em um laboratório tão bem equipado, e raramente eu manipulava as vidrarias na escola, então foi algo extremamente divertido e didático, já que pude associar o aprendizado teórico dos artigos ao aprendizado prático no laboratório. Organizar a visita dos meus colegas e outros bolsistas do PIBIC ao laboratório foi um tanto desafiador, pois nunca havia feito algo parecido, porém o fato de eu buscar as explicações das experiências, que foram escolhidas por mim, fez com que eu aprendesse muito mais, me ajudando a pensar nas reações na forma atômico-molecular.

O projeto transformou-me não só como estudante, mas também como pessoa, me tornei mais focada na escola, comecei a me interessar muito mais em ciência, já que encontrei uma fonte que considero segura e agradável (artigos científicos), além disso, meu senso crítico amadureceu muito, hoje posso afirmar que a leitura e análise das pesquisas, fez com que eu criasse opiniões sólidas de determinadas situações, já que criei o hábito de analisar e pensar sobre as coisa no geral."

Em linhas gerais, apontamos que ações desta natureza têm como *i*) contribuições para docentes: a aproximação das teorias de conhecimento e dos programas de formação inicial e continuada de professores, o aperfeiçoamento no diálogo entre os sujeitos envolvidos e o refinamento do olhar e da atuação docente e, *ii*) contribuições gerais para alunos do nível médio de escolarização: a aproximação desses sujeitos da cultura científica, a descaracterização do estudo dos conteúdos de Físico-Química baseado apenas na rotineira sala de aula, a promoção e estímulo à produção autoral.

Nossas perspectivas e expectativas ao divulgar e tornar público o nosso trabalho é a de estimular novas iniciativas para a concepção e concretização de trabalhos desta natureza de forma a contribuir para ampliar o conhecimento científico, suscitar reflexões valiosas, permitir trocas cognitiva e socioculturais, para que se conquiste uma percepção e um olhar diferenciado para a área das Ciências, podendo servir de incentivo para despertar um maior interesse do aluno do Ensino Médio pelas aulas de Química/Ciências, possibilitar que o aluno deixe de ser mero espectador do ensino, mero receptor do conhecimento e que se torne agente transformador da realidade, bem como, motivá-lo a voltar suas atenções a essa área na escolha da futura profissão (*afinal, por que não?*).

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PRO-ICT/UFFS) para o Ensino Médio e PIBIC-EM/CNPq/2017-2018.

Rosália Andrighetto (rosalia.andrighetto@uffs.edu.br) é formada em Química Industrial e licenciada, mestre e doutora em Química pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atualmente é docente e coordenadora do Curso de Química Licenciatura na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Cerro Largo. Cerro Largo, RS – BR. **Caroline Rubi Cardoso** (carol.rubi15@gmail.com) atualmente é estudante do 3º ano do Ensino Médio na Escola Estadual de Educação Básica Eugênio Frantz. Cerro Largo, RS – BR. **Thiago de Cacio Luchese** (thiago.luchese@uffs.edu.br) é bacharel, mestre e doutor em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atualmente é docente na UFFS, campus Cerro Largo. Cerro Largo, RS – BR.

Referências

BARAN, M. e SOZBILIR, M. An application of context- and problem-based learning (C-PBL) into teaching thermodynamics. *Research in Science Education*, v. 48, p. 663-689, 2018.

BARROS, H. L. C. Processos endotérmicos e exotérmicos: uma visão atômico-molecular. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 241-245, 2009.

BRAATHEN, P. C.; LUSTOSA, A. A.; FONTES, A. C. e SEVERINO, K. G. Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio: uma experiência simples de calorimetria com material de baixo custo e fácil aquisição. *Química Nova na Escola*, n. 29, p. 42-45, 2008.

BRASIL. MEC/CNE. *Base nacional comum curricular (BNCC)*. Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br, acessado em Junho 2019.

_____. *PCN (ensino médio):* parte I – bases legais; Brasília: MEC, 2002a.

_____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ ensino médio:* orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002b.

CACHAPUZ, A. F. A universidade, a valorização do ensino e a formação dos seus docentes. In: SHIGUNOV NETO, A. e MACIEL, L. S. B. (Orgs.). *Reflexões sobre a formação de professores*. São Paulo: Papirus, 2002, p. 15-45.

CAMPOS, R. C. e SILVA, R. R. De massas a massas atômicas. *Química Nova na Escola*, n. 19, p. 8-10, 2004.

CHAGAS, A. P. As ferramentas do químico. *Química Nova na Escola*, n. 5, p. 18-20, 1997.

COCA, D. M. The influence of teaching methodologies in the learning of thermodynamics in secondary education. *Journal of Baltic Science Education*, v. 12, n. 1, p. 59-72, 2013.

DAZZANI, M.; CORREIA, P. R. M; OLIVEIRA, P. V. e MARCONDES, M. E. R. Explorando a química na determinação do teor de álcool na gasolina. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 42-45, 2003.

DELIZOICOV, D. e ANGOTTI, J. A. *Metodologia do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 1991.

FARIAS, R. B. Utilizando uma luminária do tipo "lava-luz" para o ensino de densidade, dilatação térmica e transformações de energia. *Química Nova na Escola*, n. 19, p. 43-45, 2004.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 43-49, 1999.

HÖTTECKE, D. Wow and what can we learn from replicating historical experiments? A case study. *Science & Education*, v. 9, p. 343-362, 2000.

KUNST, R. e WENZEL, J. S. A prática da leitura e da escrita no ensino de química. *Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino*, v. 2, p. 122-136, 2018.

LISBOA, J. C. F. *Química 1º ano:* ensino médio. 1ª ed. São Paulo: Edições SM, 2010, v. 1.

MASSI, L.; SANTOS, G. R.; FERREIRA, J. Q. e QUEIROZ, S. L. Artigos científicos como recurso didático no ensino superior de química. *Química Nova*, v. 32, n. 2, p. 503-510, 2009.

MORTIMER, E. F. e AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. *Química Nova na Escola*, n. 7, p. 30-34, 1998.

OLIVEIRA, R. J. e SANTOS, J. M. A energia e a química. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 19-21, 1998.

PITOMBO, L. R. M. e LISBÔA, J. C. F. Sobrevivência humana – um caminho para o desenvolvimento do conteúdo químico no ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 14, p. 31-35, 2001.

ROSSI, A. V.; MASSAROTTO, A. M.; GARCIA, F. B. T.; ANSELMO, G. R. T.; MARCO, I. L. G.; CURRALERO, I. C. B.; TERRA, J. e ZANINI, S. M. C. Reflexões sobre o que se ensina e o que se aprende sobre densidade a partir da escolarização. *Química Nova na Escola*, n. 30, p. 55-59, 2008.

SANTOS, G. R.; SÁ, L. P. e QUEIROZ, S. L. Uso de artigos científicos em uma disciplina de físico-química. *Química Nova*, v. 29, n. 5, p. 1121-1128, 2006.

SCHWARCZ, J. *Barbies, bambolês e bolas de bilhar.* Rio de Janeiro: Ed. Jorge Zahar, 2009.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. e TUNES, E. *Ensino de química em foco:* experimentar sem medo de errar. Ijuí: Unijuí Editora, 2010.

SIMONI, J. A. e TUBINO, M. Experimentos sobre raio atômico e qualidade de detergentes. *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 41-43, 1999.

VAZ, E. L. S.; ACCIARI, H. A.; ASSIS, A. e CODARO, E. N. Uma experiência didática sobre viscosidade e densidade. *Química Nova na Escola*, n. 34, p. 155-158, 2012.

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

WENZEL, J. S. e MALDANER, O. A prática da escrita e da

reescrita orientada no processo de significação conceitual em aulas de química. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências,* v. 18, n. 2, p. 129-146, 2016.

_____ e _____. A prática da escrita e reescrita em aulas de química como potencializadora do aprender química. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 4, p. 314-320, 2014.

Abstract: *The Formative Experience of a High School Student in the University Environment: Views about Chemistry and Scientific Research.* This paper results from the execution of a scientific-pedagogical university project that enabled a differentiated scientific education to a high school student. The verified existence of a lack of scientific background among the beginner university students motivated the focus of the dynamic action carried out, namely, to stimulate and to strengthen the scientific education already at the high school. The reserve of space and time for reflective critical reading of scientific divulgation articles as well as for the accomplishment of experiments in laboratories of Physics and Chemistry have surprisingly leveraged the autonomy and the enjoyment for the student's scientific knowing and making. The profound formative effects of this experience, both on the high school student and on the university teachers, aid and incite the realization of similar practices to make feasible the significant learning and the enjoyment for science along the high school course.
Keywords: education scientific, physicochemistry, theory-practice, thermodynamics

Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Química – BTDEQ

O Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Química (BTDEQ) foi recentemente atualizado e está disponível em: (http://www.btdeq.ufscar.br/). Esta página é o resultado de um levantamento de teses e dissertações sobre Educação em Química defendidas no Brasil. Trata-se do produto de uma pesquisa do tipo estado da arte que procura identificar tal produção e suas características. Inicialmente foi feito um levantamento junto ao Centro de Documentação em Ensino de Ciências (CEDOC) da Faculdade de Educação da UNICAMP e ao Banco de Teses da CAPES disponível na Internet. Na ocasião apresentamos um trabalho no XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ) que menciona a implantação do Banco e faz uma análise preliminar da produção com um total de 428 trabalhos, sendo 373 dissertações de Mestrado e 55 teses de doutorado (Matiello e Bretones, 2010). Visando atualizar o Banco, mais recentemente, com a colaboração dos alunos da disciplina Pesquisa Educacional em Química, do curso de Licenciatura em Química da UFSCar, das turmas de 2016 e 2017, foi feito um levantamento junto ao Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Mais especificamente com a colaboração e o empenho da aluna Ana Lúcia de Oliveira Silva, também do curso de Licenciatura em Química da UFSCar, o banco foi atualizado, mostrando um total de 846 trabalhos – sendo 680 dissertações de Mestrado e 166 teses de doutorado.

