

química nova

NA ESCOLA

VOLUME 43

Nº 2, MAIO 2021

- 148 Aprendizagem Móvel no Ensino de Química: apontamentos sobre a Realidade Aumentada
John W. Grando e Maria das G. Cleophas
- 155 Regras de Arredondamento: uma breve análise
Régis C. Leal, Matheus F. da Silva e José M. Moita Neto
- 161 Um panorama sobre veículos controladores da entrega de medicamentos no tratamento do câncer
Willian Demos, Anelise M. Regiani e Ricardo F. Affeldt
- 167 Um jogo de tabuleiro envolvendo conceitos de mineralogia no Ensino de Química
Edemar Benedetti Filho, Alexandre D. M. Cavagis, Karen O. dos Santos e Luzia P. dos S. Benedetti
- 176 Uma abordagem de ensino ativo em um experimento de eletrólise
Gabriel S. Arini, Isis V. S. Santos e Bayardo B. Torres
- 183 Método Algébrico para balanceamento de reações: Uma alternativa não explorada em livros didáticos de Química
Claudimar J. Duarte
- 190 Ensino de Eletroquímica: avaliação da capacidade de escolha e do aprendizado obtido por alunos do 3º ano a partir de videoaulas no *YouTube* – estudo de caso no IFMG - *Campus* Ouro Preto
Zilma S. Ferraz Filha, Rogério de Oliveira e Venilson L. B. Fonseca
- 201 Aplicação de princípios de Química Verde em experimentos didáticos: um reagente de baixo custo e ambientalmente seguro para detecção de íons ferro em água
Ana Lúcia de S. Ventapane e Paula M. L. dos Santos
- 206 Argumentação e outras práticas epistêmicas em uma sequência de ensino investigativa envolvendo Química Forense
Fernanda dos Santos e Adjane da C. T. e Silva

EDITORES

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

CONSELHO EDITORIAL

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

ASSISTENTE EDITORIAL

Giseli de Oliveira Cardoso

Química Nova na Escola é uma publicação trimestral da
Sociedade Brasileira de Química que tem como local de
publicação a sede da sociedade localizada no
Instituto de Química da USP -

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

05508-000 São Paulo - SP Brasil

Fone: (11) 3032-2299,

E-mail: qnesc@sbq.org.br

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

Indexada no: Chemical Abstracts, DOAJ, Latindex, EDUBASE, CCN/IBICT,
Portal de Periódicos da CAPES, Portal do Professor MEC,
Google Acadêmico e Unilibweb

Copyright © 2021 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 fotocópia, gravação, mídia magnética ou algum outro modo com fins comerciais, sem permissão por escrito da detentora do *copyright*.

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

Licenças Creative Commons

Artigos de acesso aberto nas revistas da SBQ são publicados sob licenças *Creative Commons*. Essas licenças proveem um arranjo padrão do setor para apoiar o fácil reuso de material de acesso aberto.

Artigos na QNEsc são publicados sob uma [licença CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt_BR) (licença de Atribuição *Creative Commons* Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional). A licença CC BY-NC-ND é uma licença restrita. Esta licença permite aos leitores copiar e redistribuir o material em qualquer meio ou formato, sob condição de atribuir crédito ao autor original. Contudo, o material não pode ser usado para fins comerciais. Além disso, ao alterar, transformar, ou incrementar o material, os leitores não podem distribuir o material modificado.

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt_BR



diagramação/capa

Hermano Serviços de Editoração

Sumário/Contents

Educação em Química e Multimídia / Chemical Education and Multimedia

- 148 Aprendizagem Móvel no Ensino de Química: apontamentos sobre a Realidade Aumentada

Mobile learning on chemistry teaching: notes on augmented reality

John W. Grando e Maria das G. Cleophas

Espaço Aberto / Issues/Trends

- 155 Regras de Arredondamento: uma breve análise

Rounding rules: a brief analysis

Régis C. Leal, Matheus F. da Silva e José M. Moita Neto

Atualidades em Química / Chemistry Updates

- 161 Um panorama sobre veículos controladores da entrega de medicamentos no tratamento do câncer

An overview on vehicle controllers of drugs in cancer treatment

Willian Demos, Anelise M. Regiani e Ricardo F. Affeldt

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

- 167 Um jogo de tabuleiro envolvendo conceitos de mineralogia no Ensino de Química

A board game involving concepts of mineralogy in Chemical education

Edemar Benedetti Filho, Alexandre D. M. Cavagis, Karen O. dos Santos e Luzia P. dos S. Benedetti

- 176 Uma abordagem de ensino ativo em um experimento de eletrólise

An active practical approach to teach electrolysis

Gabriel S. Arini, Isis V. S. Santos e Bayardo B. Torres

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

- 183 Método Algébrico para balanceamento de reações: Uma alternativa não explorada em livros didáticos de Química

Algebraic method for balancing chemical reactions: an unexplored alternative in chemistry textbooks

Claudimar J. Duarte

- 190 Ensino de Eletroquímica: avaliação da capacidade de escolha e do aprendizado obtido por alunos do 3º ano a partir de videoaulas no YouTube – estudo de caso no IFMG - Campus Ouro Preto

Electrochemistry teaching: analysis and evaluation of third year high school students' learning from YouTube video lectures: a case study in IFMG - Campus Ouro Preto

Zilma S. Ferraz Filha, Rogério de Oliveira e Venilson L. B. Fonseca

Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

- 201 Aplicação de princípios de Química Verde em experimentos didáticos: um reagente de baixo custo e ambientalmente seguro para detecção de íons ferro em água

Application of Green Chemistry principles in teaching experiments: a low-cost, environmentally safe reagent for detecting iron ions in water

Ana Lúcia de S. Ventapane e Paula M. L. dos Santos

Cadernos de Pesquisa / Research Letters

- 206 Argumentação e outras práticas epistêmicas em uma sequência de ensino investigativa envolvendo Química Forense

Argumentation and other epistemic practices in an inquiry-based teaching sequence involving Forensic Chemistry

Fernanda dos Santos e Adjane da C. T. e Silva

Novidades no PNLD 2021

Neste ano, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para o Ensino Médio seguirá pela primeira vez as modificações introduzidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) homologada no final de 2018. Entre as novidades está a possibilidade de as escolas escolherem livros sobre “Projetos de Vida” e “Projetos Integradores”. São propostas fundamentadas na *aprendizagem baseada em projetos*, que exigem formas de trabalhar que não têm sido as mais comuns nas escolas.

Os “Projetos Integradores” preveem o trabalho conjunto de professores de diferentes disciplinas. No caso dos professores de Química, a colaboração seria principalmente com os colegas das demais Ciências da Natureza, mas também com os da área de Humanidades, em abordagens com caráter inter- ou multidisciplinar. Isso exigirá novas condições de trabalho nas escolas, como a readequação de espaços e horários, bem como a valorização dos docentes, pois idealmente seria necessário que a equipe de professores dedicasse seu tempo a uma única escola. O tamanho do desafio é evidente, e é reconhecido pelos próprios autores do *Guia Digital PNLD 2021 – Projetos Integradores e Projeto de Vida – Ciências da Natureza e suas Tecnologias*¹. Vejamos um exemplo. Entre os “Projetos Integradores”, incluem-se propostas de “mídia-educação”, nas quais “os projetos buscam desenvolver o letramento midiático, oferecendo ao jovem a oportunidade de aprender sobre a produção, circulação e apropriação de informações nas diversas mídias que existem contemporaneamente... em uma perspectiva de se **aprender sobre mídias produzindo mídias**” (p. 19, grifo nosso). Porém, os autores do *Guia* reconhecem que “estudantes que frequentam escolas públicas, às quais se destinam as obras dos Projetos Integradores, muitas vezes, têm dificuldades de acesso à internet, assim como as próprias escolas brasileiras ainda não têm estruturas para proporcionar o acesso à internet a seus estudantes. E isso precisa ser considerado na elaboração e concretização de propostas pedagógicas para que estas não se caracterizem como propostas excludentes” (p. 30).

Não deixa de ser curioso observar que, no momento em que o obscurantismo e o preconceito se encontram disseminados nas esferas governamentais, o *Guia Digital PNLD 2021* aponte entre os critérios para a escolha dos livros didáticos que estejam livres “de estereótipos ou preconceitos de condição socioeconômica, regional, étnico-racial, de gênero, de orientação sexual, de idade, de linguagem, de deficiência, religioso, assim como de qualquer outra forma de discriminação, violência ou violação de direitos humanos” e de “doutrinação religiosa” (p. 53).

Para breve, está previsto um novo edital destinado à escolha das obras das disciplinas específicas, que ainda estão em avaliação. A partir de 2022, teremos a oportunidade de ver como serão desenvolvidos, em conjunto com as atividades disciplinares, os “Projetos Integradores” propostos pelos novos livros didáticos. Isso, é claro, se houver realmente a aquisição dos livros, a depender

de o MEC ainda dispor de algum orçamento até lá. Caso não, nos restará esperar que o “livre mercado” faça chegar livros (e internet, laboratórios,...) às escolas.

Enquanto aguardam a chegada dos novos livros, os leitores de *Química Nova na Escola* podem conhecer e se beneficiar de outros recursos didáticos, dos quais uma variedade estão presentes nesta edição. Nosso número anterior foi dedicado a pesquisas nacionais sobre a argumentação em ensino de Química, tema que volta a ser abordado no artigo “Argumentação e outras práticas epistêmicas em uma sequência de ensino investigativa envolvendo Química Forense”, o qual focaliza um estudo realizado com licenciandos em Química. Outro trabalho com estudantes do ensino superior deu origem ao artigo “Uma abordagem de ensino ativo em um experimento de eletrólise”. Tema recorrente nas pesquisas e práticas docentes publicadas em *QNEsc*, a experimentação também está presente, sob outra perspectiva, no artigo “Aplicação de princípios de Química Verde em experimentos didáticos: um reagente de baixo custo e ambientalmente seguro para detecção de íons ferro em água”. Com a crescente popularização de plataformas de compartilhamento de vídeos, esses recursos estão cada vez mais presentes no cotidiano escolar, mas precisam ser avaliados com cuidado. É o que nos mostra a investigação descrita em “Ensino de Eletroquímica: avaliação da capacidade de escolha e do aprendizado obtido por alunos do 3º ano a partir de videoaulas no YouTube - estudo de caso no IFMG - Campus Ouro Preto”. O uso das tecnologias de informação e comunicação também é objeto de análise no artigo “Aprendizagem móvel no ensino de Química: apontamentos sobre a realidade aumentada”. O aspecto lúdico está presente nessas tecnologias, mas também em jogos tradicionais, que podem ser aliados úteis no processo de ensino-aprendizagem – conforme se vê em “Um jogo de tabuleiro envolvendo conceitos de mineralogia no ensino de Química”. A modernidade deve se fazer presente nas escolas não apenas na forma de tecnologias, mas também pela introdução de temas da atualidade que possam ser relevantes para a formação da cidadania. É o que se propõe para o ensino de Química em “Um panorama sobre veículos controladores da entrega de medicamentos no tratamento do câncer”. A integração da Química com as diversas disciplinas é outra maneira de dar mais significado aos conhecimentos escolares. Abordagens que associam a matemática a diferentes aspectos do ensino de Química podem ser vistas em dois artigos: “Regras de arredondamento: uma breve análise” e “Método algébrico para balanceamento de reações: uma alternativa não explorada em livros didáticos de Química”.

Esperamos que esta edição de *QNEsc* encontre todos nossos leitores e leitoras com muita saúde. Boa leitura!

Paulo A. Porto
Salette L. Queiroz
Editores de *QNEsc*

¹Disponível em: https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia_pnld_2021_proj_int_vida_pnld2021-didatico-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologia.pdf. Acesso em 13 maio 2021.



Aprendizagem Móvel no Ensino de Química: apontamentos sobre a Realidade Aumentada

John Wesley Grando e Maria das Graças Cleophas

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) como auxiliares dos processos pedagógicos não é assunto recente na área do ensino. A discussão permeia, entre outros fatores, como trazer ao professor informações sobre o uso dessas tecnologias. Nesta pesquisa, buscou-se realizar um levantamento de aplicativos de Realidade Aumentada em *smartphones*, especificamente do sistema operacional Android, que poderiam ser utilizados para incrementar o processo de construção de conhecimento dentro da Química e sua posterior exposição à comunidade docente. Os aspectos de identificação, técnicos e de níveis de compreensão do conhecimento químico foram analisados. Sugestões e as principais funcionalidades foram apresentadas para que os professores conheçam melhor esse universo tecnológico de facilitadores na mediação do conhecimento.

► ensino de química, aprendizagem móvel, realidade aumentada ◀

Recebido em 29/12/2019, aceito em 15/08/2020

148

As tecnologias utilizadas para fins didáticos não são assunto recente na área da Educação. Documentos oficiais, como os próprios Parâmetros Curriculares Nacionais, ou PCN+ (Brasil, 2002), indicavam, desde 2002, a utilização de recursos computacionais para simular ambientes que pudessem favorecer um aprendizado eficaz da Química. A partir disso, historicamente, percebe-se que existe uma preocupação no que concerne à categorização e ‘sensibilização’ por parte do professor para a seleção de programas e/ou aplicativos para o ensino da disciplina, a fim de usar esses recursos de maneira satisfatória junto aos estudantes.

Comumente, observa-se que as novas tecnologias em educação estão mudando nossas ideias, concepções e objetivos educacionais e não apenas nossas metodologias aplicadas em sala de aula (Burbules *et al.*, 2020). Uma das tendências que vem ganhando relevância neste contexto, de acordo com Ally (2009), é a integração da Aprendizagem Móvel (AM) ao

sistema atual de ensino. Saliente-se que, para o pesquisador, há relação entre o alto índice do uso de tecnologias móveis para solução de problemas corriqueiros e a integração delas às práticas escolares diárias.

A AM possibilita que se integrem a ela outros tipos de tecnologias, como as Realidades Virtual (RV) e Aumentada (RA), no processo de construção de conhecimentos. A presença de jogos e aplicativos (apps) que utilizam tecnologias imersivas do tipo RV e RA aliadas à AM vem aumentando consideravelmente (IT Channel, 2016), despertando a vontade e curiosidade dos jovens na faixa etária correspondente à do Ensino Médio. Isto sugere que seria possível planejar e utilizar esse tipo de tecnologia para o ensino de diversos conceitos dentro da Ciência. A Figura 1 exemplifica as diferenças em termos da experi-

ência imersiva do sujeito com a RA e a RV. No entanto, ambas as tecnologias têm a notável capacidade de alterar nossa percepção sobre o objeto de análise.

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia emergente que renderiza objetos virtuais tridimensionais (3D) e permite que alunos interajam com objetos reais e virtuais ao mesmo tempo (Chen, 2006). Na tentativa de compreensão

Uma das tendências dentro do desenvolvimento de tecnologias educacionais, de acordo com Ally (2009), é a integração da Aprendizagem Móvel (AM) ao sistema atual de ensino.

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.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR
Vol. 43, N° 2, p. 148-154, MAIO 2021

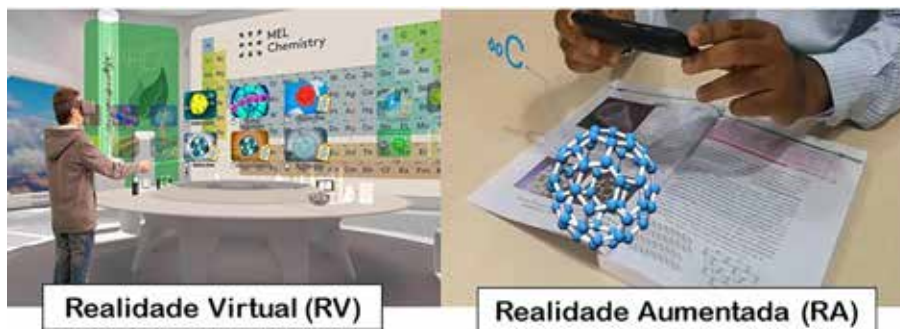


Figura 1: Comparativo entre Realidade Virtual (esquerda) e Realidade Aumentada (direita). Fonte: Adaptado de Chang (2017) e 3D Spectra (2020).

da práxis relacionada ao uso dessas tecnologias, Paula (2015) constrói um excerto histórico-participativo das pesquisas que envolvem suas utilizações no ensino, como, por exemplo, em simulações – como as propostas pelo uso de RA.

O recorte histórico construído pelo autor conta com trabalhos como os de Medeiros e Medeiros (2002), que delineiam o início do uso de tecnologias com o intuito de simular ambientes virtuais no ensino de Física no Brasil. O levantamento apresenta também a pesquisa de Scalise *et al.* (2011), que traz relações entre o uso de situações que envolvam simulações no ensino de Ciências e possíveis ‘ganhos’ pedagógicos, como o aumento do rendimento e interesse por parte do discente.

Especificamente dentro da Química, Locatelli *et al.* (2015) apresentam a hipótese da existência de um nível de abstração muito alto que acaba se inserindo como fator dificultante no processo de evolução de aprendizagens dessa disciplina. Este fator abstrato pode estar estreitamente relacionado ao nível submicroscópico de compreensão do conhecimento químico, conforme descrito inicialmente por Johnstone (1993) e depois rediscutido por Mahaffy (2006).

A utilização de ‘caminhos alternativos’ para auxiliar na visualização de conceitos abstratos que estão incorporados à natureza da Química se torna um campo potencialmente promissor para gerar aprendizagens, pois, por meio da integração da AM com a RA, os alunos podem controlar, combinar e interagir com um modelo 3D de micropartículas usando marcadores, além de realizar uma série de experimentos baseados em perguntas (Cai *et al.*, 2014).

Partindo dessas premissas e tendo como público-alvo professores e profissionais da Educação envolvidos direta ou indiretamente com o ensino de Química, este artigo tem o intuito de apresentar algumas sugestões de aplicativos que envolvam a Realidade Aumentada para fortalecer aprendizagens em Química.

Para efeito, priorizaram-se os testes com as funções gratuitas disponibilizadas pelos aplicativos, porém as funções

pagas foram analisadas igualmente e também terão presença na análise geral das plataformas digitais que serão discutidas.

Parâmetros da seleção e análise dos aplicativos

A fase de seleção, teste e análise dos aplicativos foi pautada em determinadas características específicas de categorização. Primeiramente, há de se informar que os aplicativos em questão foram pesquisados exclusivamente no sistema operacional Android, em *smartphones*.

Para isso, encontraram-se duas justificativas: a primeira está em consonância com os estudos de McCracken (2013) e que foram sustentados pelo instituto *International Data Corporation* (IDC, 2018), ao informar que o sistema Android é o predominante nos *smartphones* do mundo todo, pois possuía 86,8% da fatia do mercado global no último bimestre de 2018; já a segunda é referente ao fato de que há a necessidade de imersão dos autores no campo de pesquisa, sendo assim, como não possuíam a facilidade de acesso a sistemas operacionais diferentes do escolhido, decidiu-se restringir a pesquisa a esse campo para a prospecção dos aplicativos.

No período de buscas dos aplicativos na base de dados da loja do sistema Android (*Play Store*), utilizou-se o termo “Realidade Aumentada” conjuntamente com o termo “Química”, a fim de refinar melhor o espectro de aplicativos encontrados.

Logo, para os aplicativos selecionados a partir dos termos utilizados, buscou-se analisar os conceitos basilares dentro da Química a partir da compreensão dos conhecimentos em questão, porém, é importante ressaltar que a construção do conhecimento químico pode ser analisada sob diversos olhares e perspectivas. Destaque-se que

Johnstone (1993) e, de maneira complementar, Mahaffy (2006) propuseram notáveis pontos de partida para análise relacionada a esse assunto.

Segundo a ótica do professor Johnstone (1993), o aprendizado em Química pode ser dividido em três grandes níveis representacionais da compreensão dos conhecimentos. Em uma analogia, o autor buscou estabelecer suas ideias em

A fase de seleção, teste e análise dos aplicativos foi pautada em determinadas características específicas de categorização. Primeiramente, há de se informar que os aplicativos em questão foram pesquisados exclusivamente no sistema operacional Android, em *smartphones*.

um formato de triângulo (três lados iguais, ‘isonômicos’ de importância), o que deu origem ao “Triângulo de Johnstone”, composto pelos vértices:

- **Nível (Universo) macroscópico:** também reconhecido pelo autor como nível ‘fenomenológico’, compreende a análise de fenômenos naturais, quimicamente falando, em proporções macroscópicas, observáveis;
- **Nível (Universo) molecular:** é a parte da construção do conhecimento que busca a real compreensão do universo das entidades químicas submicroscópicas (átomos, íons e moléculas) e de como os processos que as envolvem ocorrem, por isso também pode ser chamada de ‘universo submicroscópico’;
- **Nível (Universo) simbólico:** consiste na busca de representações (universo representacional) de fenômenos em uma linguagem comum e científica.