Dessa forma, está disponível uma relação desses trabalhos contendo os seguintes aspectos: ano da defesa, autor, instituição, grau de titulação acadêmica, título e orientador. Além disso, são disponibilizados os resumos dos trabalhos, bem como as referências bibliográficas. Os sistemas de busca permitem busca de termos ou palavras no *site*; a Lista Geral permite realizar buscas por: Ano, Autor, Instituição, Tipo ou Título. Também são apresentadas estatísticas sobre números de Teses e Dissertações; Distribuição Anual de Teses e Dissertações; Distribuição de Teses e Dissertações por Região; Distribuição de Teses e Dissertações por Unidade Federativa do Brasil.

Além disso, pretendemos disponibilizar para *download* os arquivos PDFs dos trabalhos por meio dos *links* localizados na Internet. Caso os autores nos enviem o PDF do trabalho, e preencham a autorização disponível no *site*, podemos disponibilizar diretamente o acesso ao trabalho.

Nossa intenção é disponibilizar esse material de maneira dinâmica. Assim, solicitamos a colaboração dos autores, orientadores, programas de pós-graduação e demais interessados da comunidade de Ensino de Química que nos enviem informações sobre teses e dissertações que porventura não estejam mencionadas no site para o *e-mail*: bretones@ufscar.br.

Visando colaborar com a divulgação ampla da produção acadêmica na área em nosso país, este levantamento também tem o objetivo de conhecer as principais tendências, bem como sinalizar necessidades a serem supridas em pesquisas futuras.

Referência

MATIELLO, J. R. e BRETONES, P. S. Teses e dissertações sobre o ensino de química no Brasil: análises preliminares. In: *Atas do XV Encontro Nacional de Ensino de Química*. Brasília, DF, 2010. Disponível em http://www.sbq.org.br/eneq/xv/resumos/R0282-2.pdf, acessado em Jun 2019.

Bancos de Teses

Centro de Documentação em Ensino de Ciências (CEDOC) da UNICAMP
http://www.fe.unicamp.br/cedoc

Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES
http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/

Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)
http://bdtd.ibict.br/

Termo de autorização
http://www.btdeq.ufscar.br/arquivos/termo-de-autorizacao.doc

Paulo S. Bretones
(Departamento de Metodologia de Ensino/UFSCar)

 http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160160

Letramento Gráfico: Perspectivas Presentes nos PCNEM e Ações no Ensino de Química

Graphical Literacy: Perspectives Found in *PCNEM* and Actions in Chemistry Teaching

Mikeas S. de Lima e Salete L. Queiroz

Resumo: O conceito de letramento gráfico (LG) se constitui como o conhecimento para lidar com os modos de comunicação visual. No contexto do ensino de ciências o LG está fortemente associado ao trabalho com as inscrições, que são representações materiais, tais como gráficos, fotografias, mapas e tabelas, elaborados para retratar os objetos e fenômenos de estudo da ciência. Dada a importância das inscrições para o ensino de ciências, o fato de estudantes apresentarem dificuldades no seu uso e interpretação é preocupante. O presente trabalho investigou, a partir da análise de conteúdo, o teor de menções ao LG nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) e como as recomendações neles expostas vêm sendo atendidas em ambientes de ensino de química. O segundo propósito foi alcançado tomando como objeto de estudo os artigos publicados na seção "Relatos de Sala de Aula" desta revista, desde o seu início até 2017, a partir da identificação de solicitações aos alunos de ações que remetem ao LG. Em relação aos PCNEM, foram encontradas menções que exemplificam o uso de inscrições em sala de aula e que apontam habilidades que os alunos devem desenvolver, possibilitando o LG. Na referida seção foram localizados apenas 33 artigos contendo o tipo de solicitação mencionada, de um total de 129, sugerindo que práticas que fomentam o LG em aulas de química ainda são escassas no contexto nacional. Estas estão associadas principalmente à produção de desenhos e uso de fotografias e tabelas, com poucos pedidos de uso ou produção de gráficos.

Palavras-chave: Letramento Gráfico. PCNEM. QNEsc.

Abstract: The concept of graphical literacy (GL) is defined as the knowledge to deal with different visual communication formats. In the context of science education, GL is strongly associated to work with inscriptions, which are material representations, such as graphs, photographs, maps, and tables, designed to portray objects and phenomena of the study of science. Given the importance of inscriptions for science teaching, the fact that students find it challenging to use and interpret them is a matter of concern. Based on content analysis, this study investigated the content of references to GL in the *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio* (*PCNEM*) and how the recommendations are seen being implemented in chemistry teaching environments. The sub aim was to study the articles published in the section *Relatos de Sala de Aula* of this journal from the beginning until 2017, based on identifying requests to students of actions that refer to GL. Concerning *PCNEM*, references were found that exemplify the use of inscriptions in the classroom and that point out skills that students should develop and that make GL possible. In this section, only 33 articles containing the type of request mentioned were found out of a total of 129, showing that practices that promote GL in chemistry classes are still scarce in the national context. These are mainly associated to drawings and the use of photographs and tables, with few requests for using graphics.

Keywords: Graphical Literacy. PCNEM. QNEsc.

Mikeas Silva de Lima (qmikeas@usp.br), licenciado em Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), é mestre em Química pelo Instituto de Química de São Carlos (IQSC) da Universidade de São Paulo (USP). **São Carlos, SP – BR. Salete Linhares Queiroz** (salete@iqsc.usp.br) é doutora em Química pela Unesp e professora do IQSC/USP, onde coordena o GPEQSC. São Carlos, SP – BR.
Recebido em 05/08/2018, aceito em 25/03/2019

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.

Em um mundo em que o tempo é considerado curto e as informações veiculadas estão se tornando cada vez mais complexas, o emprego de representações, tais como fotografias, gráficos, desenhos, entre outros, é reconhecido pelas suas possibilidades e potencialidades. E, seguindo o movimento mundial de integração tecnológica, de crescimento da sociedade e do uso da internet, somos progressivamente expostos e nos tornamos dele dependentes.

Inclusive a própria ciência se desenvolveu a partir do uso de ilustrações, diagramas, gráficos, entre outras representações não-textuais, por filósofos naturalistas na representação dos objetos e fenômenos investigados (Lunsford *et al.*, 2007). De forma que, atualmente, gráficos se constituem em uma vital forma de apresentação e comunicação de dados e informações utilizadas pelos cientistas. Isso advém da facilidade que estes possuem em demonstrar relações, padrões, tendências e variações. Tais aspectos são difíceis de serem enxergados na visualização direta do fenômeno, ou descritos por meio da linguagem verbal.

No contexto do presente trabalho, adotamos a perspectiva de Latour e Woolgar (1997) e assumimos o termo inscrição para nomear, antropologicamente e sociologicamente, representações visuais materiais, tais como gráficos, fotografias, mapas e tabelas, inerentemente elaborados para retratar os objetos e fenômenos de estudo da ciência. Tais ferramentas culturais, na comunidade científica, são empregadas como evidências às conclusões, assim como matéria-prima para a elaboração de justificativas, modelos e argumentos.

O uso de inscrições é central na produção científica, já que elas podem ser transformadas, rotuladas, superpostas e simplificadas, permitindo facilmente a inclusão, como uma base de evidência, em artigos de pesquisa. Segundo Latour e Woolgar (1997), a criação e a produção de inscrição são ferramentas cognitivas e psicomotoras para vários processos científicos, desde a coleta até a análise e apresentação dos dados. As inscrições também multiplicam e recriam os sentidos nos dados apresentados, os quais não seriam percebidos de outra forma (Lemke, 1998).

A expressão letramento gráfico deriva de diversos termos, como *graphical literacy*, *graphicacy* ou *graph sense*, entre outros, em inglês, que se referem, segundo Roth *et al.* (2005), ao conhecimento relativo que os estudantes devem desenvolver para que possam lidar diariamente com os modos de comunicação visual, em especial as inscrições. Numa visão mais ampla, o letramento gráfico, além de proporcionar uma leitura eficiente de inscrições, permite ao aluno questionar as relações de poder construídas, assim como os discursos e identidades produzidas e reproduzidas na utilização das várias formas de representação gráfica dos fenômenos estudados pela ciência (Roth *et al.*, 2005). É necessário destacar que o termo letramento gráfico encontra correspondência em alguns trabalhos brasileiros de ensino de química, a partir do termo letramento visual (Ferreira e Arroio, 2013). Porém, este último apresenta uma perspectiva mais ampla, já que considera o estudo de imagens estáticas, em movimentos e mistas, como por exemplo, vídeos, animações e até mesmo gestos realizados por um locutor durante o processo de comunicação. O letramento visual transcende ainda a área do ensino de ciências. Já o letramento gráfico, na perspectiva de Roth *et al.* (2005), se preocupa apenas com as inscrições, em suas formas bidimensionais, e a relação icônica que estas estabelecem com o mundo dos fenômenos e objetos.

Dada a importância das inscrições, tanto para a ciência, quanto para o ensino de ciências, assim como a sua forte presença em livros didáticos, periódicos e salas de aulas, entre outros, o fato de diversos estudantes apresentarem dificuldades no seu uso e interpretação é inquietante. A partir disso, e com o advento da cultura visual, não é surpreendente que educadores venham chamando atenção para que haja uma correta orientação em como ler, interpretar e avaliar as inscrições e informações às quais os indivíduos são expostos.

As pesquisas que vêm sendo realizadas sobre a temática geralmente destacam dois aspectos. O primeiro é o nível e os fatores que influenciam a compreensão das inscrições pelos alunos (Silva, 2015; Bowen e Roth, 2002), que indicam problemas em sua apresentação durante as aulas e nos livros didáticos. Tal fator impulsiona o segundo aspecto de pesquisa com inscrições: a análise semiótica daquelas presentes nos livros didáticos, em artigos científicos, entre outros meios (Xavier, 2015; Pozzer e Roth, 2003), revelando quais são os processos mentais que os alunos precisam realizar para interpretá-las. Porém, abordagens sobre a forma como as práticas de inscrições devem permear as salas de aulas de ciências, em especial, as salas brasileiras, são escassas.

Nesse contexto, destacamos a dissertação de mestrado de Araujo (2008), que analisou as recomendações quanto ao uso de gráficos e tabelas, nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental (Brasil, 1997), com foco na disciplina de matemática, no bloco "Tratamento de Informações". Segundo o autor, diversas partes do documento denotam a importância do uso de gráficos e tabelas durante esse nível de ensino, assim como também a relevância da produção textual a partir da interpretação de representações gráficas extraídas de textos jornalísticos e científicos, ou seja, abrindo espaço para a interdisciplinaridade.

Tendo em vista a importância das inscrições na ciência e a necessidade de um trabalho sistemático com essas práticas em sala de aula, o presente artigo tem como objetivo inicial analisar os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – PCNEM (Brasil, 1999a), com o intuito de verificar a recorrência e o teor das menções acerca das atividades de letramento gráfico e da compreensão de gráficos nesse documento. A Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017), apesar de ser um documento atual, não contempla ainda o ensino médio, portanto não entrou em nossas discussões. A atual versão das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) (Brasil, 2012) também não foi considerada para as discussões, pois análises prévias revelaram pouca recorrência

do tema abordado nesse documento. De fato, só foi possível encontrar duas menções nas DCNEM, a saber:

> *§ 4º A cultura é conceituada como o processo de produção de expressões materiais,* ***símbolos, representações*** *e significados que correspondem a valores éticos, políticos e estéticos que orientam as normas de conduta de uma sociedade* (Brasil, 2012, p. 2, grifo nosso).

Com o objetivo de também investigar como as demandas e recomendações encontradas nos PCNEM vêm sendo atendidas em ambientes de ensino de química, neste trabalho foram identificadas ações que remetem à questão do letramento gráfico, mencionadas em artigos publicados na revista Química Nova na Escola (QNEsc). Embora existam várias seções nas quais o letramento gráfico pode ser abordado, selecionou-se a seção "Relatos de Sala de Aula", visto que esta é a que tem objetivo primordial de reportar experiências do professor em sala de aula. Nessa perspectiva, nos juntamos ao rol daqueles pesquisadores que utilizam artigos da referida revista para procurar identificar alguma regularidade em situações de ensino, à exemplo do que foi realizado por Queiroz e Veras (2015), que verificaram as menções à QNEsc em artigos publicados nela mesma, a fim de constatar suas contribuições para o desenvolvimento de atividades didáticas.

Com base no exposto, este artigo tem potencialidade para contribuir para a realização de um trabalho mais sistemático com inscrições em aulas de química, assim como fomentar as discussões sobre essas práticas nos espaços formativos docentes.

Letramento Gráfico

Como mencionado anteriormente, o letramento gráfico representa o conhecimento que os alunos necessitam para lidar com as inscrições. Pensando-se no próprio alfabeto, quando criado, cada letra era considerada uma imagem, ou seja, não havia distinção entre letras e imagens: o letramento e o letramento gráfico estavam fundidos. Construir uma sentença era apenas colocar imagens em uma ordem que fizesse sentido (Danos, 2011). Com o surgimento da impressão, os textos e as ilustrações se diferenciaram, mas os modos verbais de comunicação (escrita e fala) foram considerados superiores nas práticas comunicativas, resultando que figuras, gráficos, entre outros modos visuais de comunicação, eram utilizados principalmente de maneira ilustrativa (Danos, 2011).

No entanto, questionar o papel atribuído a esses modos é, além de indispensável, autêntico e legítimo para a compreensão em uma dimensão mais ampla do fenômeno de comunicação, em especial, a comunicação científica, já que letramento e letramento matemático não são mais suficientes para se comunicar efetivamente. Habilidades adicionais de manuseio de representações gráficas, que representam o desenvolvimento do letramento gráfico, também são necessárias aos estudantes (Stokes, 2002).

Algumas habilidades referentes ao desenvolvimento do letramento gráfico listadas na literatura são: ler, interpretar, produzir inscrições; traduzi-las entre si; adequá-las a situações diferentes daquelas em que foram concebidas; reconhecer que elas não representam, em sua totalidade, a realidade; aplicar recursos semióticos e ferramentas matemáticas para direcionar a produção de sentidos; interagir com a inscrição, de forma a manipulá-la mentalmente e concretamente; extrapolar, prever e inferir relações entre os dados nela presentes; questionar e refletir sobre a forma como tal representação foi construída, entre outras (Roth *et al.*, 2005; Olande, 2014).

Acerca da habilidade e do processo de ler e interpretar inscrições, este não é tão simples. O processo de desconstrução da inscrição, ou seja, o acesso à intenção do autor e à recuperação da realidade transmitida na inscrição é uma das maiores dificuldades encontradas pelos estudantes durante o manuseio das mesmas. Segundo Roth (2002), as análises e pesquisas acerca da leitura e interpretação de gráficos têm sido conduzidas a partir de duas ênfases, que podem representar as fontes de problemas durante o trabalho com inscrições. A primeira trata de uma aproximação que toma como pontos de partidas ontológicos as habilidades dos estudantes e as qualidades dos gráficos apresentados nos textos didáticos e na sala de aula. A segunda aproximação se concentra no papel da cultura e das experiências individuais no entendimento das inscrições, descrevendo seu uso como uma prática social.

Em relação à primeira aproximação, as análises da interação dos alunos com as inscrições presentes no livro didático e em ambientes de ensino fornecem uma base para discutir as suas competências em diversas práticas científicas, incluindo as de uso e interpretação de inscrições, já que essas são as fontes primárias de encontro dos estudantes de ciências com as inscrições. As pesquisas nessa abordagem ainda revelam grandes problemas na forma como estas são apresentadas nos textos ou durante as aulas, tais como a falta de elementos informativos (legendas e rótulos) nas inscrições, recorrente uso destas apenas com função ilustrativa etc.

Nass (2008) analisa os gráficos cartesianos presentes em livros didáticos brasileiros destinados ao ensino de química, publicados entre 2001 e 2006. O autor verificou que muitos gráficos continham deficiências estruturais, como a falta de elementos informativos (legendas e rótulos), e até mesmo falta de escala; a maioria dos gráficos possuía apenas uma função ilustrativa, o que fomenta a perpetuação do pensamento de que estudar química significa memorizar fórmulas; a inclusão dos gráficos nos textos didáticos se dava quando os autores acreditavam que a inscrição explicaria o fenômeno em estudo de uma forma melhor que as palavras, porém, esqueciam que para o aluno interpretar corretamente um gráfico é preciso estar familiarizado com ele.

Nessa perspectiva, Roth *et al.* (2005) recomendam que os autores de inscrições devem atentar para as características da inscrição criada, assim como para a sua inclusão no texto principal. Por exemplo, em um gráfico, incluir legendas e rótulos, observar o esquema de cores e tamanhos de linhas, entre outros aspectos; em uma fotografia, observar o foco da imagem, a iluminação e a perspectiva. Para os autores, esses aspectos, juntamente ao texto escrito, são usados como marcadores, que permitem aos leitores coordenar a orientação da leitura para a produção adequada de sentidos, reduzindo e limitando a flexibilidade interpretativa das inscrições. Em relação a isso, Nass (2008) concorda com as recomendações anteriores e adiciona que os autores de livros didáticos devem abordar os aspectos sociais do gráfico, como o seu contexto de produção e aplicação, dando utilidade ao conhecimento apresentado na inscrição e, assim, conquistando a confiança do aluno e proporcionando um contínuo amadurecimento do seu letramento gráfico.

O segundo tipo de aproximação realizada nas pesquisas com leitura e interpretação de gráficos evidencia que as dificuldades apresentadas nesses processos advêm da falta de familiaridade do aluno com as práticas e atividades que envolvem inscrições, ou seja, existem lacunas de experiências participativas em práticas sociais, históricas e culturais de uso de inscrições. Essa perspectiva traz o desenvolvimento do letramento gráfico, por meio da interação com as inscrições, como uma prática social. Roth *et al.* (2005) identificam que as inscrições são frequentemente consideradas como independentes do contexto, como se tivessem sentidos por si só. Porém, com base na semiótica social, os possíveis sentidos transmitidos em uma inscrição não são propriedades delas, mas dependem do contexto social em que estão inseridas, assim, tais sentidos estão sempre abertos à reconstrução.

Para Roth *et al.* (2005), tomar as inscrições como práticas sociais revela os melhores caminhos (práticas) para trabalhar a leitura de inscrições e o desenvolvimento de letramento gráfico a partir do uso de textos científicos e didáticos na sala de aula. Tais caminhos emergem da interação entre os membros de uma sociedade e as produções que essas interações elaboram. Como exemplo disso, na comunidade científica, temos a redação de um artigo ou de um relatório, a produção de uma exposição oral, a apresentação de um pôster etc. Essas práticas são consideradas pelos autores como as práticas de ordem superior que estão disponíveis aos membros daquela comunidade, para o trabalho com as inscrições.

Assim, dificuldades em interpretação e compreensão de inscrições não devem ser visualizadas como um indício de deficiência cognitiva, mas, primeiramente, deve-se verificar as características visuais da inscrição, e em seguida, a falta de experiências, familiaridade e conhecimentos prévios do indivíduo com o tema e com práticas que põe em evidência atividades de leitura, interpretação, transformação e criação de inscrições. Tais atividades, que representam muito mais do que apenas a exposição dos estudantes às inscrições, fazem com que percebam a importância e os propósitos destas.