Numa releitura pontual dos níveis de compreensão dos conhecimentos químicos, o professor Peter Mahaffy (2006) propôs a introdução de mais um nível ao modelo triangular de Johnstone. Nessa tratativa, Mahaffy (2006) buscou ‘tridimensionalizar’, ou seja, trazer para nossas dimensões o ensino de Química e, por consequência, sua pesquisa deu origem à metáfora do Tetraedro de Mahaffy, inserindo a construção:

- **Nível (Universo) humano:** Mahaffy busca introduzir o aspecto que ele nomeia, literalmente traduzido, como ‘elemento humano’, que nada mais é do que a participação do homem, como sociedade, na construção, análise e utilização dos conceitos relativos ao conhecimento químico.

Seguindo as perspectivas propostas por ambos os pesquisadores, pode-se verificar que o trabalho de Mahaffy é uma evolução do proposto por Johnstone, sendo que na Figura 2 é possível observar um panorama comparativo entre os dois modelos. Cabe destacar que o objetivo do ensino de Química, numa perspectiva tetraédrica, se assenta na necessidade de conectar a Química à experiência do aluno (Mahaffy, 2006).

A fim de uma congruência de ideias entre o autor e o trabalho evolutivo de Mahaffy (2006), escolheu-se esse

modelo ao se confeccionarem as análises acerca dos conceitos presentes nos aplicativos testados.

No âmbito amplo da pesquisa, construíram-se classificações dentro da esfera dos aplicativos testados, sugerindo os seguintes critérios para posterior análise:

- **Ícone, Nome, Desenvolvedora e Língua** – características de linguagem e identificação do aplicativo;
- **Gratuito/Funções Pagas, Tamanho, Última Atualização, Nota Geral da Comunidade de Usuários** – características técnicas e de experiência do aplicativo. As notas estão disponíveis junto aos aplicativos, na loja, e refletem as experiências pessoais dos seus usuários;
- **Conceitos que podem ser explorados e sua disposição no modelo de Mahaffy** – características de exploração educacional dos conteúdos do aplicativo.

Aprendizagem Móvel e Realidade Aumentada no Ensino de Química – sugestões

A definição sobre Aprendizagem Móvel é ampla. Contudo, Brown e Mbatí (2015) consideram que ela surgiu como um novo conceito no final do milênio anterior, à medida que os educadores começaram a explorar o uso do celular em ambientes de ensino e aprendizagem. Embora possamos ter a Aprendizagem Móvel usando diferentes dispositivos, como *palmtops*, *tablets*, *notebooks*, entre outros, é percebido na atualidade que se torna cada vez mais intenso o uso do celular *smartphone* nas atividades que se destinam à aquisição de conhecimentos plurais.

Considerando essa linha de raciocínio, o exposto acima está em conformidade com a discussão presente neste artigo quando inserimos e integramos o conceito da RA. Conforme o próprio nome explicita, a RA

pretende “aumentar” a experiência da realidade, buscando sobrepor objetos multimidiáticos (imagens, animações, vídeos) a superfícies do “mundo real” (Tori, 2010). Para isso, é necessária a utilização de *smartphones* ou outros dispositivos móveis dos estudantes, a fim de que seja

Embora possamos ter a Aprendizagem Móvel usando diferentes dispositivos, como *palmtops*, *tablets*, *notebooks*, entre outros, é percebido na atualidade que se torna cada vez mais intenso o uso do celular *smartphone* nas atividades que se destinam à aquisição de conhecimentos plurais.

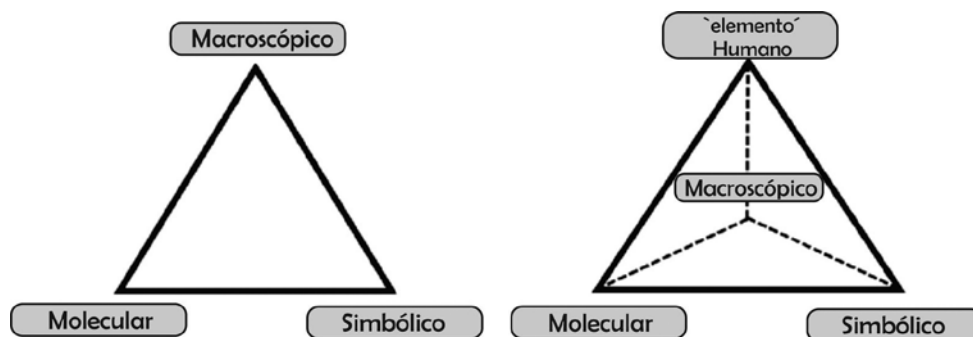


Figura 2: Comparativo entre o Triângulo de Johnstone (esquerda) e o Tetraedro de Mahaffy (direita). Fonte: Adaptado e traduzido de Mahaffy (2006).

possível a visualização e manipulação (a partir da tela dos equipamentos visualizadores).

Quando é dito “sobreposição” ao mundo real, questiona-se como ela é realizada. Geralmente, os aplicativos disponibilizam pequenos códigos de resposta rápida – o código QR¹ – que devem ser impressos e distribuídos aos estudantes. Então, a partir da leitura deles pela câmera do *smartphone* e da própria interface do *software*, os objetos são emulados na tela, sobre os códigos visualizados, conforme pode se observar no esquema apresentado na Figura 3.

Na Tabela 1 estão os aplicativos que se encaixam no aspecto da Realidade Aumentada e que estão disponíveis acessível para o ensino de Química. Assim, dentro do espectro de pesquisa, pode-se perceber que os aplicativos de Realidade Aumentada possuem uma flexibilidade quanto ao idioma (existem aplicativos em português, espanhol e inglês) e, com isso, é relativamente maior a facilidade de aplicação, visto que necessitam ‘apenas’ do *smartphone* dos estudantes e dos códigos QR (que são disponibilizados pelos fornecedores apps) que precisam ser previamente impressos.

A possibilidade de integrar, também, alguns conceitos desenvolvidos durante o percurso da disciplina atrelada à Química com a tecnologia de visualização em três dimensões, propiciada pela RA, também pode ser muito útil no processo de mediação na construção de conhecimentos relacionados a esta disciplina, pois, a depender da criatividade do professor, muitas situações didáticas podem ser inseridas em sala de aula usando códigos QR.

Porém, é de extrema importância salientar que a Realidade Aumentada, principalmente envolvendo a Química, precisa da mediação do professor para garantir êxito em sua utilização, visto que, caso não exista um encaminhamento pedagógico adequado, os estudantes podem desenvolver barreiras de ensino, ‘misconceitos’ na aprendizagem (como, por exemplo, imaginarem que átomos realmente são ‘bolinhas coloridas’, com letras que ficam inertes no espaço), ou, ainda, não entenderem a finalidade pedagógica da atividade.

A seguir, listam-se os aplicativos selecionados para o estudo e as considerações sobre a utilização deles.



Figura 3: Funcionamento de um aplicativo de Realidade Aumentada. Fonte: Adaptado de Spectre (2019).

Tabela 1: Aplicativos de Realidade Aumentada pesquisados

ÍCONE	NOME	DESENV.	LÍNGUA	G/FP	TAM.	ATT.	NOTA
	Química 3D – CTI - UNESP	Colégio Técnico Industrial - UNESP	Português	G	(até) 500 MB	20/07/2018	4,8/5
	QuimicAR	CreativITIC	Espanhol	G	37 MB	01/03/2014	4,2/5
	RApp Chemistry (A): AR	Juan C. Muñoz	Espanhol	G	52 MB	11/03/2017	4,5/5
	Chemistry Simulator AR	Reptilessoft	Inglês	G	83 MB	03/02/2019	5/5
	AR VR Molecules Editor	Virtual Space LLC	Inglês	FP	72 MB	27/06/2018	3,6/5

Nota: Desenvolvedor (DESENV.), Gratuito/Função Paga (G/FP), Tamanho (TAM.), Última Atualização (ATT.) e Nota Geral da Comunidade de Usuários (NOTA). Fonte: Os Autores (2019).

a) Química 3D – CTI – UNESP

O primeiro app analisado da categoria RA é um aplicativo desenvolvido pelo Colégio Técnico Industrial da Universidade Estadual Paulista, o qual tem como principal enfoque complementar a experiência das aulas de Química, utilizando visualizações ‘manipuláveis’ em três dimensões de praticamente todos os conceitos dessa disciplina abordados no âmbito do Ensino Médio.

Para utilizar o aplicativo, deve ser feito um rápido cadastro para receber o material via e-mail, o qual, conjuntamente com o aplicativo, apresenta uma boa construção e constitui uma excelente ferramenta de apoio para estudo e visualizações 3D bem arquitetadas sobre os conceitos disponibilizados. O app aborda temas que vão desde aqueles mais generalistas da Química, como solubilidade, propriedades periódicas e ligações químicas, até os mais específicos, como assuntos de físico-química e classificação de cadeias carbônicas.

Dentro do aspecto da categorização, tomando como base o proposto por Mahaffy (2006), pode-se considerar que esse aplicativo está balanceadamente distribuído pelos níveis que representam o universo macroscópico, submicroscópico e simbólico, tendo em vista que as animações buscam sempre complementar a experiência dos estudantes com os conceitos. Porém, o ‘elemento humano’ não se encontra tão evidenciado, comprometendo a análise humanística no app.

O aplicativo se mostra de maneira muito satisfatória como ‘acompanhante’ do professor, sendo bem interessante para dinamizar e otimizar as aulas, oferecendo aos estudantes a oportunidade de acompanharem o raciocínio sobre o tema discutido, por meio de visualizações e análises promovidas pelo app.

b) QuimicAR

O *software* QuimicAR traz um visualizador de moléculas em RA em que é possível “realizar” reações químicas entre elas, abordando conceitos como átomos, substâncias, reações e combustão, salientando que, apesar de seu idioma ser o espanhol, é perfeitamente compreensível e de fácil utilização.

É interessante observar a combinação entre os elementos. Por exemplo, ao aproximar o código QR do metano ao do gás oxigênio, obtemos a visualização de uma reação, em que as substâncias se misturam e formam uma chama, o que representa a reação de combustão do metano, resultando em moléculas de água e gás carbônico.

O aplicativo estaria bem alocado, dentro da perspectiva de compreensão do conhecimento químico de Mahaffy (2006), nos níveis macroscópico (observação dos fenômenos), submicroscópico (compreensão e visualização molecular) e simbólico (são trabalhadas representações escritas dos elementos/moléculas). Apesar disso, vale ressaltar que o fator

‘humano’ não está presente em nenhuma das animações em três dimensões.

Assim, o professor pode (e deve) explorar os recursos do aplicativo, a fim de potencializar o seu uso, salientando que a retomada e a cotidianização dos conceitos explorados pelo app podem auxiliar os estudantes a internalizarem os conhecimentos construídos.

c) RApp Chemistry (A): AR

Esse aplicativo apresenta um visualizador dos elementos representativos da tabela periódica, com foco na estrutura atômica dessas entidades químicas. Os conceitos relaciona-

dos ao átomo, elementos e sobre a tabela periódica (representativos) podem ser abordados utilizando esse app, que pode ser classificado, dentro da perspectiva de Mahaffy (2006), quase exclusivamente no nível submicroscópico de compreensão, pois propicia apenas a “visão” do átomo e de algumas singelas informações simbólicas, não tendo qualquer

representação pertencente aos níveis macroscópico e humano.

Diante do exposto, é bastante proveitoso para trabalhar o modelo atômico de Bohr e a distribuição eletrônica, de modo a poder complementar a experiência da aula e facilitar a experiência do professor durante o processo de prover visualizações adequadas sobre o tema.

d) Chemistry Simulator AR

Esse aplicativo propõe apresentar um modelo em 3D de ligações químicas entre elementos para formação de moléculas. É relativamente mais ‘simples’ que os demais e permite apenas a observação dos elétrons que ficam estáticos nas camadas de valência dos elementos disponíveis. A animação relacionada à ligação é pouco prática e usual no estudo da Química.

No que tange aos níveis de representação para compreensão do conhecimento químico de Mahaffy, esse aplicativo se encontra exclusivamente no nível submicroscópico, ou seja, tem apenas o intuito de ‘mostrar’ como poderiam ocorrer as ligações químicas, sem atentar à compreensão do fenômeno, à simbologia envolvida e nem a como o homem esteve presente na construção desse conhecimento. Assim, por ter esse caráter mais centrado em um nível de compreensão, demanda teste prévio, planejamento e de mediação/supervisão constante do professor, a fim de não prejudicar a experiência de construção de conhecimento.

e) AR VR Molecules Editor

O aplicativo em questão tem a premissa de disponibilizar um editor de moléculas interativo, em três dimensões, que funciona com Realidade Virtual e que “grava” essas moléculas como códigos QR que podem ser visualizados

O aplicativo se mostra de maneira muito satisfatória como ‘acompanhante’ do professor, sendo bem interessante para dinamizar e otimizar as aulas, oferecendo aos estudantes a oportunidade de acompanharem o raciocínio sobre o tema discutido, por meio de visualizações e análises promovidas pelo app.

posteriormente em Realidade Aumentada. Desse modo, com esse viés de ‘editor’, os conceitos que podem ser analisados junto aos estudantes permeiam ligações químicas, geometria molecular, tabela periódica (ainda que desatualizada), elementos, átomos e moléculas.

Pode-se classificar o espectro desse aplicativo em dois vértices do tetraedro de Mahaffy (2006): o submicroscópico e o simbólico. Neste caso, é instigada a “visualização” dos átomos dispostos em uma molécula, bem como a representação (escrita) dessa molécula em questão.

Contudo, alguns cuidados devem ser tomados ao se utilizar esse aplicativo. Um deles está atrelado às representações adotadas (modelo de “bolas”, em que o aluno pode acreditar que os átomos são como estão representados), além de desatualizações, como, por exemplo, a versão da tabela periódica usada para selecionar os elementos. Ressalte-se que, apesar da funcionalidade não gratuita estar atrelada à parte que envolve o uso da Realidade Aumentada, o editor em RV é gratuito e bastante competente no quesito a que se propõe.

Considerações

A Realidade Aumentada – conjuntamente com a Aprendizagem Móvel – está cada dia mais dedicada e personalizada para o seu uso no cotidiano. À vista disso, a sua aplicação no ensino pode ajudar a diminuir a abstração conceitual que está relacionada, sobretudo, ao universo molecular da Química, além de contribuir na apreensão/construção dos outros níveis representacionais que são importantes para a compreensão dos conhecimentos químicos. Desse modo, os aplicativos apresentados neste artigo têm o intuito de facilitar o processo da construção do conhecimento em Química, provendo ferramentas, como ‘visualizadores de átomos e moléculas’, que incrementam a assimilação dos estudantes e permitem um processo de mediação do conhecimento satisfatório para o professor.

O uso de qualquer tecnologia, incluindo a RA, discutida neste artigo, deve estar sempre alinhado à práxis e à mediação

por parte dos docentes. Dessa maneira, encontrar soluções para diferentes momentos de promoção de aprendizagens em Química utilizando a RA não é necessariamente um manual, em que o professor segue passos e consegue encontrar o app perfeito, mas depende de muita pesquisa e levantamento, de maneira constante.

É importante explicitar que os aplicativos apresentados neste artigo não são os únicos disponíveis na loja do sistema operacional Android. Os autores buscaram trazer as sugestões mais específicas e populares da área, bem como com maiores correspondências com as categorias desejadas.

Apesar de as pesquisas serem bem direcionadas, sempre há a possibilidade de aplicativos explorados neste artigo serem descontinuados devido ao surgimento de novos apps que tragam avanços em relação à RA e à RV, recomendando-se aos professores sempre fomentar a prospecção e o

uso dessas tecnologias para auxiliar na formação e constituição do processo de construção do conhecimento em Química.

Nota

¹ Para informações mais detalhadas, sugerimos a leitura do artigo VIEIRA, L. S.; COUTINHO, C. P. M. *Mobile Learning: perspectivando o potencial dos códigos QR na educação*. Atas do CIED – Universidade do Minho. Braga: Editora Universidade do Minho, 2013.

John Wesley Grando (wesleygrando@gmail.com), licenciado em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná, especialista em Metodologias do Ensino de Química pelo Centro Universitário Internacional, atualmente é mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática pela Universidade Federal do Paraná (PPGECM-UFPR). Curitiba, PR - BR. **Maria das Graças Cleophas** (maria.porto@unila.edu.br), licenciada em Química e mestre em Físicoquímica pela Universidade Federal da Paraíba. Doutora em Ensino das Ciências pela UFRPE. Atualmente é professora da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Coordenadora do Curso de Química - Licenciatura e faz parte do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática (PPGECM UFPR) da Universidade Federal do Paraná. Foz do Iguaçu, PR - BR.

Referências

3D SPECTRA. Augmented reality apps for education. *3D Spectra Tech* [site], 2020. Disponível em <https://www.3dspectratech.com/augmented-reality-in-education/augmented-reality-apps-for-education/>. acesso em jun. 2020.

ALLY, M. *Mobile learning: transforming the delivery of education and training*. 1ª Ed., Edmonton: AU Press, 2009.

BRASIL. MEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BROWN, T. H.; MBARTI, L. S. *Mobile learning: moving past*

the myths and embracing the opportunities. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, v. 16, n. 2, 2015.

BURBULES, N. C.; FAN, G.; REPP, P. Five trends of education and technology in a sustainable future. *Geography and Sustainability*, v. 1, n. 2, p. 97-97, 2020.

CAI, S.; WANG, X.; CHIANG, F.-K. A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, p. 31–40, 2014.

CHANG, R. M. Science launches virtual reality chemistry lessons. *THE Journal* [revista online], 2017. Disponível em: <https://thejournal.com/articles/2017/06/15/mel-science-launches-virtual-reality-chemistry-lessons.aspx>, acesso em jun. 2020.

CHEN, Y.C. A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education. *Proceedings*

of the 2006 ACM International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications - VRCIA '06, 2006.

IDC, Internacional Data Corporation. *Smartphone Market Share*, 2018. Disponível em: <https://www.itchannel.pt/news/negocios/realidade-aumentada--o-despertar-de-umfenomeno>, acesso em mai. 2019.

IT CHANNEL. *Realidade aumentada – o despertar de um fenómeno*. [site], 2016; disponível em: <https://www.itchannel.pt/news/negocios/realidade-aumentada--o-despertar-de-umfenomeno>. Acesso em: 15/05/2019.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, v.70, n. 9, p. 701-705, 1993.

LOCATELLI, A.; ZOCH, A. N.; TRENTIN, M. A. S. TICs no ensino de química: um recorte do “estado da arte”. *Revista Tecnologias na Educação*, vol. 12, n. 19, 2015.

MAHAFFY, P. G. Moving chemistry education into 3D: a tetrahedral metaphor for understanding chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 83, n. 1, p. 49-55, 2006.

MCCRACKEN, H. Who's winning, iOS or Android? All the

numbers, all in one place. *Revista Time: Techland* [revista online], 2013. Disponível em: <http://techland.time.com/2013/04/16/ios-vs-android/>, acesso em abr. 2019.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n.2, p 77-86, 2002.

PAULA, H. F. As Tecnologias de Informação e Comunicação, o Ensino e a Aprendizagem de Ciências Naturais. IN: MATEUS, Alfredo L. (Org.). *Ensino de Química Mediado pelas TICs*, 1ª Ed., Belo Horizonte: Editora UFMG, 2015

SCALISE, K.; TIMMS, M.; MOORJANI, A; CLARK, L.; HOLTERMANN, K.; IRVIN, P. S. Student learning in science simulations: design features that promote learning gains. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 48, n. 9, p. 1050-1078, 2011.

SPECTRE. Augmented Reality. *Spectre* [site], 2019. Disponível em: <http://www.wearespectre.com/augmented-reality>, acesso em dez. 2019.

TORI, R. *Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem*. 1ª Ed., São Paulo: Editora Senac, 2010.

Abstract: *Mobile learning on chemistry teaching: notes on augmented reality.* The use of Information and Communications Technology (ICT) as an auxiliary of pedagogic processes is not a recent issue on teaching area. This discussion permeates, among other factors, how to bring information about the use of these technologies to the teachers. This research aimed to construct an inventory of Augmented Realities apps in smartphones, specifically in Android operational system, which can be utilized to enhance the process of knowledge construction in chemistry and posterior exposition of these apps to teacher's community. Identification and technical aspects, as well as the levels of understanding chemistry, were analyzed. Suggestions and main functionalities were presented so that the teachers know better this technological universe of facilitators in the mediation of knowledge.

Keywords: chemistry teaching, mobile learning, augmented reality

Regras de Arredondamento: uma breve análise

Régis C. Leal, Matheus F. da Silva e José M. Moita Neto

O uso da calculadora científica é rotineiro entre os estudantes de Graduação em Química de todo o Brasil. Em operações envolvendo cálculos químicos é conveniente arredondar números para uma quantidade adequada de algarismos significativos. O presente trabalho traz um panorama geral e faz uma breve análise sobre as regras de arredondamento comumente encontradas e disponíveis na literatura de nível superior. Este artigo servirá de base para alunos e professores que tenham interesse no esclarecimento do uso correto das regras de arredondamento.

► arredondamento, estatística, ensino de química ◀

Recebido em 28/04/2020, aceito em 30/08/2020

155

No Brasil é comum os cursos de graduação em Química incluírem uma disciplina de Estatística Aplicada. Estatística pode ser compreendida como o conjunto de técnicas que permite, de forma sistemática, organizar, descrever, analisar e interpretar dados oriundos de estudos ou experimentos, realizados em qualquer área do conhecimento (Magalhães e Lima, 2015). É óbvio que a natureza dessa disciplina possa variar; no entanto, a ementa de um curso introdutório de Estatística Aplicada à Química (EAQ) deve abordar desde conceitos teóricos mais fundamentais até a manipulação de *softwares* mais sofisticados, além do uso de planilhas eletrônicas e das principais funções da calculadora científica.

Podemos citar alguns esforços realizados no sentido de facilitar o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos diversos em uma disciplina de EAQ, como o trabalho de Gomes e Lima (2012) utilizando palitos de fósforos para facilitar o entendimento de distribuição normal (conteúdo de

distribuição de frequência), o trabalho de Leal *et al.* (2014) correlacionando parâmetros do processo de combustão de uma vela com os parâmetros da equação de uma reta (conteúdo de regressão linear), o trabalho de Costa Júnior *et al.* (1999) avaliando o impacto de algumas aproximações (conteúdo de erros) utilizadas na Físico-Química, entre outros.

Tópicos iniciais, normalmente abordados na EAQ, englobam o Sistema Internacional (SI) de Unidades (Andrade e Custodio, 2000), operações aritméticas fundamentais levando em consideração o uso correto de algarismos significativos (Moita e Moita Neto, 2010), notação científica e regras de arredondamento. Este último tema, em particular, des-

perta dúvidas nos alunos devido ao conflito de informações geralmente encontradas na literatura, e por esse motivo é o alvo de estudo do nosso trabalho.

Regras de Arredondamento

Guare (1991) já ressaltava que as regras convencionais para arredondar números não eram adequadas, pois não

Guare (1991) já ressaltava que as regras convencionais para arredondar números não eram adequadas, pois não consideravam a importância dos dígitos descartados e levavam a um tratamento desigual de números arredondados para cima (a expressão “arredondar para cima” significa aumentar em uma unidade o último dígito significativo) em relação aos números arredondados para baixo (a expressão “arredondar para baixo” significa manter o dígito significativo inalterado).

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



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR
Vol. 43, N° 2, p. 155-160, MAIO 2021

consideravam a importância dos dígitos descartados e levavam a um tratamento desigual de números arredondados para cima (a expressão “*arredondar para cima*” significa aumentar em uma unidade o último dígito significativo) em relação aos números arredondados para baixo (a expressão “*arredondar para baixo*” significa manter o dígito significativo inalterado). Para isso, ele propôs um “novo sistema” de arredondamento de números: “se o primeiro dígito descartado é significativo e está entre 5 – 9, arredondamos para cima. Caso contrário, apenas truncar.” Em outras palavras, Guare propôs que, em arredondamento de números, o dígito precedente a um 5 descartado deveria sempre ser arredondado para cima. Seguindo as regras convencionais, se tomarmos o intervalo de 1,15 – 1,25 (abrangendo uma faixa de 0,10 e 10 acréscimos centesimais a partir do menor extremo do intervalo), deve-se arredondar para 1,2 e se tomarmos o intervalo 1,26 – 1,34 (abrangendo uma faixa igual a 0,08 e 8 acréscimos centesimais a partir do menor extremo do intervalo), deve-se arredondar para 1,3. Isso dá 1,2 onze vezes (1,15; 1,16; 1,17; 1,18; 1,19; 1,20; 1,21; 1,22; 1,23; 1,24; 1,25) e 1,3 nove vezes (1,26; 1,27; 1,28; 1,29; 1,30; 1,31; 1,32; 1,33; 1,34). Assim como o intervalo 1,16 – 1,24 se tornaria 1,2 (se repetiria 9 vezes) e o intervalo 1,25 – 1,35 se tornaria 1,3 (se repetiria 11 vezes). Pelo novo sistema de arredondamento, sugerido por Guare (1991), se tomarmos o intervalo de 1,15 – 1,24 deve-se arredondar para 1,2, e para o intervalo 1,25 – 1,34 arredonda-se para 1,3. Isso geraria os números 1,2 e 1,3 exatamente dez vezes.

No entanto, Midden (1997) critica o modelo desenvolvido por Guare (1991) e explica porque o “novo sistema” não funciona. Gerando erros por arredondamento de números de 0 – 20, através de dois esquemas denominados “*Round 5 Up*” (sempre arredondar o dígito anterior a 5 para cima) e “*Round 5 Even*” (arredondamento do dígito anterior a 5, para cima ou para baixo, de modo que se torne um dígito par), mostrou que os erros se acumulam com a regra “*Round 5 Up*”, e os erros somam zero com a regra “*Round 5 Even*”. Então conclui que (1) o “novo método” proposto anteriormente por Guare (1991) deveria ser usado apenas para números nos quais os dígitos diferentes de zero após um 5 isolado seja significativo e que (2) erros são minimizados para uma distribuição uniforme de números pelo método tradicional de manter o dígito significativo inalterado quando o primeiro dígito a ser descartado estiver entre 1 e 4, e aumentar em uma unidade o dígito significativo quando o primeiro dígito a ser descartado estiver entre 6 e 9, e arredondando sempre o dígito anterior a 5 para um dígito par.

Segundo Yates (2010), arredondar números é importante porque as calculadoras geralmente dão respostas com precisões maiores que o necessário. A regra básica é: se o dígito a ser descartado estiver acima de cinco, aumentamos o dígito

A regra básica é: se o dígito a ser descartado estiver acima de cinco, aumentamos o dígito anterior (dígito significativo) em uma unidade e, se inferior a cinco, mantemos o dígito anterior inalterado, e descartamos todos os demais dígitos à direita do algarismo significativo.

anterior (dígito significativo) em uma unidade e, se inferior a cinco, mantemos o dígito anterior inalterado, e descartamos todos os demais dígitos à direita do algarismo significativo. Desse modo, ao escrevermos 4,857 com três algarismos significativos, é arredondado para 4,86, e ao escrevermos 7,82 com dois algarismos significativos é arredondado para 7,8. Mas, uma situação interessante surge quando o dígito a ser descartado for cinco. Nesse caso, Yates (2010) menciona que a maioria das pessoas parece ter aprendido a aumentar o dígito anterior em uma unidade. No entanto, estatisticamente, é melhor arredondar o número anterior para o número par mais próximo, porque nesse caso haverá um número igual de vezes quando alguém arredondar para cima ou para baixo. Isso é conhecido como arredondamento gaussiano (*banker's rounding*) (Yates, 2010), e é designado para evitar um acúmulo de erros sistemáticos.

A norma brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que trata das regras de arredondamento na numeração decimal é a ABNT NBR 5891:2014, válida a partir de 10/01/2015 e confirmada em 11/02/2019. Segundo essa norma: “Quando o algarismo a ser conservado for seguido de algarismo inferior a 5, permanece o algarismo

a ser conservado e retiram-se os posteriores. Por exemplo, o número 1,3333 arredondado à primeira decimal torna-se 1,3. Quando o algarismo a ser conservado for seguido de algarismo superior ou igual a 5 seguido de no mínimo um algarismo diferente de zero, soma-se uma unidade ao algarismo a ser conservado e

retiram-se os posteriores. Por exemplo, o número 1,6666 arredondado à primeira decimal torna-se 1,7. E, o número 4,8505 arredondado à primeira decimal torna-se 4,9. Quando o algarismo a ser conservado for ímpar, seguido de 5 e posteriormente de zeros, soma-se uma unidade ao algarismo a ser conservado e retiram-se os posteriores. Por exemplo, o número 4,5500 arredondado à primeira decimal torna-se 4,6. Quando o algarismo a ser conservado for par, seguido de 5 e posteriormente de zeros, permanece o algarismo a ser conservado e retiram-se os posteriores. Por exemplo, o número 4,850 arredondado à primeira decimal torna-se 4,8.” Portanto, a ABNT NBR 5891 (2014) vai no mesmo sentido que o mencionado por Midden (1997) e Yates (2010).

O que diz a literatura de nível superior

Nesse trabalho consultamos livros utilizados no ensino superior para análise sobre o que cada um menciona a respeito das regras de arredondamento. Para tal, foram analisados apenas livros de Química Geral (7 livros) e Química Analítica (6 livros), conforme sumarizado na Tabela 1.

Do total de 13 livros consultados, 7 deles seguem a regra “*Round 5 Up*” (sempre arredondar o dígito anterior a 5 para cima). Esse conflito de informações encontrado na literatura

é o principal gerador de dúvidas, principalmente de alunos que, pelo pequeno grau de maturidade, não sabem qual caminho mais eficiente para seguir. Os alunos relatam ainda

preocupação quando, por exemplo, docentes de diferentes disciplinas adotam caminhos distintos quanto às regras de arredondamento. Esse trabalho pode servir, portanto, como

Tabela 1: Regra de arredondamento conforme bibliografia consultada

Referências	Regra de arredondamento	Exemplo
#Baccan <i>et al.</i> , 2001 CAP. 1, PÁG. 3	Quando for necessário arredondar números, a seguinte regra simplificada pode ser seguida: Se o dígito que segue o último algarismo significativo é igual ou maior que 5, então o último dígito significativo é aumentado em uma unidade. Caso este dígito seja menor 5, o último algarismo significativo é mantido. Existem outras regras, mas não serão consideradas aqui.	EXEMPLO 1: $6,8-2,6367 = 4,1633$ (arredonda para 4,2). EXEMPLO 2: $1000,0 + 10,05 + 1,066 = 1011,116$ (arredonda para 1011,1).
Mercê, 2012 CAP. 3, PÁG. 75	Se o número que vamos arredondar, estando à esquerda de um cinco - não sendo maior nem menor que 5, mas igual a 5 - se for par, ele permanece o mesmo; se for ímpar, arredonda-se para cima.	EXEMPLO 1: 5,348250375 arredondando para 3 algarismos significativos: 5,35. EXEMPLO 2: 5,348250375 arredondando para 6 algarismos significativos: 5,34825.
#Vogel <i>et al.</i> , 2002 CAP. 4, PÁG. 66	Para arredondar as quantidades, mantendo o número correto de algarismos significativos, adicione uma unidade ao último algarismo significativo se o algarismo rejeitado for 5 ou maior do que 5.	EXEMPLO 1: $168,11 + 7,045 + 0,6832$ deve ser escrita como $168,11 + 7,05 + 0,68 = 175,84$. EXEMPLO 2: $1,26 \cdot 1,236 \cdot 0,6834 \cdot 24,8652$ deve ser feita usando os valores $1,26 \cdot 1,236 \cdot 0,683 \cdot 24,87 = 26,5$.
Ohlweiler, 1976 CAP. 1, PÁG. 14	No arredondamento de números (eliminação de algarismos supérfluos) aumenta-se o último dígito retido quando o resíduo é maior do que 5; e, finalmente, retém-se o último dígito imutável se par ou aumenta-se o mesmo de uma unidade se ímpar, quando o resíduo é exatamente 5.	EXEMPLO 1: Os números 1,03345, 1,03055, 1,03350 e 1,03450, ao serem arredondados para quatro algarismos tornam-se 1,033, 1,031, 1,034 e 1,035, respectivamente.
Harris, 2011 CAP. 3, PÁG. 57	Quando se arredonda um número deve-se observar todos os algarismos além da última casa decimal desejada. No resultado 121,7948064, os algarismos 8064 se situam além da última casa decimal significativa. Em razão de esse número ser maior do que a metade do intervalo até o último algarismo significativo, deve-se arredondar o algarismo 4 para 5 (isto é, arredondamos para cima e obtemos o número 121,795 em vez de arredondarmos para baixo e obtemos o número 121,794). Se os algarismos não significativos forem menores do que a metade do intervalo, devemos arredondar para baixo. Por exemplo, o número 121,7943 é arredondado para 121,794. Existe uma situação especial, que é quando os algarismos não significativos são iguais a metade do intervalo. Neste caso, arredondamos para o algarismo par mais próximo. A razão pela qual arredondamos para um algarismo par é evitar o número ou a diminuição sistemática dos resultados devido a erros sucessivos de arredondamento. A meta-de dos arredondamentos será para cima e a outra metade para baixo.	EXEMPLO 1: $18,9984032 + 18,9984032 + 83,798 = 121,7948064$ deve ser arredondado para 121,795 na resposta final. EXEMPLO 2: O número 43,55 é arredondado para 43,6, se considerarmos apenas três algarismos significativos. EXEMPLO 3: Se mantivermos apenas três algarismos significativos no número $1,425 \times 10^{-9}$, ele fica $1,42 \times 10^{-9}$. O número $1,42501 \times 10^{-9}$ é arredondado para $1,43 \times 10^{-9}$, pois "501" é maior do que o intervalo para o próximo algarismo.
Skoog, 2006 CAP. 6, PÁG. 125 e 126	Sempre arredonde de forma apropriada os resultados calculados a partir de uma análise química. Uma boa regra a ser seguida quando se arredonda um número 5 é sempre arredondar para o número par mais próximo. Dessa forma eliminamos a tendência de arredondar em uma única direção. Em outras palavras, existe a mesma chance de que o número par mais próximo seja o mais alto ou menor a cada ocasião em que se efetua o arredondamento. No arredondamento de um número terminado em 5, sempre arredonde de forma que o resultado termine com um número par.	EXEMPLO 1: Considere as seguintes réplicas de resultados: 61,60; 61,46; 61,55 e 61,61. A média para esse conjunto de dados é 61,555 e o desvio padrão é 0,069. Quando arredondamos a média, o resultado deve ser 61,55 ou 61,56? Dessa maneira, podemos expressar o resultado como $61,56 \pm 0,07$. Caso haja qualquer razão para duvidar da confiabilidade da estimativa do desvio padrão, podemos expressar o resultado como $61,6 \pm 0,1$. EXEMPLO 2: 0,635 é arredondado para 0,64 e 0,625 para 0,62.

Tabela 1: Regra de arredondamento conforme bibliografia consultada (cont.)

Referências	Regra de arredondamento	Exemplo
Atkins e Jones, 2012 APÊNDICE 1, PÁG. 798	Nos cálculos, arredonde para cima se o último dígito for superior a 5 e para baixo se for menor do que 5. Quando o número termina em 5, arredonde sempre para o número par mais próximo. Em um cálculo com muitas operações, só arredonde na última etapa.	EXEMPLO 1: 2,35 é arredondado para 2,4 e 2,65 para 2,6. EXEMPLO 2: $0,10 + 0,024 = 0,12$.
*Chang, 2007 CAP 1, PÁG. 16 e 17	Para o arredondamento devemos proceder da seguinte maneira. Se o primeiro dígito do conjunto que será arredondado for menor que 5, simplesmente eliminamos os dígitos que o seguem. Se o dígito que segue o primeiro do conjunto for igual ou maior que 5, adicionamos 1 ao primeiro dígito.	EXEMPLO 1: $2,8 \times 4,5039 = 12,61092$ é arredondada para 13. EXEMPLO 2: $6,85 \div 112,04 = 0,0611388789$ é arredondado para 0,0611.
Brown <i>et al.</i> , 2016 CAP 1, PÁG. 25	Ao arredondar números, fique atento para o dígito mais à esquerda a ser removido: Se o dígito mais à esquerda for inferior a 5, o número anterior não deve ser alterado. Assim, arredondar 7,248 para dois algarismos significativos resulta em 7,2. Se o dígito mais à esquerda for maior ou igual a 5, o número anterior deve aumentar em 1. Arredondar 4,735 para três algarismos significativos resulta em 4,74; e arredondar 2,376 para dois algarismos significativos resulta em 2,4. *Seu professor pode preferir uma pequena variação da regra quando o dígito mais à esquerda a ser removido for exatamente 5, sem dígitos seguintes ou apenas seguido de zeros. Uma prática comum é arredondar para o próximo número maior, se esse número for par, e para o número menor, se o maior for ímpar. Assim, 4,7350 seria arredondado para 4,74 e 4,7450 também seria arredondado para 4,74.	EXEMPLO 1: $20,42 + 1,322 + 83,1 = 104,842$ resultado arredondado para uma casa decimal é 104,8. EXEMPLO 2: A área de um retângulo cujos comprimentos de suas extremidades são 6,221 e 5,2 cm deve ser registrada com dois algarismos significativos, 32 cm ² , mesmo que uma calculadora mostre que o produto tem mais dígitos: $\text{Área} = (6,221 \text{ cm}) \times (5,2 \text{ cm}) = 32,3492 \text{ cm}^2$, o resultado deve ser arredondado para 32 cm ² porque 5,2 tem dois algarismos significativos.
Brady e Humiston, 1986 CAP 1, PÁG. 6	Quando se deseja arredondar um número num certo ponto, desprezam-se simplesmente os dígitos que se seguem, se o primeiro deles for menos do que cinco. Se o primeiro dígito a ser desprezado for maior do que 5 ou se for o próprio 5, seguido de números diferentes de zero, adiciona-se 1 ao dígito anterior. Finalmente, se o dígito a ser desprezado for 5 sozinho, ou seguido de zeros, despreza-se o 5 se o número precedente for par e adiciona-se 1 se for ímpar.	EXEMPLO 1: Assim, 6,2317 arredonda-se para 6,23, quando se desejam apenas duas casas decimais. EXEMPLO 2: Assim, 6,236 e 6,2351 arredonda-se para 6,24. EXEMPLO 3: Assim, 8,165 arredonda-se para 8,16 e 8,175 para 8,18.
*Chang e Goldsby, 2013 CAP 1, PÁG. 21	Para arredondar um número em certo ponto, simplesmente eliminamos os dígitos seguintes se o primeiro deles for inferior a 5. Se o primeiro dígito depois do ponto de arredondamento for igual ou maior do que 5, somamos 1 ao dígito anterior.	EXEMPLO 1: Assim, 8,724 arredonda para 8,72 se quisermos apenas duas casas decimais. EXEMPLO 2: Assim, 8,727 arredonda para 8,73 e 0,425 para 0,43.
Russel, 1994 CAP 1, PÁG. 41 e 42	Se o dígito a ser eliminado é maior do que 5, o precedente é aumentado de uma unidade. Se o dígito a ser eliminado é menor do que 5, o dígito precedente é mantido. E o número de final 5, como é arredondado? Uma prática comum, às vezes arbitrária, é a manutenção do último dígito, quando for par. A eliminação de dígitos por arredondamentos ocorre em uma única etapa, e não por estágio.	EXEMPLO 1: 27,76 é arredondado para 27,8. EXEMPLO 2: 27,74 é arredondado para 27,7. EXEMPLO 3: O arredondamento para três dígitos de 27,75 é para cima, 27,8, mas de 27,65 é para baixo, 27,6.
*McQuarrie, 2011 CAP 1, PÁG. 23–25	Ao descartar números não significativos, usamos a seguinte convenção: se o dígito após o último dígito retido for 5, 6, 7, 8 ou 9, o dígito anterior deve ser aumentado em 1; caso contrário (ou seja, para 0, 1, 2, 3 e 4), o dígito anterior deve permanecer inalterado. Assim na metade dos casos (0, 1, 2, 3, 4) descartamos os dígitos não significativos, e na outra metade (5, 6, 7, 8, 9) aumentamos o dígito precedente em uma unidade quando descartamos os dígitos não significativos.	EXEMPLO 1: 27,35 arredonda para 27,4, 27,34 para 27,3 e 27,348 para 27,3.

Bibliografias que **não** seguem a regra “Round 5 Even” (arredondamento do dígito anterior a 5, para cima ou para baixo, de modo que se torne um dígito par).

um guia para iluminar que a regra “Round 5 Up” não é a mais apropriada devido ao acúmulo de erros que pode gerar. Além disso, seguir uma norma brasileira estabelecendo a forma correta de arredondamento é o mais adequado.

É compreensível que parte da literatura estrangeira trazida para o Brasil traga uma norma de arredondamento diferente da ABNT, ou que livros brasileiros editados antes dessa norma também o façam. Embora as traduções de livros do ensino superior devam guardar fidelidade ao texto original, os tradutores têm a liberdade de indicar outras normas de arredondamento e, quando for o caso, mencionar que o Brasil adota uma norma diferente do texto em questão. Isto ajudaria aos docentes, que usam o livro-texto como material didático, a se posicionarem relativamente aos arredondamentos aqui discutidos.