Para Roth e McGinn (1998), as inscrições poderiam ser incluídas no ensino de ciências a partir de abordagens práticas e autênticas, de forma que os estudantes entendessem que a habilidade de se comunicar via inscrições não é apenas construir gráficos e tabelas a partir de um conjunto de dados. Quando inseridos em uma sequência de processos, que os levem a pensar em termos de inscrições, a natureza e o propósito delas para a ciência tornam-se mais claros, facilitando a sua criação e compreensão.

Sendo assim, o professor apresenta um papel importante, pois, por se configurar como uma linguagem, a representação gráfica, sua leitura e interpretação, precisam ser ensinadas. O acesso à compreensão e ao emprego efetivo de inscrições pelos estudantes se dá por meio da adoção de práticas mediadas por inscrições na sala de aula. Ou seja, é necessário que sejam criados ambientes de aprendizagem que ajudem os estudantes a se tornarem letrados em práticas de inscrições. O letramento gráfico deve ser visto e tratado a partir da organização do currículo em práticas epistemológicas que permitam a emancipação do estudante, a partir do engajamento em questionamentos acerca do uso das inscrições, assim como desenvolvimento de competências em práticas científicas de representações gráficas e de níveis de letramento gráfico (Roth *et al.*, 2005).

Mas para que essas atividades e abordagens sejam aplicadas de forma coerente e que resultem no desenvolvimento de habilidades com o uso de inscrições pelos alunos, professores de ciências precisam estar devidamente preparados, tanto em conhecimento sobre as práticas aqui discutidas, quanto em metodologias de ensino. Assim, a inclusão dessas discussões e também dessas práticas nos cursos de formação docente se fazem necessárias, para que os futuros professores estejam mais capacitados a construírem, lerem, interpretarem e discutirem inscrições, entre outras formas de representação do conhecimento científico, assim como para terem a capacidade de desenvolver essas habilidades nos seus alunos, não apenas por meio da exposição dos mesmos às inscrições, mas sim por tarefas e atividades que incorporem experiências autenticamente científicas.

Percurso Metodológico

A presente investigação envolveu duas etapas. A primeira se caracteriza como análise de conteúdo (Bardin, 2009) das seguintes partes do PCNEM: Parte I/Bases Legais (Brasil, 1999a) e Parte III/Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (Brasil, 1999b).

Inicialmente, foram definidas as unidades de registro, ou seja, "o elemento unitário de conteúdo a ser submetido posteriormente à classificação" (Moraes, 1999). A partir de uma leitura superficial dos documentos, foram selecionadas cinco unidades de registro que fazem menção às atividades (práticas

de inscrições) de letramento gráfico no processo educativo: *gráfic'*, *símbol'*, *representaç'*, *visual'* e *image'*. O apóstrofo visa capturar possíveis flexões de gênero, número (por exemplo, gráfica, gráficos), entre outras, que possam ocorrer a partir da unidade de registro.

A seguir, cada unidade de registro foi isolada a fim de identificar as unidades de contexto, que servem de referência às unidades de registro, fixando limites contextuais para interpretá-la (Moraes, 1999), para posterior categorização dessas unidades, a partir do agrupamento de unidades que possuíam temática em comum. Uma leitura completa e aprofundada dos documentos proporcionou a identificação das categorias, assim como concepções implícitas, disponíveis na construção de ideias no texto. Tais categorias foram discutidas com base nos trabalhos de Roth *et al*. (2005).

A segunda etapa de análise consistiu em um levantamento dos artigos da seção "Relatos de Sala de Aula" da revista QNEsc, no período 1995 a 2017, tendo em vista a identificação de relatos que trouxessem em seu bojo práticas que colocavam os alunos em contato com as inscrições, ou seja, que continham potencial para desenvolvimento de letramento gráfico. Para tanto, realizou-se novamente uma análise de conteúdo (Bardin, 2009), tendo sido lidos os títulos, resumos, e palavras-chave dos artigos, assim como as sequências didáticas (SD) aplicadas durante as experiências neles relatadas, procurando nos artigos palavras que faziam referência ao uso de inscrições, tais como *desenh'*, *tabela*, *mapa*, *gráfico*, *foto'* e *image'*. Em seguida, os artigos selecionados na etapa anterior foram lidos na íntegra, categorizados e discutidos.

Letramento Gráfico nos PCNEM

Os resultados expressos na Tabela 1 demonstram a frequência das unidades de registro nos PCNEM. As unidades de registro que não estavam de acordo com a temática das inscrições foram desconsideradas, como por exemplo, a palavra "biblio*gráfic*a".

A Parte III dos PCNEM, que versa sobre o ensino das ciências da natureza, matemática e suas tecnologias, apresenta uma frequência das unidades de registro muito maior que a Parte I, mesmo com uma grande diferença entre a quantidade de páginas entre esses documentos: a Parte I dos PCNEM contém 109 páginas e a Parte III, 58 páginas. As Bases Legais não têm pretensão explícita de tratar sobre as ciências. Seu conteúdo é direcionado tanto ao ensino de ciências e matemáticas, assim como ao ensino de linguagens e de ciências humanas. E já que as inscrições constituem um dos aspectos centrais das ciências da natureza não é surpresa que uma quantidade maior de unidades de registros seja encontrada na Parte III.

Em 1999, quando a Parte I foi escrita, a cultura visual ainda não havia emergido fortemente, o que pode justificar também a baixa frequência de menções às práticas de inscrições nesse documento. No entanto, nos dias atuais é relevante uma educação que trate da cultura visual e fomente nos alunos senso crítico para avaliar as inscrições. Considerando que as DCNEM sofreram uma recente atualização em 2012, a pouca recorrência dessa temática nesse documento revela certo descuido, que poderá trazer consequências também para as ciências humanas e para as linguagens, uma vez que as inscrições apresentam um caráter interdisciplinar, sendo utilizadas em outras áreas para produção de conhecimento.

Com as unidades de registro quantificadas corretamente, foram identificadas duas categorias: "Habilidades relacionadas ao uso de inscrições" e "Uso de inscrições". A primeira categoria inclui as menções às habilidades que os alunos devem desenvolver que possibilitem o letramento gráfico e o uso de inscrições; e a segunda categoria inclui as menções que exemplificam o uso de inscrições na sala de aula. A maioria das unidades de registro, 34 no total, está relacionada à categoria "Habilidades relacionadas ao uso de inscrições". Na categoria "Uso de inscrições" foram encontrados 12 registros. A seguir, são discutidas as categorias encontradas.

Habilidades Relacionadas ao Uso de Inscrições

Na época em que foram publicados, os PCNEM fizeram com que os termos competências e habilidades se difundissem nos meios educacionais. De fato, um dos seus objetivos é orientar a mudança de um ensino centrado no conteúdo para o ensino centrado no desenvolvimento de competências e habilidades por parte do aluno. Assim, grande parte das recomendações nele encontradas explicita quais tipos de habilidades os alunos deveriam desenvolver, assim como as justifica. Cientes da importância das representações visuais materiais para as ciências, os autores não deixaram de fora o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao uso de inscrições.

Os conceitos de competências e habilidades variam de autor para autor, mas pode-se considerar que o conceito de habilidade envolve o poder de lançar mão de conhecimentos e recursos variados para, em determinada situação, solucionar um problema de caráter prático ou teórico, enquanto competência engloba o uso de diversas habilidades e conhecimentos, de modo criativo

Tabela 1: Números das unidades de registro nos PCNEM

Documentos	*gráfic'*	*símbol'*	*representaç'*	*visual'*	*image'*
Parte I – Bases Legais	6	0	0	0	0
Parte III – Ciências	18	3	12	2	5

e inovador, em momento apropriado, ou seja, tem um caráter mais amplo (Garcia, 2005). Assim, apresentar competências e habilidades em relação ao uso de inscrições indica o poder de conseguir acessar e recuperar a intenção interpretativa da inscrição a partir das suas características (perspectivas, pontos, linhas, símbolos), utilizando tais sentidos recuperados para construir reflexões, interpretar fenômenos, deduzir tendências e relações, resolver problemas ou, até mesmo, construir outras inscrições.

Na Parte III dos PCNEM, existe, de forma explícita, a indicação das seguintes habilidades e competências, algumas idênticas às encontradas nas Bases Legais:

> *Interpretar e utilizar diferentes formas de* ***representação*** *(tabelas,* ***gráficos****, expressões, ícones...). [...] Identificar, analisar e aplicar conhecimentos sobre valores de variáveis, representados em* ***gráficos****, diagramas ou expressões algébricas, realizando previsão de tendências, extrapolações e interpolações e interpretações* (Brasil, 1999b, p. 12, grifo nosso).

> *[...] Compreender os códigos e* ***símbolos*** *próprios da Química atual. [...] Traduzir a linguagem discursiva em outras linguagens usadas em Química:* ***gráficos****, tabelas e relações matemáticas* (Brasil, 1999b, p. 39, grifo nosso).

> *[...] reconhecer* ***representações*** *equivalentes de um mesmo conceito, relacionando procedimentos associados* às *diferentes* ***representações*** (Brasil, 1999b, p. 42, grifo nosso).

A leitura completa do documento revelou que este trata ainda de outras competências e habilidades, que se vinculam ao letramento gráfico. Como, na categoria "representação e comunicação": "desenvolver modelos explicativos para sistemas tecnológicos e naturais; interpretar e criticar resultados a partir de experimentos e demonstrações" (Brasil, 1999b, p. 12).

Para Roth *et al.* (2005), a familiaridade e conhecimentos prévios do indivíduo com o tema, assim como o envolvimento anterior em práticas de inscrições que colocam em evidência atividades de leitura, interpretação, transformação e criação de inscrições determinam, em segunda instância, a facilidade ou dificuldade que os alunos terão em interpretar uma inscrição presente, por exemplo, em um livro didático, ou projetada em uma aula. A primeira instância se refere às características visuais da inscrição. Atividades como a criação de modelos, sistematização de informações e discussão de resultados experimentais representam muito mais do que apenas a exposição dos estudantes às inscrições, mas elevam o nível de letramento gráfico de modo que os alunos mudam o foco da compreensão da inscrição para a compreensão do fenômeno a partir da inscrição.

Uso de Inscrições

Junto às recomendações de habilidades e competências que os alunos devem desenvolver, trazidas pelos PCNEM, estão alguns exemplos de uso de inscrições que o professor pode realizar na sua sala de aula, que elencam a categoria menos recorrente no documento. Esta categoria foi claramente identificada principalmente a partir da unidade de registro *gráfic'*, tanto na Parte I como na Parte III dos PCNEM, mas também pelas unidades de registro *representaç'* e *image'*.

> *Os valores nominais de tensão ou potência dos aparelhos elétricos, [...] os sistemas de* ***representação*** *de mapas e plantas [...],* ***gráficos*** *de dados meteorológicos são exemplos desses códigos presentes no dia-a-dia e cujo reconhecimento e leitura requerem um determinado tipo de aprendizado* (Brasil, 1999b, p. 26, grifo nosso).

> *Determinados aspectos exigem* ***imagens*** *e, mais vantajosamente,* ***imagens*** *dinâmicas; outros necessitam de cálculos ou de tabelas de* ***gráfico****; outros podem demandar expressões analíticas, sendo sempre vantajosa a redundância de meios para garantir confiabilidade de registro e/ou reforço no aprendizado* (Brasil, 1999b, p. 53, grifo nosso).

> *Objetivo semelhante pode ser alcançado se a eleição do grêmio estudantil for uma oportunidade para conhecer melhor os sistemas políticos, ou para entender como a Matemática traduz a tendência de voto por meio de um* ***gráfico*** *de barras, ou para discutir questões* éticas *relacionadas* à *prática eleitoral* (Brasil, 1999a, p. 81, grifo nosso).

Apesar da pouca recorrência das unidades de registros na Parte I, o último trecho é importante pois coloca a contextualização em destaque. Sequências de ensino contextualizadas, assim como interdisciplinares, aumentam as chances de aprimoramento dos conhecimentos sobre as diversas formas de representações, além de acentuarem a familiaridade e as experiências dos alunos com as inscrições em outras áreas diferentes das ciências naturais, diminuindo dificuldades de leitura e interpretação de inscrições.

Letramento Gráfico na Seção "Relatos de Sala de Aula" da QNEsc

Conforme mencionado anteriormente, com o intuito de obtermos indícios sobre a presença de práticas de inscrições e o desenvolvimento do letramento gráfico nas salas de aulas de química do nosso país, pesquisamos na seção "Relatos de Sala de Aula" da revista QNEsc, desde o seu início, em 1995,

até 2017, os trabalhos que mencionam o uso de inscrições nas SD aplicadas nas experiências relatadas. Foram publicados 33 trabalhos, de um total de 129, que indicam o uso de práticas de inscrições, sendo que entre esses, cinco estavam presentes nas duas categorias que emergiram a partir da leitura completa desses artigos:

(*i*) *Produção de inscrições*, a qual contém os artigos cuja aplicação da SD inclui alguma etapa em que os alunos precisavam produzir inscrições;

(*ii*) *Uso direto de inscrições*, a qual contém os artigos cuja aplicação da SD inclui alguma etapa em que os professores forneciam inscrições para utilização por parte dos alunos.

Produção de Inscrições

O Quadro 1 apresenta as referências, em ordem cronológica, dos 18 artigos presentes na primeira categoria e numeração que será seguida para referenciá-los durante a discussão.

Dentre os artigos da categoria "Produção de inscrições", a maioria solicitou a produção de desenhos icônicos ou esquemáticos pelos alunos. Alguns artigos ainda não especificavam se o desenho solicitado deveria ser icônico ou esquemático. A diferença entre esses é que os ícones se assemelham mais do que os esquemas com o fenômeno que representam, o que pode requerer o uso de legendas internas nos esquemas, para restringir as possibilidades interpretativas da inscrição. Esses tipos de inscrições são muito úteis para representar átomos, moléculas, radiação eletromagnética, entre outros, próprios ao mundo cientificamente concebido, como ocorreu no artigo 13, o qual foi o único a especificar o tipo de desenho a ser produzido, sendo solicitado um esquema. As demais SD deixaram essa escolha em aberto. Relações entre

Quadro 1: Artigos da categoria "Produção de inscrições" (QNEsc, 1995-2017), em ordem cronológica

	Categoria "Produção de inscrições"
1	CASTILHO, D. L.; SILVEIRA, K. T. e MACHADO, A. H. As aulas de química como espaço de investigação e reflexão. *Química Nova na Escola*, v. 9, p. 14-17, 1999.
2	FERREIRA, R. M. H.; LOGUERCIO, R. C.; SAMRSLA, V. E. E. e DEL PINO, J. C. Camisinha na sala de aula: saúde, sexualidade e construção de conhecimentos a partir de testes de qualidade. *Química Nova na Escola*, v. 13, p. 9-12, 2001.
3	MARIA, L. C. S.; LEITE, M. C. A. M.; AGUIAR, M. R. M. P.; OLIVEIRA, R. O.; ARCANJO, M. E. e CARVALHO, E. L. Coleta seletiva e separação de plásticos. *Química Nova na Escola*, v. 17, p. 32-35, 2003.
4	SILVA, R. M. G. Contextualizando aprendizagens em química na formação escolar. *Química Nova na Escola*, v. 18, p. 26-30, 2003.
5	LOURENÇO, I. M. B. e RIBEIRO, E. M. F. Um plano de ensino para mol. *Química Nova na Escola*, v. 18, p. 22-25, 2003.
6	ROCHA, J. R. C. e CAVICCHIOLI, A. Uma abordagem alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, nos ensinos fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, v. 21, p. 29-33, 2005.
7	CURI, D. Polímeros e interações moleculares. *Química Nova na Escola*, v. 23, p. 19-22, 2006.
8	SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V. D.; MAIA, J. D. O.; SILVA, A. F. D. e WARTHA, E. J. Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 190-197, 2009.
9	SILVA, D. R. e DEL PINO, J. C. Um estudo do processo digestivo como estratégia para a construção de conceitos fundamentais em ciências. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 257-264, 2009.
10	RESENDE, D. R.; CASTRO, R. D. e PINHEIRO, P. C. O saber popular nas aulas de química: relato de experiência envolvendo a produção do vinho de laranja e sua interpretação no ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 3, p. 151-160, 2010.
11	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.
12	SCAFI, S. H. F. e BIAJONE, J. Desafio militar: missão dada é missão cumprida. Contextualização e interdisciplinaridade na educação química. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 3, p. 168-177, 2011.
13	LACERDA, C. C.; CAMPOS, A. F. e MARCELINO-JR., C. A. C. Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 2, p. 75-82, 2012.
14	MENDONÇA, M. F. C.; PAIVA, P. T.; MENDES, T. R.; BARRO, M. R.; CORDEIRO, M. R. e KIILL, K. B. A água da fonte natural: sequência de atividades envolvendo os conceitos de substância e mistura. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 2, p. 108-118, 2014.
15	ROSA, M. F.; SILVA, P. e GALVAN, F. B. A ciência forense no ensino de química por meio da experimentação. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 35-43, 2015.
16	SILVA, N. S.; FERREIRA, A. C. e SILVEIRA, K. P. Ensino de modelos para o átomo por meio de recursos multimídia em uma abordagem investigativa. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 2, p. 141-148, 2016.
17	BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H. e CRUZ, M. C. P. Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 52-58, 2017.
18	OLIVEIRA, B. R. M.; KIOURANIS, N. M. M.; EICHLER, M. L. e QUEIROZ, S. L. Chocoquímica: construindo conhecimentos acerca do chocolate por meio do método de aprendizagem cooperativa *jigsaw*. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 3, p. 277-285, 2017.

as solicitações das inscrições e os objetivos almejados com isso estão ilustradas no Quadro 2.

Conforme ilustra o Quadro 2, as inscrições foram solicitadas com as seguintes finalidades: identificação dos conhecimentos prévios ou obtidos a partir da aplicação da SD; apresentação de dados extraídos a partir da realização de experimentos; e desenvolvimento de algum conteúdo na SD. Em relação à primeira finalidade, citamos o artigo 14, no qual os alunos desenharam como eles imaginavam o caminho que a água percorria, desde a sua fonte até a torneira das suas casas. A partir desses esquemas os autores concluíram que estes reconheciam a existência de um processo de tratamento de água, para torná-la potável e própria para consumo, porém desconheciam as suas etapas. Como, por exemplo, na Figura 1, onde o aluno desenhou três etapas do processo, porém sem denominá-las de maneira mais específica.