Considerações finais

A regra básica ensinada para arredondar o último dígito significativo para cima (aumentando uma unidade) se o algarismo posterior for maior ou igual a cinco e manter o último dígito significativo inalterado, descartando apenas os números posteriores ao último dígito arredondado, se o algarismo posterior for menor ou igual a quatro é, portanto, inadequada. O “novo sistema”, apresentado por Guare (1991), do dígito precedente a um 5 descartado sempre ser arredondado para cima também é ineficiente devido ao acúmulo de erros, como relatado por Midden (1997) e posteriormente Yates (2010).

As regras de arredondamento conforme expresso na ABNT NBR 5891 (2014) estão de acordo com o método “Round 5 Even” apresentado por Midden (1997). Esse sistema de arredondamento é o mais eficiente e o indicado pelos autores do presente trabalho, devido ao menor acúmulo de

erros. Das 13 bibliografias consultadas e analisadas, 8 seguem a norma brasileira (NBR 5891) indicando o caminho mais eficiente para arredondar números para uma quantidade correta de algarismos significativos.

A disciplina de Estatística Aplicada à Química tem papel fundamental na formação do Químico. O uso correto da calculadora científica e das regras de arredondamento são úteis e importantes durante o processo de tratamento de dados.

Agradecimentos

Em tempos de pandemia de covid-19, gostaria de agradecer a todos os profissionais da saúde que com zelo e dedicação se mantêm no duro e árduo dever profissional de cuidar dos enfermos, e aos pesquisadores que estão na linha de frente em busca da solução contra essa terrível doença. Agradeço também a CAPES e CNPq pela constante luta em favor da manutenção da Ciência no Brasil.

Régis Casimiro Leal (regis.casimiro@ifrn.edu.br), licenciado e mestre em Química pela Universidade Federal do Piauí, e doutor em Ciências pelo Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas. É Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – Campus Nova Cruz. Nova Cruz, RN – BR. **Matheus Francisco da Silva** (m.francisco@academico.ifrn.edu.br), aluno do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – Campus Nova Cruz. Nova Cruz, RN – BR. **José Machado Moita Neto** (jmoita@ufpi.edu.br), licenciado em Ciências - Habilitação em Química, engenheiro Civil, licenciado em Filosofia e bacharel em Direito pela Universidade Federal do Piauí. Possui mestrado em Química e doutorado em Ciências pelo Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas. Aposentou-se como professor titular da Universidade Federal do Piauí, mas continua atuando no programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da mesma instituição como professor voluntário. Teresina, PI – BR.

Referências

- ABNT NBR 5891. Regras de arredondamento na numeração decimal. 2014.
- ANDRADE, J. C. e CUSTODIO, R. Sistema Internacional de Unidades. *Chemkeys - Liberdade para aprender*, p. 1-8, 2000.
- ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de química*. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- BACCAN, N.; ANDRADE, J. C.; GODINHO, O. E. S. e BARONE, J. S. *Química analítica quantitativa elementar*. 3ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- BRADY, J. E. e HUMISTON, G. E. *Química geral*, vol. 1. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1986.
- BROWN, T. L.; LEMAY Jr., H. E.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M. e STOLTZFUS, M. W. *Química – a ciência central*. 13ª ed. São Paulo: Pearson, 2016.
- CHANG, R. e GOLDSBY, K. A. *Química*. 11ª ed. Porto Alegre: Amgh, 2013.
- CHANG, R. *Química geral - conceitos essenciais*. 4ª ed. Porto Alegre: Amgh, 2007.
- COSTA Jr., J. S.; SILVA, F. C. M. e MOITA NETO, J. M. Avaliando as aproximações usadas no ensino de Físico-Química. *Química Nova*, v. 22, p. 611-613, 1999.

- GOMES, M. S. S. O. e LIMA, C. A. Ensino de distribuição normal na disciplina de Estatística aplicada a Química utilizando palitos de fósforos. *Educación Química*, v. 23, p. 81-84, 2012.
- GUARE, C. J. A New System for Rounding Numbers. *Journal of Chemical Education*, v. 68, p. 818, 1991.
- HARRIS, D. C. *Explorando a química analítica*. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- LEAL, R. C.; MONTEIRO, E. A. S.; NASCIMENTO, T. L. A. B. e MOITA NETO, J. M. Explorando a cinética química através da queima de uma vela. *Educación Química*, v. 25, p. 93-96, 2014.
- MAGALHÃES, M. N. e LIMA, A. C. P. *Noções de Probabilidade e Estatística*. 7ª ed. São Paulo: EDUSP, 2015.
- MCQUARRIE, D. A.; ROCK, P. A. e GALLOGLY, E. B. *General chemistry*. 4ª ed. Mill Valley: University Science Books, 2011.
- MENDHAM, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D. e THOMAS, M. *Vogel: Análise química quantitativa*. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- MERCÊ, A. L. R. *Iniciação à química quantitativa não instrumental*. Curitiba: Intersaberes, 2012.
- MIDDEN, W. R. Rounding Numbers: Why the “New System” Doesn’t Work. *Journal of Chemical Education*, v.74, p. 405, 1997.

MOITA, G. C. e MOITA NETO, J. M. *Estatística Aplicada à Química*. Teresina: EDUFPI, 2010.

OHLWEILER, O. A. *Química analítica quantitativa*. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1976.

RUSSEL, J. B. *Química geral*, vol. 1. 2ª ed. São Paulo: Pearson, 1994.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J. e CROUCH, S. R. *Fundamentos da química analítica*. 8ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

YATES, P. Significant Figures. *Education in Chemistry*, v. 47, p. 90-91, 2010.

Para saber mais

Royal Society of Chemistry. Analytical Methods Committee. Terminology – the key to understanding analytical science. *Part 1: Accuracy, precision and uncertainty*, n. 13, 2003.

Rules for Rounding Off, disponível em: <https://www.chemteam.info/SigFigs/Rounding.html>. Acesso em abr. 2020.

Abstract: *Rounding rules: a brief analysis.* The use of the scientific calculator is routine among undergraduate chemistry students in Brazil. In chemical calculations, it is convenient to round numbers to an adequate number of significant figures. This paper provides an overview and makes a brief analysis of the rounding rules commonly found in college-level literature. This paper may serve as a reference for students and teachers who are interested in learning about the correct use of rounding rules.

Keywords: rounding, statistics, chemistry teaching.

Um panorama sobre veículos controladores da entrega de medicamentos no tratamento do câncer

Willian Demos, Anelise Maria Regiani e Ricardo Ferreira Affeldt

O câncer é um conjunto de doenças com um aumento significativo do número de casos nos últimos anos. Milhões de pessoas ao longo do globo terrestre vivem com a doença ou já enfrentou/enfrentará o câncer em algum momento da vida de forma direta ou indireta. Atualmente o tratamento com efeitos mais significativos é a quimioterapia, porém, apresenta diversos efeitos colaterais ao indivíduo submetido à ela. Baseado nisso, diversos estudos são realizados para o desenvolvimento de técnicas que combatam o câncer de maneira eficaz, sem apresentar muitos efeitos colaterais ou até mesmo nenhum. O presente artigo busca apresentar um estudo realizado por pesquisadores da China para a aplicação de compostos do tipo macrociclos pilararenos em sistema de administração de fármacos no combate ao câncer, de forma que o conhecimento científico envolvido possa ser compreendido por docentes e estudantes de química em processos de ensino e aprendizagem em nível médio.

► pilarareno, sistema de administração de fármacos, câncer ◀

Recebido em 20/04/2020, aceito em 11/06/2020

161

Paralelamente ao crescimento e desenvolvimento de pesquisas na área de química, tem-se o crescimento de números de diagnósticos de pessoas com câncer, não havendo, entretanto, relação direta entre ambos. Segundo o Instituto Nacional do Câncer – INCA, o câncer é caracterizado pelo crescimento desordenado de células, bem como a invasão destas em tecidos e órgãos sadios, levando à formação de tumores (INCA, 2020). Ainda, segundo um levantamento feito em 2018 pela OMS, até 2040, 29 milhões de pessoas serão diagnosticadas com alguma variação dessa doença, sendo 998 mil casos no Brasil (SEGS, 2020). Dentre todos os tratamentos existentes, a quimioterapia se mostra a mais usada (Chabner e Roberts, 2005; Kasi e, Grothey, 2016), porém apresenta algumas desvantagens como a alta toxicidade dos medicamentos em células não cancerígenas e baixa

Segundo o Instituto Nacional do Câncer – INCA, o câncer é caracterizado pelo crescimento desordenado de células, bem como a invasão destas em tecidos e órgãos sadios, levando à formação de tumores.

solubilidade em meio aquoso, bem como efeitos colaterais severos em pessoas submetidas ao tratamento (Love *et al.*, 1989; Corrie, 2008; Alcindor e Beauger, 2011). Baseado nisso, cada vez mais estudos vêm sendo desenvolvidos utilizando o denominado *Drug Delivery Sistem*– DDS – (ou sistema de administração de fármacos, em português), que apresenta certas vantagens, como atuação diretamente na célula cancerígena, maior eficiência, diminuição da toxicidade dos medicamentos em células saudáveis e aumento da biodisponibilidade do medicamento (Chen *et al.*, 2013; Davis *et al.*, 2008; Lim *et al.*, 2015).

Com a intenção de contribuir com a educação científica escolar e compreendendo que as pessoas precisam do conhecimento construído pela ciência para se posicionarem e atuarem como cidadãos, o presente artigo busca descrever o funcionamento de um sistema DDS publicado por Zhou *et al.*, no ano de 2017. As considerações aqui apontadas foram elaboradas tendo em vista alcançar principalmente professores e estudantes de química em nível médio. Para

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



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR
Vol. 43, N° 2, p. 161-166, MAIO 2021

isso, foram utilizadas técnicas da transposição didática (Chevalard, 1998) para a divulgação científica (Marandino, 2014). Ou seja, foram realizadas simplificações de termos científicos e criação de esquemas e figuras. Desta forma, o conhecimento produzido por um grupo de cientistas pode se tornar acessível para uso em contexto de ensino e aprendizagem escolar.

Pilararenos como DDS

De maneira geral, o DDS é composto por (i) um fármaco (um princípio ativo) ou um pró-fármaco (uma forma inativa do fármaco necessário para o tratamento, que é posteriormente ativado quando na célula cancerígena); e (ii) uma unidade de direcionamento, que pode ou envolver o fármaco (via interações intermoleculares), em sua forma ativa ou inativa, ou se ligar a ele (via ligações covalentes) por meio de uma molécula ligante para transportar o medicamento para o interior da célula alvo. No interior da célula cancerígena há a liberação do medicamento por estímulos do próprio ambiente específico desse tipo de célula (através da ação de enzimas, alterações do pH ou reações de óxido-redução, por exemplo) ou algum estímulo externo, como a aplicação de luz (com determinado comprimento de onda) no paciente em tratamento (Yu *et al.*, 2015).

Um exemplo de DDS que vem sendo amplamente pesquisado, é o macrociclo Pillar[n]areno. Sintetizados em 2008 por Ogoshi *et al.*, os Pillar[n]arenos (PA's) são formados a partir da repetição de 5 a 10 unidades (indicadas pelo índice *n*) de hidroquinonas (benzeno-1,4-diol, segundo a IUPAC), representadas na Figura 1a. Essas hidroquinonas são então ligadas por grupos metileno – pontes metileno – nas posições *para* (quando dois substituintes em um anel benzeno estão nas posições 1 e 4), representadas na Figura 1b (Ogoshi *et al.*, 2008). Na Figura 1c tem-se a representação da estrutura do PA. Para a melhor visualização da tridimensionalidade

pode-se sugerir a visita ao link https://drive.google.com/open?id=1p4_mH5pUfrBTc2xe0U_lhNafuLEQiBW.

Duas características bastante apreciadas nesses compostos são: (i) facilidade de funcionalização, isto é, a troca dos hidrogênios das hidroxilas por grupos mais complexos. Isso se dá principalmente pela diferença de eletronegatividade existente entre o oxigênio e o hidrogênio, o que resulta em uma ligação fortemente polarizada, tornando esse hidrogênio bastante lábil, em outras palavras, facilmente retirado da molécula; e (ii) por ser um macrociclo formado por anéis benzênicos, o seu interior está rico em elétrons π formando uma grande nuvem eletrônica que possibilita fortes interações não covalentes com outras moléculas, gerando a interação que chamamos de substrato – receptor (quando uma molécula – substrato, entra na cavidade do pilarareno – receptor, via interações não covalentes), análogo ao funcionamento de enzimas e receptores. (Chen *et al.*, 2017)

Outro aspecto que vem demonstrando bastante relevância no combate ao câncer é a utilização de compostos que contenham o átomo de selênio, que, por sua vez, apresenta atividade biológica (Wessjohann *et al.*, 2007; Shaaban *et al.*, 2014). Jacob Berzelius descobriu o selênio no século XIX (Boyd, 2011) porém, apenas em 1957 a sua atividade biológica sobre a inibição da necrose no fígado de ratos foi evidenciada em um estudo (Schwarz e Foltz, 1957). A partir de então, o selênio vem sendo utilizado nos ramos da farmacoquímica. Trata-se de um elemento essencial ao organismo humano, estando presente na estrutura do aminoácido selenocisteína, fazendo parte de enzimas que atuam como antioxidantes e de enzimas que controlam os hormônios da tireoide, além de atuar como regenerador de outros importantes antioxidantes no corpo, como a Vitamina C (News Medical Life Sciences, 2020).

Uma fonte natural de selênio, cujo consumo pode permitir a manutenção da sua quantidade ideal no organismo humano (de acordo com a necessidade de cada organismo e

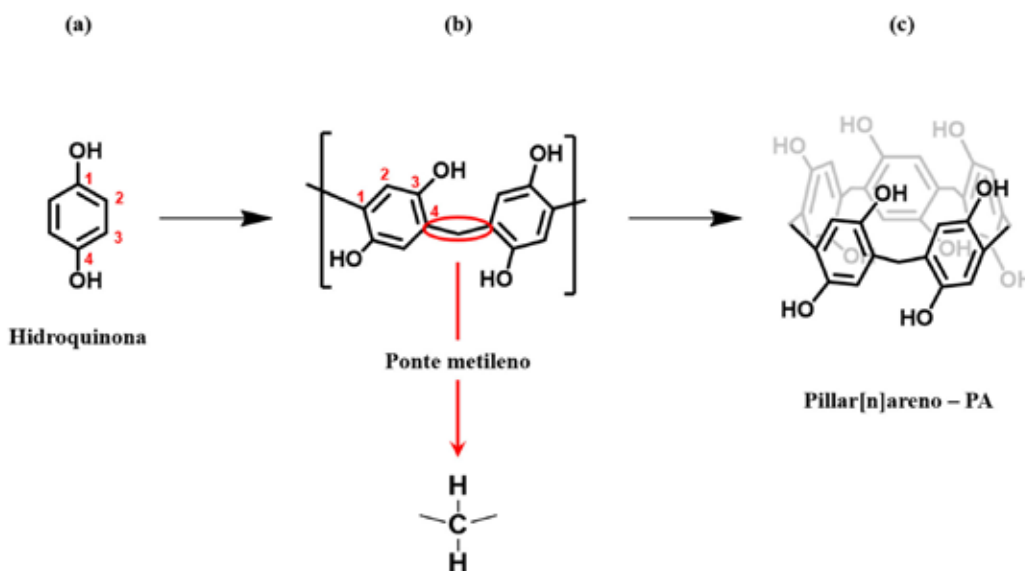


Figura 1: Representação da formação de uma molécula de Pilarareno. (Na figura c, a parte em negrito representa estar na frente da parte escrita em cinza, na tentativa de uma representação tridimensional).

segundo um profissional nutrólogo), é a castanha-do-brasil (ou castanha-do-pará) (*Bertholletia excelsa*). Uma única castanha pode apresentar até 120 µg de selênio, dependendo da sua massa. Sua principal produção ocorre na Floresta Amazônica, representado um dos principais produtos do extrativismo brasileiro, com recorde de produção em 2019, segundo a Agência Brasil (Agência Brasil, 2019).

Como resultado de sua afinidade eletrônica e seu raio atômico, os valores das energias de ligação entre átomos de selênio (Se – Se; 172 kJ mol⁻¹), entre átomos de carbono e selênio (C – Se; 244 kJ mol⁻¹) e entre átomos de carbono e oxigênio (C – O; 353,5 kJ mol⁻¹) mostram que as ligações covalentes envolvendo Se e C ou O possuem suscetibilidade a transformações por grupos redutores e oxidantes. Logo, compostos que contêm selênio caracterizam-se por serem facilmente desfeitos quando estimulados de maneira correta, podendo ser aplicados em DDS (Xu *et al.*, 2013).

Inicialmente, os autores (Zhou *et al.*, 2017) sintetizaram um pilarareno que consiste na substituição do hidrogênio das hidroxilas (–OH) por grupos selenetos (Figura 2). Nesses grupos seleneto, o selênio realiza duas ligações covalentes: uma com o carbono do grupo etil (ligado ao oxigênio) e outra com o carbono no anel aromático (benzeno). Sendo assim, segue a regra do octeto, realizando apenas as duas ligações previstas por sua distribuição eletrônica, o que acaba resultando em uma estrutura apolar, logo hidrofóbica.



Figura 2: Estrutura do pilarareno com grupo seleneto¹.

¹O quadrado ao redor do anel benzênico representa a forma cíclica da molécula, evitando assim a necessidade de repetir todos os monômeros, que apresentam a mesma estrutura.

Como já mencionado anteriormente, devido à propriedade de ter uma estrutura dinâmica frente a pequenos estímulos, os autores avaliaram o comportamento do PA com seleneto na presença de uma espécie oxidante. Logo, o seleneto foi oxidado à selenóxido (Figura 3), no qual o selênio faz uma dupla ligação com o oxigênio, além das duas covalentes previstas. Isso acontece porque o selênio é um elemento

do terceiro período da tabela periódica, ou seja, apresenta orbitais *d* na camada de valência. Este fato permite a acomodação de mais de oito elétrons na camada de valência, fenômeno conhecido como expansão do octeto, que pode ocorrer também no átomo de enxofre. Como consequência, é gerada uma estrutura com diferentes densidades eletrônicas ao redor do selênio, que por sua vez, leva a duas regiões de diferentes polaridades na estrutura do PA com selenóxido: (i) na região dos anéis aromáticos a molécula apresenta hidrofobicidade; (ii) nas pontas do PA, onde os selenóxidos se encontram, as diferentes densidades eletrônicas fazem com que esta parte da estrutura seja polar, portanto, hidrofílica.

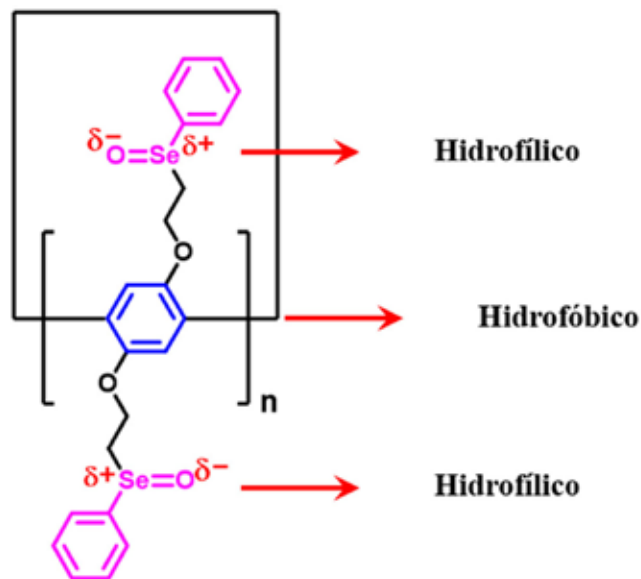


Figura 3: Estrutura do pilarareno com selenóxido.

Segundo consta em outros trabalhos publicados por Kong *et al.*, em 2010 e Ma *et al.*, em 2016, as estruturas de seleneto e selenóxido sofrem uma transformação reversível. Logo, é possível obter as estruturas de seleneto e selenóxido, apenas adicionando oxidantes ou redutores no meio reacional, como em um equilíbrio químico. Baseado nessa reversibilidade, os autores adicionaram uma espécie redutora para transformar o selenóxido em seleneto, obtendo novamente a estrutura de PA com seleneto.

Porém, outro problema viria pela frente: como formar um DDS eficiente utilizando essa reversibilidade entre seleneto e selenóxido? A resposta veio de maneira simples. Quando um composto, cuja estrutura apresenta uma região hidrofóbica e outra hidrofílica é colocado em meio aquoso, suas moléculas tendem a se organizar de uma maneira que apenas a parte polar fique em contato com a água. Dessa forma, um aglomerado esférico e estável é formado. Logo, quando o PA com selenóxido é adicionado em meio aquoso, ele forma um agregado esférico, como mostrado na Figura 4a. No caso do PA com selenóxido, que apresenta duas regiões polares, há a formação de um agregado com uma camada apolar (anéis aromáticos do PA) entre duas camadas polares (Figura 4b). Este aglomerado esférico se

assemelha à formação de micelas com moléculas do sabão (sais de ácidos graxos) quando em meio aquoso, onde as regiões carregadas organizam-se em direção do meio aquoso exterior, criando uma cavidade lipofílica rica em cadeias carbônicas apolares capazes de segregar as gorduras (Barbosa e Silva, 1995).