Os alunos ainda foram solicitados a representar uma água potável e uma água não potável. A análise dos desenhos indica que estes estavam apegados a aspectos visualmente perceptíveis, como a cor da água. Ou seja, as informações fornecidas apresentavam muitas características do "senso comum" (Mendonça *et al.*, 2014, p. 114). A partir da identificação dessas concepções prévias foi possível realizar a intervenção didática e o desenvolvimento de conceitos, como potabilidade, pureza, pH, substância e mistura, assim como apresentar as etapas dos processos de tratamento da água. Ao serem requisitados a esquematizarem novamente as representações mencionadas, os autores notaram que ocorreu mudança conceitual, já que

Quadro 2: Inscrições nos artigos da categoria "Produção de inscrições" e os objetivos com que foram empregadas

Artigo	Inscrições Solicitadas aos Alunos	Objetivo
1	Representação por meio de desenhos do comportamento do ar dentro de um tubo com um balão na boca antes e depois de ser aquecido.	Identificação de conhecimentos prévios referentes aos conteúdos abordados na SD.
2	Tabelas com propriedades de preservativos.	Apresentação de dados obtidos em etapa experimental na SD.
3	Tabela com observações de teste da chama com plásticos.	Apresentação de dados obtidos em etapa experimental na SD.
4	Representação do ciclo da água, por meio de desenhos.	Identificação de conhecimentos prévios referentes aos conteúdos abordados na SD.
5	Gráfico que mostrasse relação proporcional entre a massa e o número de objetos.	Desenvolvimento de conteúdos abordados na SD.
6	Representação de substâncias químicas, por meio de desenhos esquemáticos.	Desenvolvimento de conteúdos abordados na SD.
7	Tabela com resultados de atividades experimentais sobre polímeros.	Apresentação de dados obtidos em etapa experimental na SD.
8	Tabela com resultados de atividades experimentais sobre oxidação do ferro.	Apresentação de dados obtidos em etapa experimental na SD.
9	Tabela de solubilidade.	Identificação de conhecimentos prévios referentes aos conteúdos abordados na SD.
10	Representação, por meio de desenhos, que explicassem a origem do álcool no vinho de laranja e a interação do açúcar com a água quente e fria.	Identificação de conhecimentos obtidos pelos alunos com a aplicação da SD.
11	Gráfico que mostrasse a variação de oxigênio dissolvido ao longo de um rio.	Apresentação de dados obtidos em etapa experimental na SD.
12	Esboço de um circuito elétrico, por meio de desenho esquemático.	Desenvolvimento de conteúdos abordados na SD.
13	Representação de substâncias químicas, por meio de desenhos esquemáticos.	Desenvolvimento de conteúdos abordados na SD.
14	Representação, por meio de desenhos icônicos e esquemáticos: para a substância água; do trajeto da água da estação de tratamento de água até as residências; de água potável e de não potável.	Identificação de conhecimentos prévios referentes aos conteúdos abordados na SD; Identificação de conhecimentos obtidos pelos alunos com a aplicação da SD.
15	Desenho esquemático e fotografia de uma cena criminal.	Apresentação de dados obtidos em etapa experimental na SD.
16	Representação, por meio de desenho icônico, de um recipiente com gás hélio usando os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.	Identificação de conhecimentos obtidos pelos alunos com a aplicação da SD.
17	Representações de células eletroquímicas, por meio de desenhos esquemáticos.	Identificação de conhecimentos obtidos pelos alunos com a aplicação da SD.
18	Tabela com informações acerca do chocolate.	Desenvolvimento de conteúdos abordados na SD.

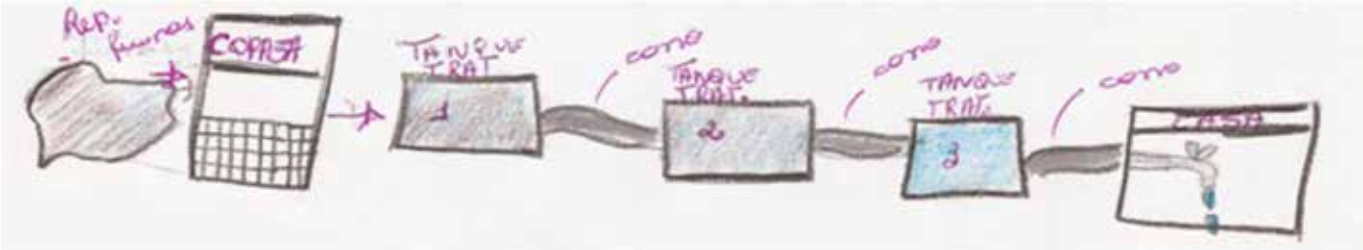


Figura 1: Desenho de um aluno representando o trajeto da água da estação de tratamento até as residências. Fonte: Mendonça *et al.* (2014).

os aspectos elencados, agora, estavam associados à visão atômico-molecular.

Nessa perspectiva, os autores do artigo 16 sugerem ainda que, além de apresentar o desenho, os alunos descrevam e expliquem o seu teor, assim o professor terá mais ferramentas para avaliar as representações produzidas por eles.

Em relação à segunda finalidade, citamos o artigo 7, no qual foram propostos três experimentos para a discussão das propriedades de diferentes materiais em função de suas estruturas e interações moleculares. Como uma das etapas do experimento, os alunos são incentivados a anotar os resultados observados em tabelas. Os autores ainda afirmam que mesmo não necessitando de laboratório e aparato sofisticado, atividades experimentais desenvolvem habilidades importantes, entre elas a construção de tabelas. Adicionamos ainda a essa habilidade a construção de outros tipos de inscrições e a transformação de uma inscrição em outra, como por exemplo, de uma tabela em um gráfico (Roth *et al.*, 2005).

Em relação à terceira finalidade, citamos o artigo 18, no qual os alunos analisaram rótulos de diferentes tipos de chocolate (ao leite, diet, branco e amargo) e elencaram seus ingredientes e suas informações nutricionais em uma tabela, tendo em vista o desenvolvimento dos conteúdos abordados, a partir do estabelecimento de componentes comuns entre eles.

Os artigos 5 e 11 foram os únicos a solicitar como inscrição um gráfico. No primeiro não é especificado o tipo de gráfico a ser construído, enquanto que no segundo foi produzido um gráfico de linha. No artigo 11, após entender sobre a composição, fabricação e ação do sabão e detergente, os alunos realizaram um procedimento simples para determinação do oxigênio dissolvido em amostras de água do Rio Cachoeira, em Ilhéus – BA. Os resultados expressos em gráfico foram discutidos em sala de aula, causando um impacto, pois os alunos perceberam a sua responsabilidade com o meio-ambiente, já que este evidenciou que o oxigênio dissolvido caía significativamente ao atravessar o centro urbano.

A solicitação de produção de gráficos em apenas dois artigos é preocupante já que estes são uma forma de inscrição encontrada em espaços distintos, além do científico, em diversas formas (linha, barra, pizza etc.), assim como por estarem em destaque nos PCNEM, como mostrado anteriormente. Esse tipo de inscrição está ainda bastante vinculado ao ensino de matemática em detrimento do ensino de ciências. Ademais, a pouca recorrência do tratamento da questão do letramento gráfico em cursos de formação de professores de química, provavelmente, colaborou para o alcance de tal panorama. Os gráficos ainda são, como apontam Roth *et al.* (2005), inscrições com as quais os alunos mais têm dificuldades de leituras e interpretação. No entanto, isso não advém, necessariamente, de más concepções ou de deficiências de aprendizagem, mas, segundo os autores, e corroborando com os resultados encontrados aqui, da escassez de atividades que os colocam em contato com os gráficos a partir de exercícios de criação, leitura, interpretação e discussão dos aspectos e relações inerentes a eles.

Uso Direto de Inscrições

O Quadro 3 apresenta as referências, em ordem cronológica, dos 20 artigos presentes na segunda categoria e numeração que será seguida para referenciá-los durante a discussão. Os artigos que já estavam presentes na primeira categoria continuam com a numeração apresentada anteriormente, indicada entre parênteses.

Dentre os artigos da categoria "Uso direto de inscrições", foi possível identificar o emprego dos mesmos tipos de inscrições da categoria anterior, além de mapas. Relações entre a utilização de inscrições e os objetivos almejados com isso estão ilustradas no Quadro 4.

Conforme ilustra o Quadro 4, as inscrições foram utilizadas com duas finalidades: introdução da temática e discussão do conteúdo abordado na SD. Em relação à primeira finalidade, citamos o artigo 21, que traz uma SD abordando a mineralogia como um assunto articulador de uma proposta curricular para o ensino de química na educação básica e fez uso de fotografias de paisagens de regiões montanhosas e vulcânicas, como a Figura 2, que representa um gêiser.

Os autores selecionaram imagens com cores vívidas e ressaltaram o seu aspecto motivacional e a possibilidade que oferecem de articulação com questões sociais presentes no processo de exploração de minerais, como é o caso de uma foto de um trabalhador colhendo enxofre na borda do vulcão Kawah Ijen, na Indonésia, exposto a vapores tóxicos e ácidos.

O uso de fotografias com o mesmo propósito motivacional dos autores do artigo 21 ocorre nos artigos 14, 15, 23, 26, 29 e 32. Não é surpreendente tal constatação, especialmente no momento de introdução do conteúdo, pois segundo Roth *et al.* (2005), esse tipo de inscrição está mais propenso a causar um impacto sobre os indivíduos do que os gráficos ou equações. A

Quadro 3: Artigos da categoria "Uso direto de inscrições" (QNEsc, 1995-2017), em ordem cronológica