Se for feito um corte no agregado representado na Figura 4a, é possível ver que há uma região oca em seu interior (Figura 4b), que permite então a inserção de um medicamento no interior deste agregado, como por exemplo a Doxorubicina – DOX – (Figura 5), amplamente utilizada no tratamento do câncer.

Como mostrado na Figura 5, a DOX é anfifílica: apresenta em sua estrutura duas regiões hidrofílicas e uma região hidrofóbica. Como a região hidrofóbica acaba apresentando um tamanho mais significativo que as duas regiões hidrofílicas, a formação de ligações de hidrogênio não será suficiente para solubilizar o medicamento em água, o que explica assim sua baixíssima solubilidade em meio aquoso (0,26 mg/100 mL de água a 25°C) (Martins *et al.*, 2013).

Entretanto, quando colocada em contato com uma espécie ou ambiente bastante polar, a DOX, apresenta a propriedade de formar uma micela (Figura 6), de modo a diminuir o contato da parte hidrofóbica com o meio polar. Baseado nesse princípio, quando houver a solubilização da DOX em meio aquoso, que contenha o agregado de PA de selenóxido, a tendência será que a micela de DOX seja inserida no seu interior (Figura 6). Mas como isso ocorre? Tanto a superfície do agregado, quanto seu interior e o meio aquoso são polares, o que possibilitaria interações com a micela de DOX via

ligações de hidrogênio. Mas nesse caso é necessário levar em consideração a quantidade e a localização espacial dos grupos envolvidos nessas interações. O que queremos dizer com isso é: como dentro da esfera de agregado de PA com selenóxido os grupos (selenóxido) estão muito mais próximos em um pequeno espaço, as ligações de hidrogênio com a superfície da micela de DOX serão muito mais eficientes e intensas do que as ligações de hidrogênio formadas entre a micela e os grupos selenóxido presentes no exterior da esfera de agregado de PA com selenóxido ou com a água presente no meio externo.

Como a estrutura externa do agregado de PA e selenóxido também é polar, a esfera pode ser levada pela corrente sanguínea até a célula cancerígena. No momento que o agregado atingir a célula cancerígena e entrar em contato com um agente redutor presente nela ocorrerá a transformação dos grupos selenóxidos ligados ao PA em seleneto. Neste momento, o agregado esférico se desmanchará e a DOX contida em seu interior será liberada.

Considerações finais

Neste ensaio buscamos apresentar de forma acessível a professores e estudantes de química em nível médio o funcionamento de um sistema DDS proposto para o tratamento de câncer. Argumentamos que o uso de ilustrações em conjunto com termos menos complexos torna compreensível, no contexto escolar, o conhecimento científico produzido no contexto da descoberta e justificação (Chevallard, 1988) e legitimado pela comunidade científica por meio de sua

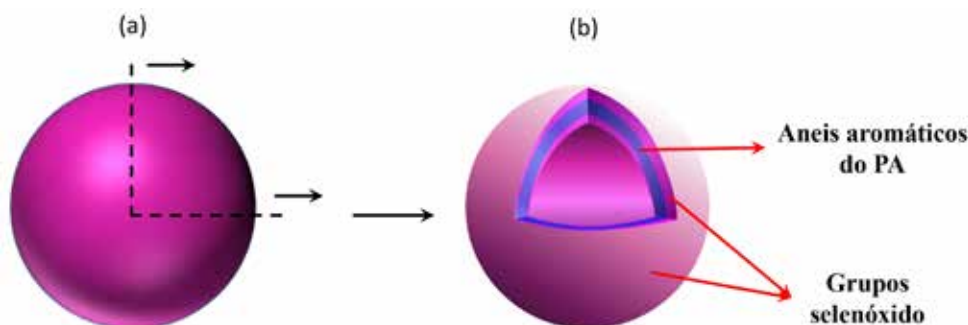


Figura 4: Estrutura esférica do agregado formado pelo PA com selenóxido e a representação de sua estrutura oca.

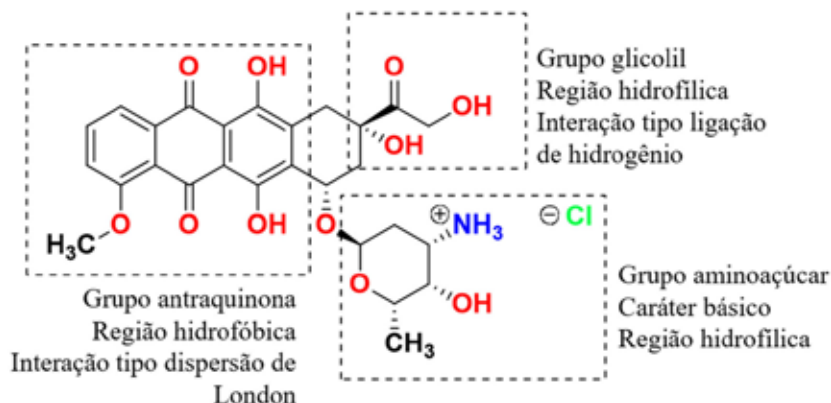


Figura 5: Estrutura do medicamento DOX utilizado no tratamento de combate ao câncer.

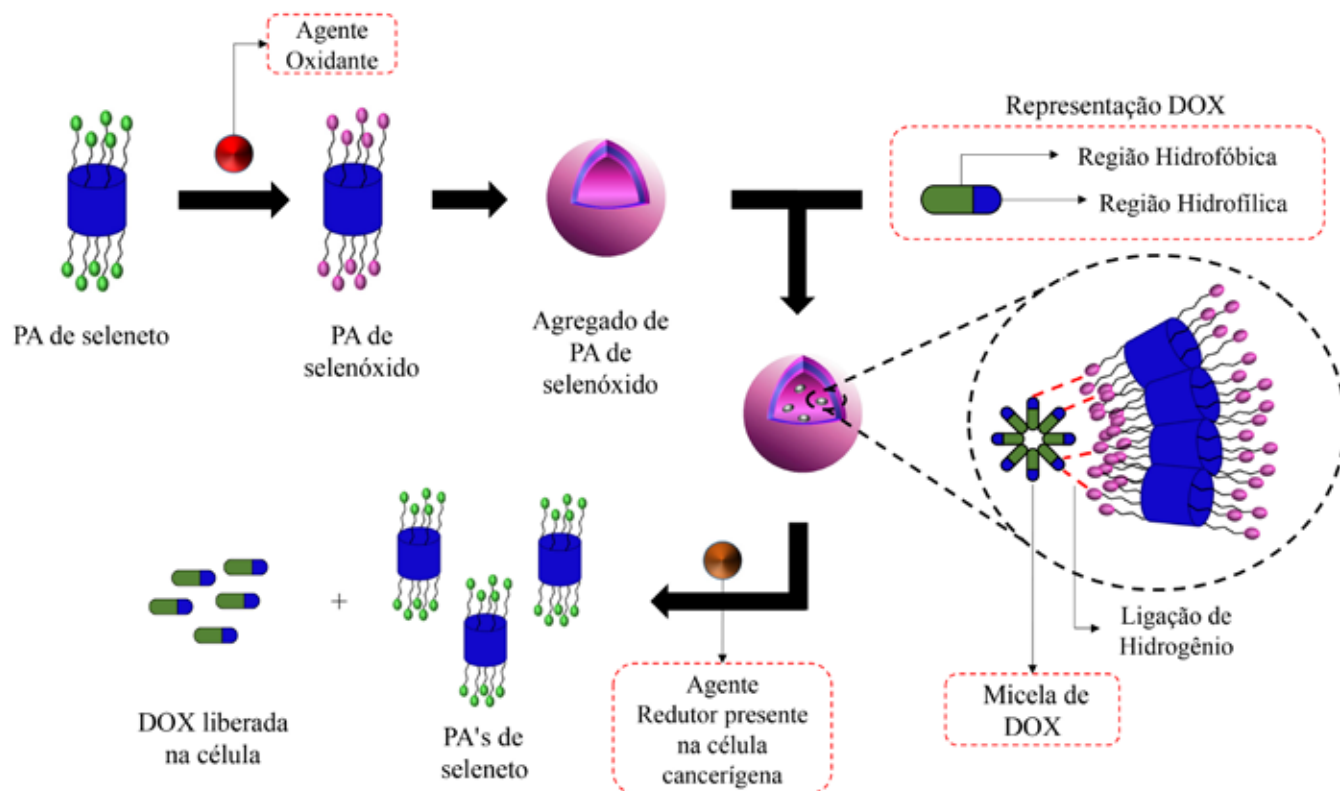


Figura 6: Representação esquemática do processo de liberação da DOX no organismo.

publicação em revista científica de renome com protocolo de revisão por pares.

A riqueza de conteúdo que um único artigo científico pode trazer para os alunos é bastante interessante. No caso do presente ensaio, é possível utilizá-lo para a explicação de conceitos como: interações intermoleculares, polaridade, processos de oxidação e redução de espécies químicas e suas consequências sobre as propriedades físico-químicas. Há também a possibilidade de realização de aulas interdisciplinares com conteúdos de química e biologia, tendo em vista se tratar de um assunto de relevância social, que é a saúde pública.

Compreendemos que diferentes outros artigos, ou *papers* (termo usado por cientistas, na língua inglesa), podem ser utilizados como recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de química. Desta forma, é possível evidenciar para a comunidade escolar diferentes descobertas, propostas

e aplicações desta ciência. Acompanhando a declaração da Unesco (2003), argumentamos que o acesso equitativo à ciência e resultados de pesquisas não é apenas uma exigência social tendo em vista o desenvolvimento humano, mas é fundamental para o avanço da própria ciência, para o exame de suas implicações éticas e para o enriquecimento da educação.

Willian Demos (willian.demos@posgrad.ufsc.br) é bacharel e licenciado em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina. Possui mestrado em Química pela mesma instituição, na qual é estudante de doutorado na área de síntese orgânica. Florianópolis, SC – BR. **Anelise Maria Regiani** (anelise.regiani@ufsc.br) é bacharel em Química, mestre e doutora em Ciências, com concentração em Físico-química, pelo Instituto de Química da São Carlos, USP. Também é licenciada em Química pelo Centro Universitário Claretiano. É professora titular da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC – BR. **Ricardo Ferreira Affeldt** (ricardo.affeldt@ufsc.br) é bacharel, mestre e doutor em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É professor Associado na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC – BR.

Referências

- ALCINDOR, T.; BEAUGER, N. Oxaliplatin: A Review in the Era of Molecularly Targeted Therapy. *Curr. Oncol.*, v. 18, p. 18-25, 2011.
- BOYD, R. Selenium stories. *Nat. Chem.*, v. 3, p. 570 - 570, 2011.
- CHABNER, B. A.; ROBERTS JR, T. G. Chemotherapy and the War on Cancer. *Nat. Rev. Cancer*, v. 5, p. 65-72, 2005.
- CHEN, J-F; LIN, Q.; ZHANG, Y-M.; YAO, H.; WEI, T-B. Pillararene-based fluorescent chemosensors: recent advances and perspectives. *Chem. Commun.*, v. 53, p. 13296-13311, 2017.

CHEN, Y.; CHEN, H. e SHI, J. In Vivo Bio-Safety Evaluations and Diagnostic/Therapeutic Applications of Chemically Designed Mesoporous Silica Nanoparticles. *Adv. Mater.*, v. 25, p. 3144-3176, 2013.

CHEVALLARD, Y. Transposition didactique: Du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1998.

CORRIE, P. G. Cytotoxic Chemotherapy: Clinical Aspects. *Medicine*, v. 36, p. 24-28, 2008.

DAVIS, M. E.; CHEN, Z. e SHIN, D. M. Nanoparticle therapeutics: an emerging treatment modality for cancer. *Nat. Rev. Drug Discov.*, v. 7, p. 771-782, 2008.

Fu, B.; Wang, N.; Tan, H.; Li, S.; Cheung, F. and Feng, Y. Multi-

Component Herbal Products in the Prevention and Treatment of Chemotherapy-Associated Toxicity and Side Effects: A Review on Experimental and Clinical Evidences. *Front. Pharmacol.*, v. 9, p. 1394 - 1409, 2018.

INCA. O que é câncer? Disponível em: <https://www.inca.gov.br/o-que-e-cancer>, acesso em mar. 2020.

KASI, P. M.; GROTHEY, A. Chemotherapy Maintenance. *Cancer J.*, v. 22, p. 199-204, 2016.

LIM, E. K.; KIM, T.; PAIK, S.; HAAM, S.; HUH, Y. M.; e LEE, K. Nanomaterials for Theranostics: Recent Advances and Future Challenges. *Chem. Rev.*, v. 115, p. 327-394, 2015.

LOVE, R. R.; LEVENTHAL, H.; EASTERLING, D. V. e NERENZ, D. R. Side-Effects and Emotional Distress During Cancer-Chemotherapy. *Cancer*, v. 63, p. 604-612, 1989.

MARANDINO, M. The expositive discourse as pedagogical discourse: studying recontextualization in the production of a science museum exhibition. *Cultural Studies of Science Education*, v. 11, n. 2, p. 481-514, 2014.

MARTINS, C. R.; LOPES W. A.; E ANDRADE, J. B. Solubilidade das substâncias orgânicas. *Quim. Nova*, v. 36, p. 1248-1255, 2013.

NEWS MEDICAL LIFE SCIENCES. Selenium Biologic Applications. Disponível em: <https://www.news-medical.net/health/Selenium-Biologic-Applications.aspx>, acesso em mar. 2020.

OGOSHI, T.; KANAI, S.; FUJINAMI, S.; YAMAGISHI, T. e NAKAMOTO, Y. para-Bridged symmetrical pillar [5] arenes: their Lewis acid catalyzed synthesis and host-guest property.

Journal of the American Chemical Society, v. 130, n.30, p. 5022 - 5023, 2008.

SCHWARZ, K. e FOLTZ, C. M., Selenium as an Integral Part of Factor 3 against Dietary Necrotic Liver Degeneration.” *Journal of the American Chemical Society*, v. 79, n. 12, p. 3292 – 3293, 1957.

SEGS. Projeção de câncer mundial até 2040, segundo OMS. Disponível em: <https://www.segs.com.br/saude/135038-oms-divulga-projecao-de-cancer-mundial-ate-2040-dados-nao-eram-atualizados-ha-6-anos>, acesso em mar. 2020.

SHAABAN, S.; SASSE, F. e BURKHOLZ, JACOB, C. Sulfur, selenium and tellurium pseudopeptides: synthesis and biological evaluation. *Bioorg. Med. Chem.*, v. 14, p. 3610 – 3619, 2014.

UNESCO. Organização da Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. A ciência para o século XXI: uma nova visão e uma base de ação. Brasília: UNESCO, ABIPTI, 2003.

WESSJOHANN, L. A.; SCHNEIDER, A.; ABBAS, M. e BRANDT, W. Selenium in chemistry and biochemistry in comparison to sulfur. *Biol. Chem.*, v. 10, p. 997 – 1006, 2007.

XU, H.; CAO, W. e ZHANG, X. Selenium-Containing Polymers: Promising Biomaterials for Controlled Release and Enzyme Mimics, *Acc. Chem. Res.*, v. 46, p. 1647 – 1658, 2013.

YU, G.; YU, W.; MAO, Z.; GAO, C., e HUANG, F. A Pillararene-Based Ternary Drug-Delivery System with Photocontrolled Anticancer Drug Release. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, v. 11, p. 919-925, 2015.

ZHOU, Y.; JIE, K. e HUANG, F. A redox-responsive selenium-containing pillar[5]arene-based macrocyclic amphiphile: synthesis, controllable self-assembly in water, and application in controlled release. *Chem. Commun.*, v. 53, p. 8364-8367, 2017.

Abstract: An overview on vehicle controllers of drugs in cancer treatment. Cancer is a set of diseases, with a significant increase in the number of cases over the past years. Millions of people around the world live with the disease or have faced/will face the cancer in any moment of life, directly or indirectly. Nowadays, the most effectively treatment is achieved with chemotherapy; nevertheless, it presents several side effects to the individual submitted to this technique. Based on that, different studies are being carried out to develop techniques that efficiently fight cancer without having so much side effects or even none. The present article, seeks to show a study conducted by researches in China for the application of pillararene macrocycle compounds in a drug delivery system to fight cancer in a way that the involved scientific knowledge can be understood by teachers and -chemistry students in teaching and learning processes at high school.

Keywords: Pillararene, Drug Delivery System, Cancer

Um jogo de tabuleiro envolvendo conceitos de mineralogia no Ensino de Química

Edemar Benedetti Filho, Alexandre D. M. Cavagis, Karen O. dos Santos e Luzia P. dos S. Benedetti

Este trabalho descreve o desenvolvimento e aplicação do jogo de tabuleiro “Minerais”, visando ao ensino de conceitos de mineralogia no Ensino Médio. Uma vez concluída a concepção artística, a montagem das peças e tabuleiros, e a definição das regras, o jogo foi submetido a uma equipe de estudantes de licenciatura em Química, a fim de avaliar seu potencial pedagógico, bem como sua ludicidade, dinâmica e jogabilidade. Subsequentemente, o jogo foi apresentado a alunos de Ensino Médio de uma escola pública estadual para analisar sua aplicabilidade e efetividade no ensino de conceitos geralmente inexplorados nesse nível escolar. Os resultados mostraram uma excelente aceitação do jogo pelos alunos, bem como sua contribuição na aprendizagem de conceitos sobre um tema importante e muito pouco explorado na Educação Básica. Além disso, o trabalho envolveu estudantes de licenciatura em Química, que tiveram a oportunidade de vivenciar a elaboração e aplicação de uma ferramenta lúdica de ensino.

► ensino de química, mineralogia, jogo de tabuleiro ◀

Recebido em 15/05/2020, aceito em 20/08/2020

167

Nas últimas décadas, a humanidade tem passado por significativas transformações sociais, sobretudo relacionadas ao acesso à informação e à comunicação. As novas tecnologias mudaram e continuam alterando a nossa percepção de mundo e o nosso comportamento, ampliando as possibilidades de acesso ao conhecimento. Na Educação, porém, os dispositivos eletrônicos têm se mostrado como uma forte concorrência às aulas, uma vez que os alunos se sentem muito mais atraídos pelas telas dos *smartphones* do que pela exposição de conteúdos pedagógicos em sala de aula, normalmente realizada por meio de uma abordagem tradicional de ensino. Dessa forma, alguns educadores vêm resistindo às mudanças, inevitáveis e necessárias, na metodologia tradicional, as quais, em tempos atuais, são essenciais ao acompanhamento dessa nova perspectiva de sociedade, dificultando avanços

Na Educação, porém, os dispositivos eletrônicos têm se mostrado como uma forte concorrência às aulas, uma vez que os alunos se sentem muito mais atraídos pelas telas dos *smartphones* do que pela exposição de conteúdos pedagógicos em sala de aula, normalmente realizada por meio de uma abordagem tradicional de ensino.

no processo de ensino e aprendizagem e na incorporação das novas tecnologias como aliadas à práxis docente.

Nesse contexto, encontra-se também o Ensino de Química, que vem passando constantemente por evoluções e diversas modificações em suas metodologias, sobretudo no sentido de aprimorar o processo de ensino e aprendizagem, visando a tornar conteúdos pedagógicos mais prazerosos aos alunos. Nessa perspectiva, destaca-se o emprego de atividades lúdicas, para tornar o aprendizado mais dinâmico e descontraído, trazendo metodologias alternativas que permitem aos alunos “aprender brincando”.

Existem diversos estudos recentes que ressaltam a importância do uso de jogos didáticos relacionados ao Ensino de Química (Larson *et al.*, 2012; Franco, 2012; Jones *et al.*, 2012; Mariscal *et al.*, 2012; Kavak, 2012a; Kavak, 2012b; Antunes *et al.*, 2012; Büdy, 2012; Silva *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2015; Benedetti-Filho *et al.*, 2017; Felício, 2018; Amaral *et al.*, 2018).

A utilização de jogos didáticos, tanto na educação básica

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



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR
Vol. 43, N° 2, p. 167-175, MAIO 2021

quanto em nível superior, pode ser um diferencial na tentativa de despertar a atenção dos discentes para atividades acadêmicas diferenciadas e atraentes, sobretudo no caso de estudantes de licenciatura, que também poderão estender tais metodologias para seus futuros alunos no Ensino Fundamental II e Médio.

A Mineralogia estuda a composição química, as propriedades físicas, a estrutura cristalina, a aparência, estabilidade, ocorrência e associações dos diversos minerais encontrados na Natureza e amplamente implicados no cotidiano da humanidade. Embora não haja disciplina específica de Mineralogia no Ensino Médio, trata-se de um ramo profundamente interdisciplinar da Geologia, que envolve diversas áreas do conhecimento, incluindo a Química, a Física, a Geografia e a Astronomia. Nessa perspectiva, trata-se de um tema relevante, interessante e muito ligado à nossa vida cotidiana. No entanto, é um campo que exige muita memorização, domínio de regras e simbologias, sendo estas, geralmente, desconectadas da realidade dos alunos, tanto na educação básica como na graduação, envolvendo uma dinâmica de estudos, por vezes, maçante, fato que pode implicar desinteresse pelo conteúdo pedagógico, ou mesmo a rejeição por uma parcela significativa dos estudantes. Considerando tal cenário, é importante que os alunos, independentemente do nível, tenham contato com abordagens metodológicas alternativas de ensino, que possam diminuir a rejeição por disciplinas que envolvam esse assunto, como é o caso da Química. (Benedetti-Filho *et al.*, 2020; Benedetti-Filho *et al.*, 2017; Eastwood, 2013; Moreira, 2013; Moyano *et al.*, 1982).

Nesse contexto, o presente trabalho propõe uma proposta lúdica de ensino envolvendo um jogo de tabuleiro, a fim de proporcionar uma aprendizagem mais prazerosa aos assuntos relacionados à Mineralogia, no âmbito da disciplina de Química, mais especificamente na área de Química Inorgânica. O jogo desenvolvido no presente trabalho pode ser adaptado a diferentes níveis de ensino, sendo possível aplicá-lo, por exemplo, em Ciências no Ensino Fundamental II, em Química no Ensino Médio, e em Química Inorgânica ou Mineralogia no Ensino Superior.

Fundamentação teórica

Atualmente, tanto os eventos científicos quanto as diversas revistas na área de Ensino relatam as grandes dificuldades enfrentadas pelos educadores. Naturalmente, muitos se esforçam para que suas dinâmicas de aula venham ao encontro dos anseios dos alunos, incluindo metodologias alternativas que possam contribuir com suas práticas pedagógicas, sempre no sentido de estimular os estudantes à aprendizagem. As evoluções tecnológicas têm sido, até certo ponto, inseridas no cotidiano dos alunos, muito embora tais recursos tenham se configurado também em grande adversário em sala de aula, muitas vezes atrapalhando o interesse dos estudantes

pelos componentes curriculares. Dessa forma, os professores precisam estar cada vez mais preparados para enfrentar tais desafios e saber planejar e utilizar ferramentas alternativas de ensino como aliados à aprendizagem, propiciando que os alunos sejam participantes ativos e críticos, dentro e fora do universo escolar, na construção do próprio conhecimento, por meio de uma aprendizagem mais ativa. Segundo Leite (2020, p. 148), metodologias ativas empregam “a problematização como estratégia de ensino e aprendizagem, com o objetivo de alcançar e motivar o discente, uma vez que, diante do problema, ele se detém, examina, reflete, relaciona a sua história e passa a ressignificar suas descobertas”.

A aprendizagem e o desenvolvimento do indivíduo fazem parte entre si e a construção do processo de conhecimento é decorrente de um relacionamento que envolve o meio objeto e o social, situação habitual em que o aluno está inserido. Essa função educativa social faz com que o indivíduo não seja um mero receptor de informações transmitidas pela sociedade, mas que lhe seja permitido atuar criticamente no meio social, participando ativamente de suas decisões. O ensino tradicional não contribui significativamente para atender tal perfil específico de formação, levando os alunos a um *déficit* no desenvolvimento de diversas habilidades importantes que contemplam a criticidade sobre conhecimentos adquiridos, fator essencial à plena formação cidadã.

Desse modo, levando-se em consideração as áreas das Ciências, conceitos científicos devem ser abordados de modo a propiciar aos educandos a construção de relações significativas com sua realidade social, sobretudo por meio de temáticas interligadas com sua perspectiva de mundo,

promovendo um entendimento verdadeiramente crítico dos conceitos abordados.

Assim, é primordial que o professor leve à sala de aula uma prática pedagógica que possa ser mais atrativa, empregando metodologias alternativas que realmente intensifiquem a conscientização e possam gerar uma melhora substancial no ensino de Ciências, consequentemente melhorando os índices de avaliação de aprendizagem dos nossos alunos, não somente no âmbito nacional, mas também internacionalmente (Moraes e Torres, 2004). Tais entendimentos são reforçados no trabalho de Oliveira *et al.* (2018), que traz uma reflexão acerca do significado da aprendizagem, segundo a qual não se deve ensinar por ensinar, mas que a aprendizagem tenha um real sentido prático aos alunos, de modo que o conhecimento adquirido seja útil nas diversas situações de sua vida cotidiana.

A utilização de jogos como atividades de aprendizagem iniciou-se com os filósofos Platão e Aristóteles, que descreviam o “aprender brincando” (Kishimoto, 2011, p. 67), sempre havendo relatos de sua utilização como recurso pedagógico na aprendizagem de situações práticas do cotidiano. A definição do termo *jogo* é extensa; contudo, Brougère (1997)

Embora não haja disciplina específica de Mineralogia no Ensino Médio, trata-se de um ramo profundamente interdisciplinar da Geologia, que envolve diversas áreas do conhecimento, incluindo a Química, a Física, a Geografia e a Astronomia.

criou características que podem contribuir para a compreensão de seu significado, podendo variar entre comunidades diferentes, muito embora a diversão seja uma característica principal do jogo (Rezende *et al.*, 2019).

O aumento do emprego de atividades lúdicas no ensino tem levado diversos pesquisadores a estabelecer um melhor equilíbrio entre o lúdico (a diversão) e o educativo (a aprendizagem), visando ao consequente sucesso do jogo didático enquanto ferramenta educacional. Os jogos aplicados à educação foram definidos por Kishimoto (2011) como educativos ou didáticos. Segundo tal definição, os jogos didáticos são empregados como ferramenta de análise de conteúdos pedagógicos já desenvolvidos em sala de aula, os pós-conteudistas. Os jogos educativos, por sua vez, propiciam que determinados conteúdos sejam introduzidos, levando à aprendizagem de novos conhecimentos.

Segundo Soares (2004) e Rezende (2017), os jogos educativos contribuem para um melhor desenvolvimento mental e motor dos educandos, possibilitando-lhes analisar mais criticamente o meio em que estão inseridos, e auxiliando-os a compreender, mais claramente, a conexão entre os conteúdos didático-pedagógicos e seu cotidiano. Além disso, os jogos didático-lúdicos propiciam uma melhora significativa nas relações interpessoais, permitindo estreitar os laços entre os alunos, e deles com o próprio docente. Os jogos instigam um desafio a ser superado, e isso acaba levando ao aumento no interesse pelos temas pedagógicos envolvidos na atividade, uma vez que o conhecimento sobre assuntos acadêmicos relacionados constitui pré-requisito fundamental para que os jogadores possam avançar no jogo e vencer a partida.

Muitos pesquisadores demonstram que o uso de atividades lúdicas em sala de aula é uma alternativa promissora à práxis pedagógica docente (Soares, 2016; Benedetti-Filho e Benedetti, 2015), sendo que tal temática também tem sido objeto importante de pesquisas relacionadas à formação inicial e continuada de professores, seja nos cursos de licenciatura em Ciências ou por meio de atividades envolvendo professores já em exercício. Cumpre lembrar que o professor deve utilizar o jogo didático educativo sem perder de vista a autonomia do planejamento de conteúdos que serão abordados em sala de aula, proporcionando uma sinergia de interesse dos alunos entre o jogo e o conceito científico proposto, conforme apontado por Messeder: “o professor precisa agir de modo que o jogo vire motivo secundário e, ao fim do processo, o estudo torne-se atividade, uma vez que o motivo passa a ser o próprio ato de estudar e conhecer a realidade” (Messeder, 2012, p. 53).

Tal inserção metodológica, em nível acadêmico, também é essencial para que graduandos em licenciatura possam vivenciar na prática a eficácia dos jogos educativos, tornando-se aptos para criar e aplicar novas ferramentas

metodológicas, e capacitando-se para todas as etapas desse processo, tendo em vista a melhora no interesse dos alunos e o aprimoramento da dinâmica em sala de aula.

Os minerais são substâncias químicas naturais, geralmente sólidos inorgânicos formados na Natureza, sob condições físico-químicas específicas, caracterizados pelas diversas formas em que os átomos estão distribuídos na estrutura interna do material. A composição química variada gera diversos grupos de minerais, com as mais diversas propriedades químicas (cor, brilho, dureza, densidade, etc.) e aplicabilidades, fazendo com que esses materiais sejam de crucial interesse econômico. O Brasil é rico em recursos

minerais, sendo sua exploração de fundamental importância ao PIB do nosso País.

Samrslar *et al.* (2007) descrevem a importância da discussão de mineralogia, inserida em uma proposta curricular para o Ensino Médio, demonstrando que atividades experimentais ajudam a promover o interesse dos alunos

para os conceitos fundamentais da Química, tais como a estrutura da matéria, apoiando o fortalecimento de conceitos pedagógicos desenvolvidos.

Considerando o exposto, o presente trabalho teve como objetivo a concepção, planejamento e desenvolvimento de um jogo de tabuleiro envolvendo assuntos de Mineralogia, com participação de graduandos em licenciatura em Química, visando à aplicação, em salas de aula do Ensino Médio de uma escola pública, a fim de verificar sua eficácia na aprendizagem de Química.

Metodologia

Levantamento dos dados

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa exploratória detalhada, a fim de reunir conhecimentos sobre o tema, antes mesmo de se tomar qualquer outra atitude no desenvolvimento do jogo educativo, ou seja, um estudo preliminar. Segundo Gil (1995), a pesquisa exploratória:

tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, com vistas na formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores [...], constituindo, muitas vezes, a primeira etapa de uma investigação mais ampla (Gil, 1995, p. 44).

A pesquisa foi pautada por meio de uma entrevista semiestruturada, que, segundo Gil (1995), representa “uma das técnicas de coleta de dados mais utilizada (...) por pesquisadores que tratam de problemas humanos, (...) não apenas para coleta de dados, mas também com objetivos voltados para diagnóstico e orientação [...]” (Gil, 1995, p. 113).

O aumento do emprego de atividades lúdicas no ensino tem levado diversos pesquisadores a estabelecer um melhor equilíbrio entre o lúdico (a diversão) e o educativo (a aprendizagem), visando ao consequente sucesso do jogo didático enquanto ferramenta educacional.

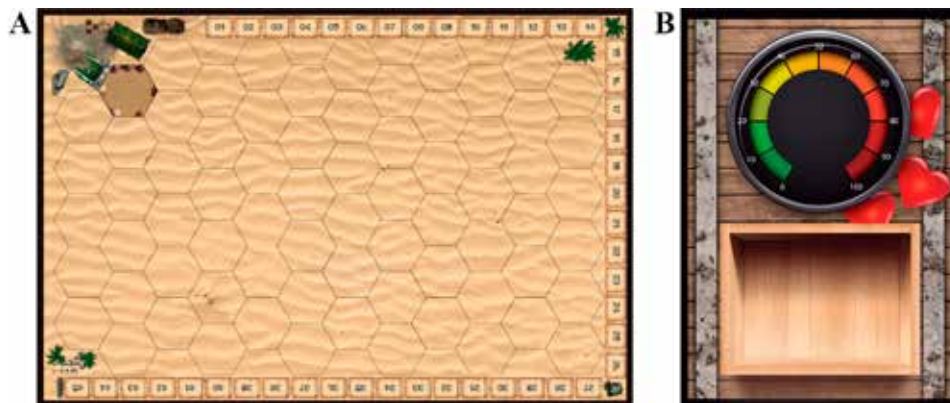


Figura 1: Imagens dos tabuleiros do jogo: **A** -Tabuleiro principal; **B** -Tabuleiro secundário. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tratou-se de uma pesquisa semiestruturada, baseada em um conjunto de perguntas abertas em que houve possibilidade de que mais perguntas pudessem surgir, conforme as respostas eram obtidas, permitindo aprofundamentos dos dados levantados para análises posteriores. Os objetivos pedagógicos foram definidos, previamente à aplicação da atividade, dentro de um planejamento estruturado para a coleta de dados e, a fim de que a investigação científica fosse válida, a observação foi dirigida e sistematizada durante toda a aplicação da atividade lúdica. Nesse sentido, determinou-se, inicialmente, “o que” e “como” observar, definindo bem o foco da investigação, conforme critérios propostos por Ludke (2013), de modo que o pesquisador atuasse como sujeito ativo na pesquisa, vinculando o conhecimento prévio construído aos fatos dela extraídos, trazendo à tona valores sociais e interesses que norteiam as observações, sem influências nas respostas dos alunos. As questões abordadas trataram dos conteúdos pedagógicos presentes nas cartas-perguntas do jogo, sendo aplicadas durante todo o desenrolar da partida e após seu término. A análise da aplicação também foi baseada em uma abordagem qualitativa, fundamentada na descrição, observação e interpretação, respeitando a forma como os dados foram registrados (Bogdan e Biklen, 2000).

Elaboração do jogo educativo

O jogo educativo “Minerais” é composto por dois tabuleiros, sendo um principal, em formato A3 (Figura 1A), e um individual, em formato A4 (Figura 1B), além de diversos marcadores e um conjunto de cartas (Figura 2).

Todas as peças e tabuleiros foram criados utilizando o software Adobe Illustrator™ e, posteriormente, impressos em papel canson A4, em impressora colorida. O tabuleiro principal foi impresso em seis partes, coladas em papel holler 3mm para deixá-lo mais rígido e evitar dobras. Isso também tornou seu visual mais atraente. As cartas foram impressas, recortadas e plastificadas, para maior durabilidade, devido ao seu intenso manuseio durante as partidas. A Figura 3 ilustra uma visão geral do jogo.

Os pdfs para o jogo de tabuleiro estão disponíveis em: <https://drive.google.com/drive/folders/1-7a27j3pDVU0FjXM5oAh0F926k9Vnmj?usp=sharing>



Figura 2: Imagens dos componentes de movimentação da partida. Fonte: Elaborado pelo autor.

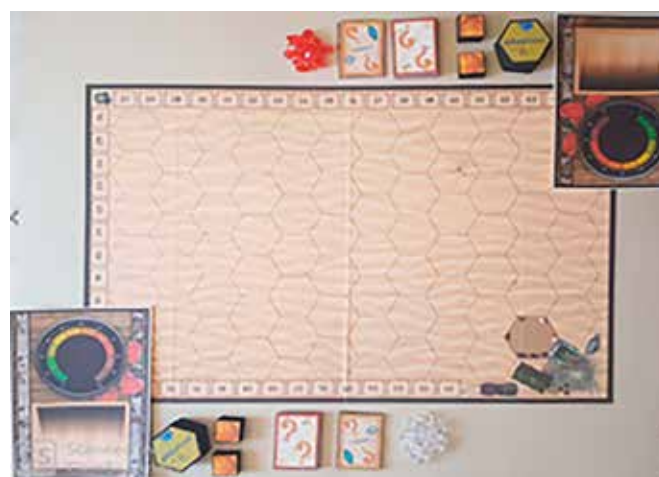


Figura 3: Imagem panorâmica dos componentes do jogo. Fonte: Elaborado pelo autor.

Regras do jogo

Objetivo do jogo: explorar o maior número de territórios no tabuleiro.

Os jogadores devem posicionar seus peões no território base do tabuleiro, onde ambos irão começar. Na primeira rodada, o jogador retira um tazó do respectivo monte e posiciona-o no tabuleiro, lembrando que, na primeira rodada, ele só terá opção de posicionar o tazó em um dos quatro espaços

localizados ao redor da base em que se encontra, não sendo permitido colocar o tazo no meio do tabuleiro, por exemplo. Posteriormente, o jogador arremessa um dado de seis faces, que determina quantas casas ele pode caminhar com seu peão. Nas primeiras rodadas, os movimentos serão limitados, já que não haverá muitos “pedaços de terra” no tabuleiro; além disso, o jogador precisa usar de estratégia para utilizar as aberturas dos tazos em seu favor. Depois de movimentar o peão, ele “perde energia” por ter caminhado, ocasionando a diminuição da “vida” (registrada no tabuleiro 2).

O jogador terá direito de responder a uma questão sorteada nas “cartas-perguntas”. Caso a resposta esteja correta, o jogador poderá explorar aquele território, o qual será demarcado com um cristal. Além disso, cada tazo possui cristais ou estalagmites desenhadas, de modo que, ao acertar a pergunta, o jogador receberá uma quantidade de moedas equivalente ao número de cristais presentes no tazo. Caso o jogador não acerte a pergunta, ele não poderá explorar aquele território e perderá, em “vida”, o equivalente ao número de estalagmites presentes no tazo, sem receber qualquer moeda.

Com o decorrer do jogo, o tabuleiro terá diversos cristais, demarcando territórios explorados, mas nada impede um jogador de explorar um território já explorado por seu adversário. No entanto, os jogadores não podem explorar mais de uma vez o mesmo território. Portanto, caso ocorra de o peão ficar localizado em uma área já explorada por ele, para prosseguir, o jogador não terá o direito de retirar uma carta, passando a vez para o próximo jogador. As moedas conquistadas durante as rodadas servem para comprar vida e pontos. Com uma moeda, o jogador pode comprar dois “carregamentos de vida”. Além disso, com outra moeda é também possível comprar dois pontos localizados ao redor do tabuleiro, lembrando que as compras só podem ser feitas em suas respectivas jogadas. Vence o jogador que possuir maior número de territórios explorados. Em caso de empate, vence quem tiver maior número de pontos.

Resultados

As análises das entrevistas demonstraram diversas contribuições da equipe de estudantes de licenciatura em Química, a qual concluiu que os conteúdos abordados no jogo são adequados e interessantes para aprendizagem de conceitos que, normalmente, não são trabalhados no Ensino Médio; ou, na graduação, para a aprendizagem e revisão de tópicos em disciplinas como Química Inorgânica ou Mineralogia. Outra percepção apontada pelas licenciandas foi a ludicidade, também decorrente do fato de o jogo ter um *design* bonito e bastante colorido, o que torna as peças e o tabuleiro bastante atrativos visualmente. Além disso, observaram que

as regras do jogo são simples e facilitam o entendimento e o envolvimento dos jogadores, destacando que tal fator propicia uma jogabilidade bastante fluente, garantindo uma ótima dinâmica durante as partidas. No que tange a parte pedagógica, avaliaram que as perguntas elaboradas para o jogo não possuem um nível de dificuldade demasiadamente alto, sendo claras e objetivas em todas as cartas-perguntas. Embora as acadêmicas de licenciatura já tivessem algum domínio sobre determinados assuntos abordados nas cartas-perguntas, por já os terem vivenciado em disciplinas da graduação, o jogo não deixou de gerar dúvidas na escolha das alternativas corretas, proporcionando discussões e fazendo com que as licenciandas necessitassem resgatar determinados conceitos, revendo e ampliando seus conhecimentos ao longo do jogo.

Esse foi também um aspecto positivo da atividade lúdica, pois reforça a aplicabilidade do jogo para revisão e aprendizagem de conceitos de mineralogia na graduação, considerando que nem todos os currículos de graduação em Química incluem uma disciplina específica de Mineralogia. A

Figura 4 ilustra um desses momentos de debate em grupo, durante a fase de avaliação do jogo, em que as estudantes de licenciatura estão tendo a oportunidade de participar do processo criativo e aplicação de uma metodologia lúdica como ferramenta de ensino. Tal oportunidade, além de rara, é também bastante importante na formação em licenciatura, pois permite que futuros professores vivenciem a concepção, elaboração e aplicação de uma metodologia diferenciada de ensino, desenvolvendo conhecimentos, inspirações e iniciativas que, certamente, levarão consigo ao longo de toda sua vida profissional.



Figura 4: Momento de discussão, durante avaliação do jogo “Minerais”, pela equipe de estudantes de licenciatura em Química. Fonte: Elaborado pelo autor.

Após essa avaliação promissora, o jogo foi aplicado a alunos de 3º ano do Ensino Médio, em uma escola pública

localizada no interior do Estado de São Paulo, no período vespertino, após o término das aulas do período matutino, sem obrigatoriedade de presença. Compareceram 10 alunos que receberam, previamente, uma apostila sobre “cristais”, em formato PDF, para que a lessem antes da atividade. Em seguida, os alunos foram divididos em duas equipes: A e B.

Cumprе salientar que, inicialmente, os alunos demonstraram certo desinteresse pelo jogo, conforme se constata em uma avaliação qualitativa prévia, registrada em diário de campo. Contudo, com o desenrolar das partidas e compreensão das regras, eles passaram a se envolver cada vez mais e, em pouco tempo, o grupo inteiro manifestou interesse em jogar.

Cumprе salientar que, inicialmente, os alunos demonstraram certo desinteresse pelo jogo, conforme se constata em uma avaliação qualitativa prévia, registrada em diário de campo. Contudo, com o desenrolar das partidas e compreensão das regras, eles passaram a se envolver cada vez mais e, em pouco tempo, o grupo inteiro manifestou interesse em jogar.