	Categoria "Uso direto de inscrições"
(2)	FERREIRA, R. M. H.; LOGUERCIO, R. C.; SAMRSLA, V. E. E. e DEL PINO, J. C. Camisinha na sala de aula: saúde, sexualidade e construção de conhecimentos a partir de testes de qualidade. *Química Nova na Escola*, v. 13, p. 9-12, 2001.
19	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.
20	NERI, A. L. P.; LIEGEL, R. M. e FERNANDEZ, C. Reações envolvendo íons em solução aquosa: uma abordagem problematizadora para a previsão e equacionamento de alguns tipos de reações inorgânicas. *Química Nova na Escola*, v. 23, p. 14-18, 2006.
21	SAMRSLA, V. E. E.; GUTERRES, J. D. O.; EICHLER, M. L. e DEL PINO, J. C. Da mineralogia à química: uma proposta curricular para o primeiro ano do ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 25, p. 20-26, 2007.
22	FRANCO-MARISCAL, A. J. e CANO-IGLESIAS, M. J. Soletrando o Br-As-I-L com símbolos químicos. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 31-33, 2009.
(8)	SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V. D.; MAIA, J. D. O.; SILVA, A. F. D. e WARTHA, E. J. Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 190-197, 2009.
23	CAVALCANTI, J. A.; FREITAS, J. D.; MELO, A. D. e FREITAS FILHO, J. D. Agrotóxicos: uma temática para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 31-36, 2010.
24	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.
25	SOUZA, F. L. e MARTINS, P. Ciência e tecnologia na escola: desenvolvendo cidadania por meio do projeto "biogás – energia renovável para o futuro". *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 1, p. 19-24, 2011
(12)	SCAFI, S. H. F. e BIAJONE, J. Desafio militar: missão dada é missão cumprida. Contextualização e interdisciplinaridade na educação química. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 3, p. 168-177, 2011.
26	FRAGAL, V. H.; MAEDA, S. M.; PALMA, E. D.; RODRIGUES, M.; BUZATTO, M. e SILVA, E. L. Uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica sobre a reatividade de metais. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 4, p. 216-222, 2011.
27	SILVA, S. C. e ABREU, D. G. Aulas coletivas na escola pública: interação entre universidade-escola. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 3, p. 131-135, 2012.
28	SATURNINO, J. C. S. F.; LUDVIDO, 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.
(14)	MENDONÇA, M. F. C.; PAIVA, P. T.; MENDES, T. R.; BARRO, M. R.; CORDEIRO, M. R. e KIILL, K. B. A água da fonte natural: sequência de atividades envolvendo os conceitos de substância e mistura. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 2, p. 108-118, 2014.
29	SOUZA, G. P.; PEREIRA, A. I.; SILVA, C. M.; GANDRA, D. A.; OLIVEIRA, G. P.; RAMOS, G. R.; CASELA, I.; FERNANDES, J. M.; SENA, M. C. C.; MARTINS, M. R.; NASCIMENTO, M. O.; FIDELES, R. A.; RAMOS, S. N. C.; ARAÚJO, T. D.; MOREIRA, L. M. Imagens, analogias, modelos e charge: distintas abordagens no ensino de química envolvendo o tema polímeros. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 3, p. 200-210, 2014.
(15)	ROSA, M. F.; SILVA, P. e GALVAN, F. B. A ciência forense no ensino de química por meio da experimentação. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 35-43, 2015.
30	SOUZA, P. V. T.; SILVA, M. D.; AMAURO, N. Q.; MORI, R. C. e MOREIRA, P. F. S. D. Densidade: uma proposta de aula investigativa. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 2, p. 120-124, 2015.
31	OLIVEIRA, J. S.; SOARES, M. H. F. B. e VAZ, W. F. Banco químico: um jogo de tabuleiro, cartas, dados, compras e vendas para o ensino do conceito de soluções. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 4, p. 285-293, 2015.
32	SILVA, M. A. N. e QUADROS, A. L. Ensino por temas: a qualidade do ar auxiliando na construção de significados em química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 40-46, 2016.
33	CRUZ, A. A. C.; RIBEIRO, V. G.; LONGHINOTTI, E. e MAZZETTO, S. E. A ciência forense no ensino de química por meio da experimentação investigativa e lúdica. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 2, p. 167-172, 2016.

única SD na qual as fotografias não tiveram o referido objetivo foi descrita no artigo 28, situação em que elas ilustraram as cartas do jogo didático "Pôquer dos Elementos dos Blocos s e p" usado no ensino de tabela periódica e periodicidade para alunos do ensino médio.

Em relação à segunda finalidade, esta foi levada a cabo fazendo uso de todos os tipos de inscrições identificadas nesta categoria, inclusive a fotografia, que conforme mencionado, surgiu apenas uma vez, sem caráter introdutório, nas cartas do referido jogo. Assim como na categoria anterior, a qual abarca artigos onde existe a solicitação de produção da inscrição por parte dos alunos, o uso de gráficos foi pouco frequente. De

Quadro 4: Inscrições nos artigos da categoria “Uso direto de inscrição” e os objetivos com que foram empregadas

Artigo	Inscrições Fornecidas pelo Professor	Objetivos
(2)	Tabela com informações sobre doenças sexualmente transmissíveis no Brasil.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
19	Tabela proveniente de resultados experimentais.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
20	Tabela de solubilidade.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
21	Fotografias de regiões montanhosas e vulcânicas.	Introdução da temática a ser trabalhada na SD.
22	Mapa do Brasil.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
(8)	Tabela com potenciais padrões de redução.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
23	Fotografia de criança nascida com má formação congênita, devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos.	Introdução da temática a ser trabalhada na SD.
24	Mapas da região da Baía de Guanabara, na cidade do Rio de Janeiro – RJ.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
25	Gráfico do volume de produção de biogás em biodigestores.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
(12)	Tabela de correlação entre calor liberado e temperatura; Tabela com opções de carga explosiva de detonação.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
26	Fotografias de bicicletas.	Introdução da temática a ser abordada na SD.
27	Gráficos para representação da degradação dos alimentos.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
28	Fotografia de materiais que contém determinados elementos químicos.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
(14)	Fotografias de uma fonte de água localizada no entorno da escola.	Introdução da temática a ser abordada na SD.
29	Imagens, inclusive fotografias, extraídas da ferramenta Google Imagens™.	Introdução da temática a ser abordada na SD.
(15)	Fotografias e tabelas relacionadas à ciência forense.	Introdução da temática a ser abordada na SD.
30	Tabela com valores de densidade.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
31	Gráfico de curva de solubilidade.	Discussão sobre a temática abordada na SD.
32	Fotografias de situações diárias que podem ou não alterar a composição da atmosfera; Gráficos da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais acerca da composição do ar em Belo Horizonte.	Introdução da temática a ser abordada na SD; Discussão sobre a temática abordada na SD.
33	Tabela representativa de gel da eletroforese.	Discussão sobre a temática abordada na SD.

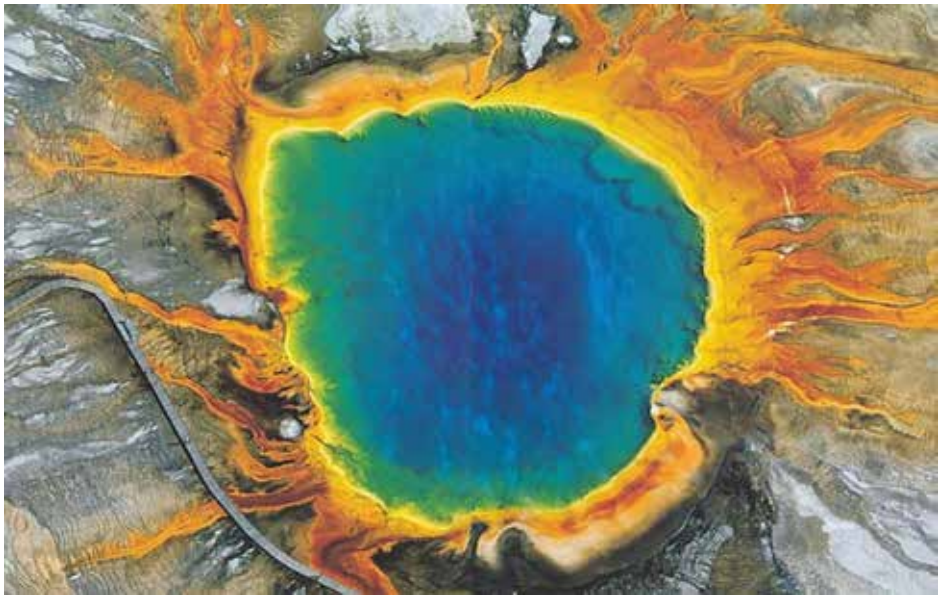


Figura 2: Fotografia de gêiser no Parque Yellowstone, nos Estados Unidos da América. Fonte: Samrsla *et al.* (2007).

fato, os professores forneceram gráficos aos estudantes apenas nas SD dos artigos 25, 27, 31 e 32. Com exceção do artigo 31, que não menciona o tipo de gráfico utilizado, os demais são gráficos de linha.

No artigo 32, por exemplo, no qual a SD proposta visou o desenvolvimento de conteúdos acerca da química da atmosfera e dos fatores que alteram a qualidade do ar, os gráficos eram de monitoramento de concentrações de gases da atmosfera na região de Belo Horizonte – MG. O debate dessas inscrições inseriu os alunos numa perspectiva crítica e de autorresponsabilidade na identificação de problemas ambientais e sociais. Esse tipo de situação dá utilidade ao conhecimento apresentado na inscrição e assim conquista a confiança do aluno, proporcionando um contínuo amadurecimento do seu letramento gráfico (Nass, 2008).

O uso de tabelas foi o mais frequente nesta categoria, sempre com o objetivo de fomentar a discussão de conteúdos relacionados às temáticas abordadas nas SD. Destacamos o artigo 8, que solicita tanto a construção das mesmas, o que justifica a sua presença no Quadro 2, quanto o seu uso direto, apontado no Quadro 4. Os alunos inicialmente foram requisitados a organizar, com base no observado em atividade experimental, uma tabela que ordenava a reatividade de metais perante uma solução ácida. Em seguida, tal escala foi comparada com uma tabela de potenciais de redução padrão de metais que foi fornecida pelo professor. Dessa forma, os alunos puderam relacionar os dados experimentais obtidos com dados teóricos, o que representa uma das etapas do fazer científico.

Nessa perspectiva, a proposta corrobora a noção de atividades experimentais como uma prática autêntica para o desenvolvimento de letramento gráfico, não apenas por meio da solicitação de inscrições, mas também a partir do uso destas, já que os alunos podem confrontar os dados obtidos com os presentes na literatura, na forma de gráficos, histogramas, tabelas etc. Os autores do artigo 8 ainda citam que simplesmente apresentar uma tabela de potenciais padrão de redução de metais não privilegia o desenvolvimento cognitivo do aluno, tendo sido necessário utilizar uma abordagem que relacionasse os três aspectos do conhecimento químico: macroscópico, microscópico e simbólico. É nesse último aspecto que as inscrições se inserem, sendo desejável, portanto, que o professor assimile o papel das mesmas na sala de aula, assim como as suas potencialidades para aprimorar o entendimento do que está sendo estudado pelo aluno.

O uso de mapas foi observado apenas nos artigos 22 e 24. No artigo 22, o mapa do Brasil estilizado (Figura 3) é apresentado com o intuito de motivar os alunos ao estudo dos elementos químicos e da tabela periódica. No artigo 24, a SD, aplicada

Figura 3: Mapa do Brasil. Fonte: Franco-Mariscal e Cano-Iglesias (2009).

com apoio de um *weblog*, propiciou investigação da degradação do ecossistema da Baía de Guanabara – RJ.

Diferentemente do que foi afirmado com relação aos gráficos, a pouca recorrência de mapas nas SD não é surpreendente, uma vez que estes não se constituem em dispositivos gráficos frequentes no ensino de ciências, sendo escassos mesmo em livros didáticos (Gillespie, 1993).

Considerações Finais

Mesmo com origens ainda na década de 1990, os PCNEM possuem importância no cenário da educação nacional, pois continuam sendo discutidos em textos que versam sobre o assunto e em cursos de formação de professores. O fato de chamarem atenção para a necessidade de desenvolvimento por parte dos alunos de habilidades relacionadas ao uso de inscrições, e de também apresentarem exemplos de situações nas quais estas podem ser empregadas no ensino de ciências, sinaliza a relevância da promoção do letramento gráfico, especialmente em aulas dessa disciplina.

Neste trabalho procuramos indícios sobre a forma como o letramento gráfico vem sendo promovido no ensino de química, tomando por base a natureza das SD presentes nos artigos publicados na seção "Relatos de Sala de Aula" da QNEsc, que divulga experiências didáticas levadas a cabo por professores da área de educação em química. Os resultados alcançados permitem a tessitura das seguintes considerações:

- O conjunto de SD investigadas demonstra possibilidades e objetivos de inclusão de práticas com inscrições na sala de aula de química, seja pela solicitação de produção de inscrições aos alunos ou uso de inscrições fornecidas pelo professor. Este trabalho viabiliza o acesso dos educadores a uma série de artigos, elencados no Quadro 1 e no Quadro 2, vinculados a essa vertente e, dessa forma, tem o potencial de contribuir para que discussões sistematizadas sobre o letramento gráfico possam ser concretizadas em espaços formativos docentes.
- Apesar das recomendações dos PCNEM, a recorrência do uso de inscrições em ambientes de ensino de química ainda é escassa. De fato, no período investigado, foram publicados 129 artigos na seção em foco e apenas 33 tratam de SD nas quais foi claramente explicitado o trabalho com inscrições. Conforme discutido anteriormente, aprender a utilizar inscrições envolve práticas de aquisição e o acesso a elas precisa ser incrementado nas escolas brasileiras.
- Dentre as inscrições produzidas pelos alunos destacaram-se as tabelas e as representações de fenômenos ou artefatos por meio de desenhos. Nota-se que a requisição de tabelas estava altamente associada à execução de atividades experimentais e à organização do conhecimento, já os desenhos estavam associados a ocasiões nas quais os professores procuravam caracterizar o conhecimento que os estudantes possuíam. Dentre as inscrições oferecidas pelo professor sobressaíram-se as tabelas e as fotografias, especialmente em momentos de apresentação de informações e introdução da temática da SD. Os gráficos, em contraponto, não encontraram espaço considerável em nenhuma das duas situações e o seu emprego foi restrito, praticamente, a um único tipo, o gráfico de linha. Considerando que uma das características marcantes das ciências naturais é a utilização de gráficos como elemento importante na representação das leis da natureza, ampliar e diversificar o seu uso é fundamental.
- Ainda com relação às inscrições manipuladas durante as SD, cabe salientar o uso das fotografias quase exclusivamente com caráter motivacional. Por ser a câmera fotográfica, atualmente, um instrumento de fácil aquisição, as fotografias têm potencialidade para ganhar uma nova dimensão na educação em química, viabilizando a inserção de atividades de observação e descrição de fenômenos em ciências.
- Com relação aos artigos que estavam presentem em ambas as categorias, é notável que as abordagens assumidas nas SD tinham um cunho experimental. Considerando os demais trabalhos com cunho experimental, é possível estabelecer relações entre as inscrições e essas abordagens, denominadas neste texto de abordagens autênticas, com indicativo de que estas abrem espaços tanto para a produção de inscrições como para a utilização das mesmas.
- Outras abordagens que também carreguem em seu bojo tal autenticidade são desejáveis no ensino de química, tais como exposições orais produzidas pelos alunos sobre assuntos que exigem a discussão de inscrições. O processo de elaboração das exposições possibilita avaliações críticas acerca de inscrições a ser inseridas na apresentação, abrindo espaços para que o aluno possa criar suas próprias inscrições ou adaptar as existentes na literatura a fim de torná-las legíveis ao seu público-alvo, usualmente os colegas de sala.

Por fim, a discussão das considerações aqui dispostas é extremamente pertinente em cursos de formação docente, para que se difunda a importância da construção, leitura e interpretação de inscrições, entre outras formas de representação do conhecimento científico, nos seus mais diversos níveis.

Referências

ARAUJO, E. G. *O tratamento da informação nas séries iniciais* – uma proposta de formação de professores para o ensino de gráficos e tabelas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo.* 5ª ed. Lisboa: Edições 70, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base nacional comum curricular.* 2017. Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf, acessado em Maio 2019.

_____. _____. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais*: 1ª a 4ª série. Brasília: MEC/SEF, 1997.

_____. Ministério da Educação e do Desporto. Conselho Nacional de Educação. Câmara da Educação Básica. *Resolução nº 2, de 30*

de janeiro de 2012. Define diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Brasília: CNE/CEB, 2012.

_____. _____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio*. Parte I – bases legais. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999a.

_____. _____. _____. *Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio*. Parte III – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999b.

BOWEN, G. M. e ROTH, W. M. Why students may not learn to interpret scientific inscriptions. *Research in Science Education*, v. 32, n. 3, p. 303-327, 2002.

DANOS, X. *Graphicacy within the secondary school curriculum, an exploration of continuity and progression of graphicacy in children aged 11 to 15*. Tese (Doutorado). Loughborough University, Loughborough, 2011.

FERREIRA, C. R. e ARROIO, A. Visualizações no ensino de química: concepções de professores em formação inicial. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 3, p. 199-208, 2013.

FRANCO-MARISCAL, A. J. e CANO-IGLESIAS, M. J. Soletrando o Br-As-I-L com símbolos químicos. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 31-33, 2009.

GARCIA, L. A. M. Competências e habilidades: você sabe lidar com isso? *Educação e Ciência On Line*. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. Disponível em http://miniweb.com.br/Atualidade/entrevistas/Profa_Lenise/competencias.pdf, acessado em Maio 2019.

GILLESPIE, C. S. Reading graphic displays: what teachers should know. *Journal of Reading*, v. 36, n. 5, p. 350-354, 1993.

LATOUR, B. e WOOLGAR, S. *A vida de laboratório:* a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LEMKE, J. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: MARTIN, J. e VEEL, R. (Eds.). *Reading science.* Londres: Routledge, 1998, p. 87-113.

LUNSFORD, E.; MELEAR, C. T.; ROTH, W. M.; PERKINS, M. e HICKOK, L. G. Proliferation of inscriptions and transformations among preservice science teachers engaged in authentic science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 44, n. 4, p. 538-564, 2007.

MENDONÇA, M. F. C.; PAIVA, P. T.; MENDES, T. R.; BARRO, M. R.; CORDEIRO, M. R. e KIILL, K. B. A água da fonte natural: sequência de atividades envolvendo os conceitos de substância e mistura. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 2, p. 108-118, 2014.

MORAES, R. Análise de conteúdo. *Revista Educação*, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

NASS, D. P. *Gráficos como representações visuais relevantes no processo ensino-aprendizagem:* uma análise de livros didáticos de química do ensino médio. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

OLANDE, O. Graphical artefacts: taxonomy of students' response to test items. *Educational Studies in Mathematics*, v. 85, n. 1, p. 53-74, 2014.

POZZER, L. L. e ROTH, W. M. Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 40, n. 10, p. 1089-1114, 2003.

QUEIROZ, S. L e VERAS, L. Química nova na escola: contribuições para o desenvolvimento de atividades didáticas. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. esp. 2, p. 133-139, 2015.

ROTH, W. M. Reading graphs: contributions to an integrative concept of literacy. *Journal of Curriculum Studies*, v. 34, n. 1, p. 1-24, 2002.

_____ e MCGINN, M. K. Inscriptions: toward a theory of representing as social practice. *Review of Educational Research*, v. 68, n. 1, p. 35-59, 1998.

_____; POZZER-ARDENGHI, L. e HAN, J. Y. Critical graphicacy: understanding visual representation practices in school science. In: ZEIDLER, D. L. (Ed.). *Contemporary trends and issues in science education*. New York: Springer, 2005, v. 26.

SAMRSLA, V. E. E.; GUTERRES, J. D. O.; EICHLER, M. L. e DEL PINO, J. C. Da mineralogia à química: uma proposta curricular para o primeiro ano do ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 25, p. 20-26, 2007.

SILVA, M. B. *A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia.* Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

STOKES, S. Visual literacy in teaching and learning: a literature perspective. *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*, v. 1, n. 1, p. 10-19, 2002.

XAVIER, J. P. *Letramento visual crítico:* leitura, interpretação e apropriação das imagens dos livros didáticos. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

Normas para Publicação

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 inclusos) 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(ções) 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.sbq.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.sbq.org.br/pagina.php?idPagina=17.
4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas relacionadas 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.sbq.org.br) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBCS 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* em Produtos da SBQ.