Figura 5: Estudantes do Ensino Médio recebendo orientações de uma acadêmica de licenciatura em Química, pouco antes do início de uma das partidas do jogo “Minerais”. Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao longo da partida, os alunos foram se empenhando cada vez mais em superar a equipe adversária, sendo evidente o aumento das discussões em grupo para se chegar à melhor resposta para as questões sorteadas no jogo. Observou-se um maior índice de acertos para as respostas relacionadas a conteúdos presentes na apostila fornecida, fato que demonstra a efetividade da leitura prévia pelos alunos, o que gera ganho de conhecimentos sem a necessidade de que o conteúdo seja diagramado ou esquematizado no quadro negro, por exemplo, reiterando a importância da leitura própria, conforme previsto pela BNCC (2018), no sentido de estimular os alunos a enxergarem sua própria independência, enquanto participantes efetivos de seu processo de formação:

Considerar que há muitas juventudes implica organizar uma escola que acolha as diversidades, promovendo, de modo intencional e permanente, o respeito à pessoa humana e aos seus direitos. E mais, que garanta aos estudantes ser protagonistas de seu próprio processo de escolarização, reconhecendo-os como interlocutores legítimos sobre currículo, ensino e aprendizagem. Significa, nesse sentido, assegurar-lhes uma formação que, em sintonia com seus percursos e histórias, permita-lhes definir seu projeto de vida, tanto no que diz respeito ao estudo e ao trabalho como também no que concerne às escolhas de estilos de vida saudáveis, sustentáveis e éticos (Brasil, 2018, p. 463).

Observações registradas em diário de campo apontaram um crescente índice de acerto nas perguntas das cartas no decorrer do jogo, atribuindo-se tal constatação ao aumento no diálogo entre os membros da equipe, conforme as partidas se desenrolavam, revelando uma confiança progressiva dos alunos em expor suas ideias na formulação das respostas. Nessa perspectiva, a atividade lúdica auxilia para que eles possam se descontrair e, com menos receio ou constrangimento, explorar melhor seus próprios argumentos, baseados em seus conhecimentos e experiências prévias em relação aos assuntos abordados, conforme a própria indicação de Cavalcanti (2011), que corrobora os resultados encontrados:

ao participarem de uma atividade lúdica, seja qual for, os alunos, livres de pressões, preconceitos e medo de se envergonhar, dão o máximo de si para ganhar ou se destacar durante a atividade. Essa prerrogativa faz com que o ludismo, utilizado pelo professor e pelos alunos, seja uma ferramenta interessante para trabalhar conceitos que necessitam da participação dos alunos, que requeiram discussões e até mesmo que exijam cálculos matemáticos ou desenvolvimento de fórmulas e reações químicas (Cavalcanti, 2011, p. 93).

Durante a partida, conforme as respostas eram formuladas, a acadêmica de licenciatura realizava intervenções, mediando as discussões em grupo para reforçar a compreensão dos conceitos, sendo que a liberdade nos diálogos demonstrou ser fator importante na revisão dos assuntos e, principalmente, para esclarecer os novos conceitos que permeavam cada partida. Segundo Ionashiro e Mesquita (2019), a leitura, a discussão e o raciocínio empregado pelos alunos são preponderantes para uma aprendizagem de novos conceitos:

a leitura que fazemos dessa liberdade proporcio-

nada pelo jogo é que o aluno pode se expor mais, sem medo de errar ou ser rejeitado pela turma ou professor; a partir disso, ele fala mais, pergunta mais e consegue construir argumentações pertinentes à abordagem do conteúdo em questão (Ionashiro e Mesquita, 2019, p. 85).

Nesse sentido, embora os alunos deparassem com dificuldades ao relembrar conceitos de química inorgânica, a maneira lúdica de rever os conceitos e a prática discursiva em grupo foram essenciais para que a atividade se apresentasse como uma ferramenta eficiente para aprendizagem. O relato de um aluno, a seguir, ilustra tal constatação:

é uma coisa muito boa, tipo assim, você tem uma prova, aí você junta todos os seus amigos e estuda assim, porque é uma maneira divertida, descontraída e simples de estudar e gravar as coisas, porque pode sair uma coisa engraçada que, na hora da prova, eu lembro do exercício por causa daquela piada (Aluna A).

A seguir, as impressões de um aluno que se dispôs a participar da atividade, inicialmente apenas com objetivo de ser dispensado da aula tradicional:

O jogo é bem legal, eu aceitei jogar só pra sair da sala, mas é bem interessante, não achei que fosse ser legal, ainda mais quando soube que era de Química (Aluno B).

O objetivo de vencer o jogo acabou estimulando os alunos à leitura da apostila “Cristais”, sendo que essa motivação de confronto positiva, gerando uma disputa saudável, propiciou que eles adquirissem conhecimentos novos, que não haviam sido previamente trabalhados em sala de aula. Tal constatação reforça que o incentivo e o gosto pela leitura são fatores cruciais ao pleno desenvolvimento intelectual e à formação independente. O fato de o texto da apostila apresentar uma linguagem simples também contribuiu para que os estudantes raciocinassem e interpretassem informações de forma mais autônoma. Conforme concluiu um dos alunos: “... o texto é de uma linguagem fácil e popular” (Aluno C).

Os alunos constataram ainda que, ao lerem a apostila, foram capazes de relembrar alguns conceitos previamente explicados pelo professor, permitindo-lhes estabelecer correlações corretas entre os conteúdos novos e seus conhecimentos prévios, como menciona um dos estudantes: “... com o jogo deu para relembrar conceitos e aprender conceitos novos” (Aluno D).

Outro estudante deixa claro, em suas impressões, que o

jogo atinge seus objetivos no que diz respeito à ludicidade e jogabilidade, características fundamentais para atingir os objetivos pedagógicos quando se propõe uma atividade lúdica: “O jogo prende a atenção e é divertido, não é um jogo chato. O jogo é bem estratégico e desperta a competição” (Aluno E).

A Figura 6 ilustra outro momento da partida, em que os vários componentes do tabuleiro estão presentes, levando a um maior desafio estratégico, bem como à necessidade de consenso em equipe para a tomada de decisões em cada nova jogada.



Figura 6: Um dos momentos em que todos os componentes do jogo estão sendo manipulados pelos jogadores, exigindo maior concentração e consenso para traçar estratégias que serão usadas nas jogadas seguintes. Fonte: Elaborado pelo autor.

O objetivo de vencer o jogo acabou estimulando os alunos à leitura da apostila “Cristais”, sendo que essa motivação de confronto positiva, gerando uma disputa saudável, propiciou que eles adquirissem conhecimentos novos, que não haviam sido previamente trabalhados em sala de aula.

Por meio dos dados coletados durante as partidas, registrados em diário de campo, e na entrevista semiestruturada, verificou-se que o jogo, enquanto ferramenta de ensino, permitiu que os alunos aprendessem conceitos novos. A maioria deles (89%) expuseram respostas que comprovam a leitura,

bem como a efetiva interpretação da apostila “Minerais”. Nas questões, relacionadas à Química Inorgânica, o índice de acerto foi superior a 70%. Durante cada partida, os alunos abandonavam o papel de meros sujeitos passivos para assumir o protagonismo da própria aprendizagem.

Conclusão

Com base em todo o processo de concepção, planejamento, montagem e aplicação do jogo didático “Minerais”, bem como nos resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que esta atividade lúdica atingiu os objetivos para os quais ela foi planejada: contribuir na aprendizagem de conceitos relacionados à mineralogia, no âmbito da disciplina de Química. Nessa perspectiva, embora a maior parte dos trabalhos envolvendo atividades lúdicas tenha

por objetivo primordial a revisão de conceitos, este jogo também permitiu que os alunos aprendessem conceitos novos, relacionados a um tema geralmente pouco explorado no Ensino Médio. A aplicação do jogo na escola pública reiterou a importância da ludicidade e da jogabilidade na construção de uma metodologia de ensino atraente, consistente e que permita harmonizar o interesse pelo lúdico com os objetivos pedagógicos a serem alcançados. Adicionalmente, estudantes de licenciatura em Química tiveram a oportunidade de participar de um processo formativo diferenciado que, certamente, levarão consigo ao longo de sua vida profissional, permitindo-lhes idealizar, planejar e aplicar ferramentas metodológicas alternativas

para o ensino e aprendizagem de assuntos relacionados à Química.

Edemar Benedetti Filho (edemarfilho@yahoo.com.br), licenciado e bacharel em Química, mestre e doutor em Química pela UFSCar, é docente da UFSCar. Sorocaba, SP – BR. **Alexandre Donizeti Martins Cavagis** (cavagis@ufscar.br), licenciado em Química e bacharel em Química Tecnológica, mestre e doutor em Bioquímica pela UNICAMP, PhD e pós-doutorado pela University of Groningen (Holanda), é docente da UFSCar. Sorocaba, SP – BR. **Karen Ouverney dos Santos** (karenouverney2008@hotmail.com), licenciada em Química pela Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, SP – BR. **Luzia Pires dos Santos Benedetti** (luziabenedetti@yahoo.com.br), licenciada em Química, mestre em Química Analítica pela Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, SP – BR.

Referências

BENEDETTI-FILHO, E. e BENEDETTI, L. P. S. *Emprego de atividades lúdicas no ensino de química*. Sorocaba: Editora Cidade, 2015.

BENEDETTI-FILHO, E.; BENEDETTI, L. P. S.; FIORUCCI, A. R.; MOTA, J. S. e PINHO, E. C. Proposta de uma sequência didática focada na leitura de textos e no jogo de sete erros químicos para o ensino de nível representacional de química orgânica. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 6, p. 261-278, 2017.

BENEDETTI-FILHO, E.; CAVAGIS, A. D. M. e BENEDETTI, L. P. S. Um Jogo Didático para Revisão de Conceitos Químicos e Normas de Segurança em Laboratórios de Química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 1, p. 37-44, 2020.

AMARAL, A. M.; MENDES, A. N. F. e PORTO, P. S. S. Jogo roteirando como metodologia alternativa no ensino de química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 1, p. 225-240, 2018.

ANTUNES, M.; PACHECO, M. A. R. e GIOVANELA, M. Design and implementation of an educational game for teaching chemistry in higher education. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 4, p. 517-521, 2012.

BOGDAN, R. e BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular: educação é a base. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Básica, 2018.

BÜDY, B. Fatty acid-containing lipid puzzle: a teaching tool for biochemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 3, p. 373-375, 2012.

CAVALCANTI, E. L. D.; *O lúdico e a avaliação da aprendizagem: possibilidades para o ensino e a aprendizagem de química*, 2011. Tese (Doutorado em Química) – Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

EASTWOOD, M. L. Fastest fingers: a molecule-building game for teaching organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 90, n. 8, p. 1038-1041, 2013.

FELÍCIO, C. M. e SOARES, M. H. F. B. Da intencionalidade à responsabilidade lúdica: novos termos para uma reflexão sobre o uso de jogos no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 3, p. 160-168, 2018.

FRANCO, J. Online gaming for understanding folding, interactions and structure. *Journal of Chemical Education*, v. 89,

n. 12, p. 1543-1546, 2012.

GIL, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas, 1995.

IONASHIRO, J. R. M. e MESQUITA, N. A. S. A utilização do jogo separamix e o desenvolvimento da autonomia argumentativa. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 5, n. 2, p. 71-86, 2019.

JONES, T. N.; GRAHAM, K. J. e SCHALLER, C. P. A jigsaw classroom activity for learning IR analysis in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 10, p. 1293-1294, 2012.

KAVAK, N. ChemOkey: a game to reinforce nomenclature. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 8, p. 1047-1049, 2012.

KAVAK, N. ChemPoker. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 4, p. 522-523, 2012.

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

LARSON, K. G.; LONG, G. R. e BRIGGS, M. W. Periodic properties and inquiry: student mental models observed during a periodic table puzzle activity. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 12, p. 1491-1498, 2012.

LEITE, B. S. Kahoot! e Socrative como recursos para uma aprendizagem tecnológica ativa gamificada no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 2, p. 147-156, 2020.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 2013.

MARISCAL, A. J. F.; MARTÍNEZ, J. M. O. e MÁRQUEZ, S. B. An educational card game for learning families of chemical elements. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 8, p. 1044-1046, 2012.

MESSEDER, H. S. *Abordagem contextual lúdica e aprendizagem do conceito de equilíbrio químico: o que há atrás dessa cortina?* 2012. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

MORAES, M. C. e TORRE, S. *Sentipensar: fundamentos e estratégias para reencantar a Educação*. Petrópolis: Vozes, 2004.

MOREIRA, R. F. A game for the early and rapid assimilation of organic nomenclature. *Journal of Chemical Education*, v. 90, n. 8, p. 1035-1037, 2013.

MOYANO, A.; SERRATOSA, F.; CAMPOS, P. e DRUDIS, J. M. The IUPAC systematic names of the regular polydranes: An exercise inorganic chemistry nomenclature. *Journal of Chemical Education*, v. 59, n. 12, p. 126, 1982.

OLIVEIRA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. P.; NASSER, M. J. S. e CAVALCANTE, M. P. O jogo educativo como recurso interdisciplinar no ensino de química. *Química Nova na Escola*,

v. 40, n. 2, p. 89-96, 2018.

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.

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.

REZENDE, F. A. M.; CARVALHO, C. V. M.; GONTIJO, L. C. e SOARES, M. H. F. B. Raioquíz: discussão de um conceito de propriedade periódica por meio de um jogo educativo. *Química*

Nova na Escola, v. 41, n. 3, p. 248-258, 2019.

SAMRSLA, V. E. E.; GUTERRES, J. 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, n. 2, p. 20-26, 2007.

SILVA, B.; CORDEIRO, M. R. e KIILL, K. B. Jogo didático investigativo: uma ferramenta para o ensino de química inorgânica. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2015.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química: Uma discussão teórica necessária para novos avanços. *Redequim*, v. 2, n. 2, p. 5-13, 2016.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. 5ª. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

Abstract: *A board game involving concepts of mineralogy in Chemical education.* This paper describes the development and application of the board game "Minerals", aiming at teaching concepts of mineralogy in High School. Once concluded the artistic conception, assembly of pieces, boards and rules definition, the game was submitted to a team of undergraduate students in Chemistry, in order to assess its pedagogical potential, as well as its playfulness, dynamics and playability. Subsequently, the game was introduced to high school students from a state public school, in order to analyze its applicability and effectiveness in the teaching of concepts generally unexplored at this school level. Results showed an excellent acceptance of the game by the students, as well as its contribution to the learning of concepts on an important theme, which is very little explored in Basic Education. Furthermore, the work involved undergraduate students in Chemistry, whom had the opportunity of experiencing the development and application of a playful teaching tool.

Keywords: Chemical Education, Mineralogy, Board Game.



Uma abordagem de ensino ativo em um experimento de eletrólise

Gabriel S. Arini, Isis V. S. Santos e Bayardo B. Torres

A expansão exponencial do conhecimento e o dinamismo do mundo contemporâneo impõem alterações curriculares que privilegiem o desenvolvimento de competências e habilidades capazes conduzir o estudante ao autodidatismo. A estratégia de ensino ativo atende aos objetivos da mudança de foco da informação para a formação dos alunos. Abordagem dessa natureza foi adotada para ensinar conceitos de eletrólise a alunos do último ano de bacharelado em Química. A intervenção pedagógica consistiu exclusivamente em experimentação, guiada por um protocolo com instruções apenas procedimentais. A avaliação do aprendizado foi feita por questões dissertativas em testes pré e pós a atividade, com resultados estatisticamente superiores no teste pós. A receptividade dos estudantes foi avaliada por um questionário de dez itens com escala tipo Likert e revelou, em conjunto com os dados da observação participante, a adesão e o entusiasmo dos estudantes com a nova abordagem.

► ensino de eletrólise, aprendizado ativo, experimentação em ensino ◀

Recebido em 31/05/2020, aceito em 31/08/2020

A expansão do Ensino Médio e Superior no Brasil é acompanhada de uma nova demanda formativa, pautada por documentos normativos da Federação (Brasil, 1999), que exigem mudanças qualitativas visando garantir a promoção humana em sua completude. Conforme esta base normativa, diante do dinamismo do mundo contemporâneo, em que as mudanças ocorrem com frequência e de maneira muito rápida, é fundamental que o preparo dos estudantes não se restrinja ao período escolar, mas se estruture de tal forma que lhes propicie um desenvolvimento para toda a vida (Brasil, 1999). O dinamismo apontado no documento abrange uma série de setores da sociedade, desde a economia, as corporações e as empresas até os indivíduos de um modo geral (Salajan, 2008). O sistema educacional, como parte integrante da sociedade, também é afetado por estas transformações em todos os seus níveis, acrescido do reconhecimento de que, na sociedade moderna, o conhecimento ganha crescente importância econômica (Sene, 2012) e aumenta em velocidade alarmante. A área da Química ilustra esse crescimento, como mostra a Figura 1.

Apesar do aumento exponencial do conhecimento, o tempo de permanência dos estudantes nos cursos de graduação tem sido o mesmo. As já citadas bases normativas da Federação (Brasil, 1999) apontam, como diretriz para

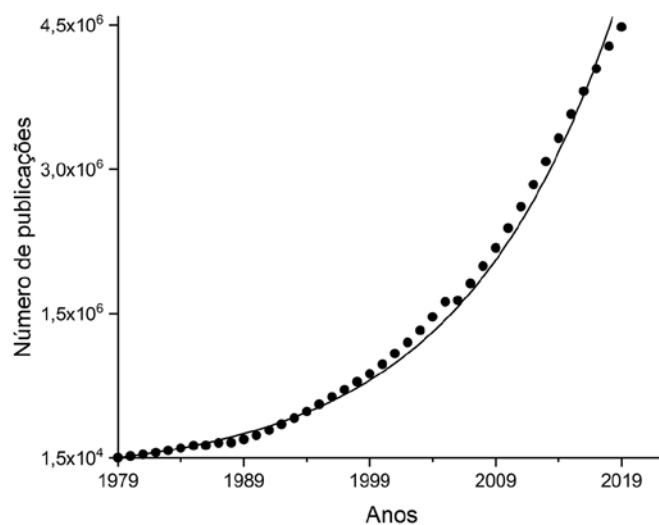


Figura 1: Número de publicações acumuladas na grande área da Química entre 1979 e 2019. Dados obtidos na base de dados PubMed, usando Chemistry como termo de busca. O valor para cada ano é o resultado do número de publicações daquele ano somado ao do ano anterior.

solucionar ou atenuar o impasse, a substituição do foco do ensino: melhor do que privilegiar o conteúdo é propiciar os meios para que os indivíduos desenvolvam competências e

habilidades como a capacidade de resolver problemas, o pensamento crítico, a capacidade argumentativa e a metacrítica. O desenvolvimento dessas habilidades capacita os estudantes a aprender não apenas durante o período escolar, mas ao longo da vida, permitindo que se adaptem às mudanças contínuas (Jarvis, 2007). As indicações dos PCN (Brasil, 1999) encontram respaldo na literatura, sendo amplamente aceitas como um novo paradigma a ser buscado (Kuhn, 2016).

A sugerida mudança do foco curricular, entretanto, depende de alteração equivalente nas estratégias de ensino. De fato, os métodos tradicionais de ensino têm sido criticados pelos limites que apresentam (Wood, 2003; Hughes e Wood, 2003; Powell, 2003; Lujan e DiCarlo, 2006). O uso exclusivo da aula expositiva tradicional, ainda o recurso didático mais utilizado, expressa um modelo de ensino compatível com o tipo de aprendizagem conhecida como *aprendizagem mecânica* (Ausubel, 2000; Moreira, 2011). Nesse modelo, o foco das estratégias é o conteúdo e o aluno é receptor das informações transmitidas pelo professor. Além de estabelecer uma relação de dependência com o professor, o estudante não é estimulado a conferir significado ao que aprende, não se vê como construtor de conhecimentos (Aglen, 2016) e, ainda, alimenta a ideia de que aprendizagem é sinônimo de memorização (Wood, 2003).

Em contrapartida, as estratégias de ensino ativo vêm ao encontro das necessidades supracitadas (Lujan e DiCarlo, 2006). O foco deste modelo de ensino/aprendizagem desloca-se do conteúdo para a formação. O aluno assume o papel de protagonista do próprio aprendizado (Prince, 2004), cabendo ao professor o papel de condutor/orientador dos estudantes tanto no que diz respeito à aquisição do conhecimento quanto, principalmente, no desenvolvimento de competências e habilidades, como o pensar e agir criticamente. Essa abordagem cria as condições necessárias para os estudantes se adaptarem ao crescimento contínuo do conhecimento (Kuhn, 2016) por enfatizar o já clássico “aprender a aprender”.

A eficiência de métodos ativos de ensino/aprendizagem está bem estabelecida e seus efeitos benéficos, bem descritos (Michael, 2006; Freeman *et al.*, 2014; Theobald *et al.*, 2020). Na área das Ciências Experimentais, que incluem a Química, uma das estratégias de aprendizado ativo mais eficientes é obviamente a experimentação (Galiazzi; Gonçalves, 2004; Reid e Shah, 2007; Guimarães, 2009; Osbourne, 2015). De fato, sendo o método científico o cerne do conhecimento químico, o exercício de formulação e teste de hipóteses via experimentação constitui a base da boa formação química. A utilização dessa estratégia de ensino não se restringe ao aprendizado da Química, mas propicia o entendimento da lógica e dos meios pelos quais a Ciência é construída (Kuhn, 2005; Osbourne, 2015). Para além das habilidades de alta ordem cognitiva (Zoller, 1993), a experimentação permite que os estudantes desenvolvam habilidades psicomotoras,

como o manuseio fino de instrumentos, e capacidade organizacional e procedimental, atributos imprescindíveis do bom profissional.

A Físico-química apresenta dificuldades de ensino peculiares (Mammino, 2009), por frequentemente descrever os fenômenos químicos por meio de equações matemáticas. O seu aprendizado constitui um desafio para os estudantes e as tentativas de apreensão de conceitos já prontos (e não construídos ou deduzidos) levam, frequentemente, à mera memorização ou à instalação de concepções alternativas. As dificuldades para dominar os conceitos só são verdadeiramente superadas quando se integram os diferentes níveis representacionais dos conceitos químicos: macroscópico, submicroscópico e simbólico (Marson e Torres, 2011; Ferreira e Lawrie, 2019). É próprio desta área do conhecimento químico valer-se amplamente da representação simbólica para a explicação dos fenômenos, demandando desenvoltura matemática para a apreensão dos conceitos e a interpretação dos fenômenos.

A dimensão macroscópica dos fenômenos pode ser bem explorada pela experimentação, mas as aulas experimentais tradicionais muitas vezes se reduzem ao papel de mero instrumento de comprovação de informações descritas previamente em aulas expositivas, resumindo-se à execução de protocolos. Ou seja, o estudante deve seguir a “receita do bolo” (Guimarães, 2009). Tal conduta, além de pouco educativa, pode descaracterizar os

objetivos do recurso experimental como instrumento didático e distorcer os princípios do método científico.

Entre os temas estudados pela Físico-química, os fenômenos relacionados à eletrólise destacam-se como muito importantes, por suas aplicações nas indústrias de extração de minerais, na obtenção de vários elementos químicos, na galvanoplastia, etc. O próprio conceito de eletrólise é paradigmático das dificuldades já analisadas: não raro observa-se, entre os estudantes, a dificuldade de distinguir parâmetros cinéticos dos termodinâmicos (Agostinho *et al.*, 2019). Para enfrentar esse obstáculo epistemológico, a literatura especializada registra sugestões de sequências didáticas de duração média (Martins e Soares, 2020), requerendo um tempo em geral não disponível na estrutura curricular. A alternativa aqui apresentada pode ser implementada em tempo curto. Esse artigo relata a experiência de sua aplicação e seus resultados.

O objetivo da intervenção pedagógica foi criar, aplicar e avaliar uma sequência didática com abordagem de ensino ativo prático para o ensino/aprendizagem do conceito de eletrólise. Tal objetivo desdobra-se em uma pergunta sobre a aquisição de conhecimento e uma questão sobre a apreciação da estratégia: (i) uma experimentação é capaz de conduzir o aluno à apreensão do conceito de eletrólise? (ii) qual é a percepção dos estudantes sobre a eficácia desta estratégia?

De fato, sendo o método científico o cerne do conhecimento químico, o exercício de formulação e teste de hipóteses via experimentação constitui a base da boa formação química.

Sequência Didática

A intervenção pedagógica foi realizada em uma disciplina de Físico-química, em uma instituição particular de ensino superior da cidade de São Paulo, com 46 estudantes do último ano do curso de Bacharelado em Química. Essa intervenção consistiu de uma sequência didática aplicada em dois blocos de 100 minutos. No primeiro bloco, os estudantes responderam individualmente ao pré-teste (Quadro 1) e, na sequência, em grupos de 4~5 participantes realizaram um experimento sobre eletrólise da água, com base em um protocolo (Figura 2) disponibilizado com uma semana de antecedência. O protocolo era uma adaptação do descrito por Agostinho e colaboradores (2019), contendo unicamente instruções procedimentais, sem explicações de conceitos e antecipação de resultados.

Quadro 1: Questões a serem respondidas antes e depois da sequência didática.

Pré-teste
1) Qual o potencial de redução de $2H^+/H_2$ e de oxidação da H_2O ? Para fazer a eletrólise da H_2O , usa-se esse mesmo potencial? Por quê?
2) Do que depende o potencial para que ocorra a eletrólise?
Pós-teste
1) A diferença de potencial encontrada foi a esperada?
2) O que havia de diferente no experimento em relação às condições padrão?
3) A diferença de potencial em que começou a se desprender hidrogênio foi a mesma em que começou a se desprender oxigênio?
4) Que outra reação de oxidação pode ter ocorrido? Baseie-se nas suas observações experimentais para responder e justificar.
5) O pH influencia o potencial prático que deve ser aplicado para realização da eletrólise? Justifique.
6) O tipo de eletrodo influencia o potencial da eletrólise? Por quê?

No laboratório, os estudantes deveriam construir as células eletrolíticas a serem utilizadas no experimento e responder à questão norteadora: qual o efeito do meio e do tipo de eletrodo no processo de eletrólise da água? Os estudantes deveriam avaliar o desprendimento de hidrogênio primeiro com um eletrodo de cobre e, depois, com eletrodo de aço inoxidável em meio ácido. O professor e o monitor atuaram de forma a orientar os estudantes, discutindo suas eventuais dúvidas, mas sem oferecer respostas prontas e completas. Os estudantes foram instruídos a tomar notas e coletar o maior número de informações sobre o que estavam experimentando. No segundo bloco, os estudantes realizaram o mesmo procedimento em meio básico e no final responderam ao pós-teste e ao questionário de avaliação da estratégia. A seguir, em conjunto, apresentaram e discutiram os dados

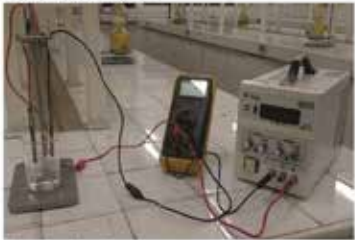
Eletrólise da água

Materiais

- Fonte de corrente contínua - Multímetro - 2 placas de cobre - 2 placas de aço inoxidável - Solução de H_2SO_4 1,0 mol/L - Solução de NaOH 1,0 mol/L - Bêquer de 150 mL - 4 fios com jacarés - Lixas d'água de 600 mesh e 1200 mesh.

Procedimento experimental

- Lixar os eletrodos com a lixa de 600 mesh e depois com a de 1200 mesh, sempre molhando as lixas.
- Lavar os eletrodos e secá-los com papel toalha procurando não encostar os dedos na superfície para não ficar marcas de digital.
- Colocar por volta de 100 mL de solução de H_2SO_4 1,0 mol/L no bôquer.
- Montar o circuito conforme foto abaixo com eletrodos de cobre. Obs. O multímetro deve estar ligado em paralelo com a fonte.



- Não deixar que os eletrodos de cobre encostem um no outro.
- Ligar o multímetro e acertar a escala para 2 V corrente contínua.
- Ligar a fonte e aumentar gradativamente (0,1 em 0,1 V) o potencial (ler sempre o valor no multímetro e não na fonte). A cada potencial aplicado verificar se está havendo desprendimento de hidrogênio no cátodo (eletrodo negativo). Observar também mudanças no ânodo.
- Quando se verificar desprendimento de hidrogênio no cátodo anotar o potencial em que isto ocorreu.
- Repetir o procedimento com a solução de NaOH e depois com os eletrodos de aço inoxidável e H_2SO_4 .

Figura 2: Protocolo do experimento a ser executado.

obtidos, estabelecendo o compromisso de que a discussão não se encerraria sem que todos os participantes obtivessem o entendimento devido. A interpretação dos resultados e a própria condução da discussão estiveram sob a coordenação do docente, que respaldava as conclusões corretas. A etapa final da discussão foi uma síntese das conclusões com as devidas justificativas.

Coleta de Dados

Tanto a coleta quanto a análise de dados foram realizadas pelas vias qualitativa e quantitativa, caracterizando uma pesquisa de caráter misto (Creswell, 2010; Schram, 2014) e inserindo-se na corrente atualmente referida como *mixed methods* (Johnson e Onwuegbuzie, 2004; Castro *et al.*, 2010). Justifica-se a opção por esta abordagem metodológica lançar luz por diversos ângulos sobre um mesmo fenômeno, fugaz e de difícil apreensão por natureza, e porque a complementariedade entre as diversas abordagens favorece uma análise mais fina sobre o tema em questão (Creswell, 2010).

Foram utilizados dois tipos de instrumentos para a coleta de dados: testes sobre o conteúdo e um questionário para avaliação da intervenção. Para verificação da aprendizagem foi aplicado um pré-teste antes da intervenção e um pós-teste, imediatamente depois (Quadro 1). Ambos os testes eram compostos por questões de caráter dissertativo, versando sobre o conceito de eletrólise – duas para o pré-teste e seis para o pós-teste. As questões foram desenvolvidas em conjunto por dois especialistas, um na área de Físico-química e outro na área de Ensino de Ciências, e se inseriam nos níveis

de baixa e alta ordem cognitiva, segundo a taxonomia de Zoller (1993). Para colher a opinião dos estudantes, aplicou-se um questionário com dez afirmativas que deveriam ser julgadas por uma escala de concordância do tipo Likert de cinco pontos (Quadro 2).

Quadro 2: Instrumento para avaliar a apreciação da sequência didática.

Avaliação do recurso experimental como estratégia de ensino

Indique seu grau de concordância com cada afirmação, segundo a escala: DF: Discordo Fortemente; D: Discordo; I: Indiferente; C: Concordo; CF: Concordo Fortemente. Qualquer comentário será muito bem recebido e útil para o projeto.

Muito obrigado pela colaboração.

	DF	D	I	C	CF
1. A estratégia foi eficiente para ensinar o conceito.					
2. Consegui ter um melhor entendimento do fenômeno com este tipo de abordagem.					
3. Gostaria que mais aulas fossem ministradas nestes moldes.					
4. Não gostei do uso deste tipo de estratégia.					
5. O uso deste tipo de estratégia foi muito estimulante.					
6. O uso desta estratégia deixou a desejar.					
7. Consegui manter-me mais atento nesta estratégia se comparado à aula expositiva.					
8. Gostaria de que mais aulas utilizassem estratégias semelhantes.					
9. Acredito que este tipo de recurso é melhor para solidificar um determinado conceito.					
10. O uso desta estratégia contribuiu para o meu aprendizado.					

Confiabilidade dos Instrumentos de Coleta

A confiabilidade do questionário foi aferida pelo *Coefficiente Alfa de Cronbach* (Cronbach; Shavelson, 2004). Este índice, variando entre zero e um avalia a consistência interna de questionários. Quanto mais próximo à unidade, maior é a confiabilidade do instrumento utilizado - valores maiores ou iguais a 0,7 são considerados satisfatórios (Marsh, 1987; Moreira e Silveira, 1993). O questionário foi também validado pelo cálculo do *Índice de Correlação Item-Total* (Pallant, 2005). Este parâmetro indica quanto uma dada afirmação se relaciona com o conjunto delas. Valores de *Índice de Correlação Item-Total* maiores ou iguais a 0,2 para as afirmativas do questionário são

suficientes para a sua validação. Os valores do Coeficiente Alfa de Cronbach e do *Índice de Correlação Item-Total* foram calculados com auxílio do software *Statistical Package for the Social Sciences*.

A validação do conteúdo das questões dos testes (Moreira e Silveira, 1993) foi feita na sua elaboração por especialistas, como já descrito. Os testes foram compostos por questões com alguma redundância no conteúdo. Essa é uma estratégia para aferir a coerência das respostas dos estudantes.

Notas de Campo

As Notas de Campo são ferramentas imprescindíveis para a apreensão de uma realidade que não pode ser compreendida, em sua totalidade, pelos métodos quantitativos. As notas de campo foram obtidas pela observação participante dos pesquisadores ao longo da intervenção pedagógica (Bogdan e Biklen, 2010), esperando conseguir, do objeto em análise, uma perspectiva “de dentro” (Mayring, 2002). O ruído causado pela presença do observador foi atenuado pela sua atuação concomitante como monitor.

Análise dos Dados

Para o exame dos resultados do questionário foi utilizada a análise descritiva univariada. As respostas aos testes foram avaliadas por um especialista em Físico-química, atribuindo uma nota no intervalo de zero a dez. A comparação entre as médias de pré e pós-testes foi feita pelo teste-T de Student, com um valor de $p<0,05$ considerado estatisticamente significativo.

Resultados e Discussão

Os 46 estudantes matriculados na disciplina responderam os pré e pós-testes e o questionário.

Assimilação do conteúdo

O desempenho dos estudantes no pós-teste foi significativamente maior do que no pré-teste (Figura 3).

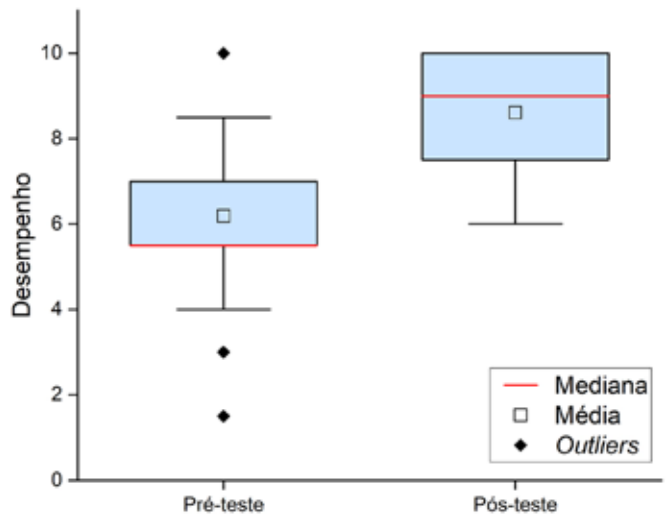


Figura 3 - Desempenho dos estudantes no pré- e pós-teste; * $p<0.05$ no pós-teste vs. pré-teste.

A importância desse resultado está mais no alto valor médio das notas do pós-teste (8,61) do que na comparação entre as notas do pré e pós-teste. As duas questões do pré-teste foram propostas apenas como balizamento para a intervenção, uma vez que, em se tratando de estudantes veteranos, era importante aferir o grau de conhecimento sobre o assunto a ser ensinado. O resultado médio (6,19) indicou, como era esperado para alunos do último ano da graduação, familiaridade com o (mas não domínio do) tema em estudo. As seis questões do pós-teste são abrangentes e verificam virtualmente tudo o que se esperava que os estudantes aprendessem sobre eletrólise no tempo e nas condições da intervenção, tendo sido avaliadas com a exigência compatível.

Apreciação sobre a estratégia didática

Para obter a percepção dos estudantes sobre a estratégia experimental, foi aplicado o questionário já mencionado (Quadro 2). A sua confiabilidade foi estimada pelos valores de Alfa de Cronbach e do Índice de Correlação Item-Total (Tabela 1).

Tabela 1: Valores de Alfa de Cronbach e Índice de Correlação Item-Total para os itens integrantes do questionário.

Afirmativas	Alfa de Cronbach	Índice de Correlação Item-Total
	0,865	
1		0,635
2		0,728
3		0,641
4		0,524
5		0,731
6		0,540
7		0,371
8		0,522
9		0,739
10		0,656

Os valores do Alfa de Cronbach e dos Índices de Correlação Item - Total estão muito acima do valor mínimo recomendado pela literatura, 0,7 e 0,2, respectivamente (Pallant, 2005). Logo, o instrumento construído mostrou-se apropriado para a apreensão da realidade estudada, estando assim validado. As afirmativas 4 e 6 do questionário são simétricas às demais, ou seja, estavam em um sentido inverso em relações às outras. A inclusão desse tipo de afirmativa tem um fim estratégico: visa verificar a coerência das respostas – a discordância delas deve ser equivalente à concordância com as outras. O resultado das respostas dos estudantes ao questionário pode ser visto na Figura 4.

Os resultados revelam que os estudantes apreciaram francamente a estratégia e viram-na como eficiente e capaz de manter a atenção, concordando com as afirmações de números 1, 2, 5, 7, 9 e 10. Por coerência, discordaram

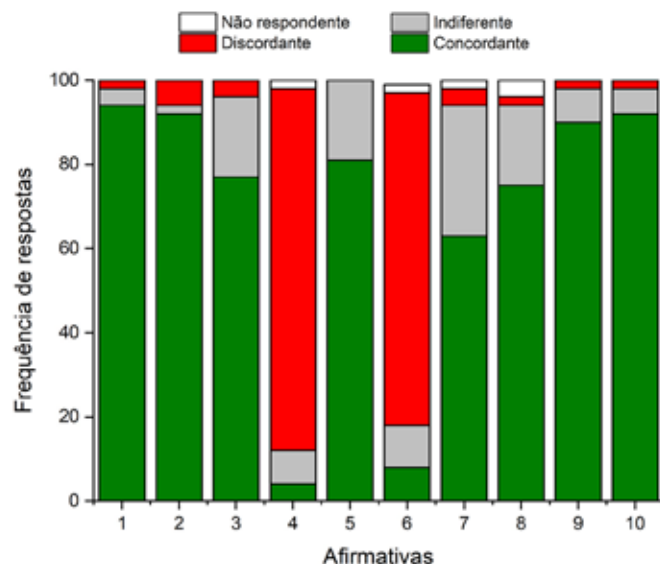


Figura 4 - Avaliação dos estudantes quanto à eficácia da estratégia de ensino. A categoria Concordante corresponde à soma das respostas Concordo e Concordo Fortemente e a categoria Discordante, à soma de Discordo e Discordo Fortemente.

enfaticamente das afirmações de número 4 e 6. Em grande maioria, declararam que gostariam que este tipo de abordagem fosse mais frequentemente utilizado (itens 3 e 8).

Como parte da pesquisa qualitativa, os dados obtidos pelas Notas de Campo foram apreciados e valorizados pela triangulação com os dados quantitativos. A observação participante gerou dados que ratificam os demais dados apresentados.

De fato, era evidente o entusiasmo com a nova abordagem e, ao longo da execução, foram frequentes os sinais de adesão à nova estratégia e as manifestações espontâneas de sua aprovação. Merece destaque o engajamento dos estudantes na discussão dos resultados obtidos nos experimentos, com a formulação espontânea de hipóteses sobre a variação dos potenciais de redução medidos por diferentes grupos. Ao confrontar seus dados com dados diferentes obtidos pelos colegas, os estudantes empenharam-se em debater e conferir sentido às variações observadas, fugindo da dicotomia certo ou errado, tão frequente no julgamento do resultado de experimentos. O entusiasmo criado a partir do confronto de ideias, como resultado da busca de explicações que abarcassem explicações plausíveis e consistentes mostrou-se uma força motriz que permeou todo o andamento da discussão. Permitiu também a identificação de conceitos alternativos persistentes nos estudantes, possibilitando a intervenção esclarecedora do professor.

Considerações Finais

Nesta intervenção pedagógica pretendeu-se ir além dos métodos convencionais empregados na experimentação, invertendo a sequência didática clássica de aulas experimentais e, assim, tornar o ensino de eletrólise de fato ativo. Apresentar primeiro o fenômeno de eletrólise no laboratório atende ao nível representacional macroscópico; abordar a

seguir os níveis mais abstratos e simbólicos permite integrar as diferentes formas de representação do fenômeno químico. O procedimento permitiu que os estudantes construíssem conceitos sobre o assunto estudado com base nos resultados dos experimentos e na discussão com os colegas. De fato, um dos papéis intrínsecos da ciência é explicar os fenômenos naturais; oferecendo o fato experimental antes de sua explicação ou teorização, o professor reproduz didaticamente o fazer científico. Essa abordagem muda o papel do professor tanto quanto o dos alunos. Os estudantes precisam abandonar o papel de receptores passivos de informações para acionar a curiosidade investigativa; o professor baliza a discussão, monitora os raciocínios e avaliza as conclusões. O resultado do pós-teste mostra que a construção de conhecimento sobre o assunto foi adequada e abrangente.

Ao privilegiar o debate direcionado entre os estudantes, em vez da exposição clássica, faz-se uma contribuição para o desenvolvimento da autonomia e da autoconfiança, tendo como alvo o aprendizado significativo (Ausubel, 2000; Moreira, 2011).

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que deduzir os conceitos a partir dos experimentos pelo trabalho

colaborativo em pequenos grupos (Linton *et al.*, 2014; Fung *et al.*, 2016) teve impacto significativo tanto no desempenho dos estudantes quanto no componente motivacional da estratégia. Tais resultados indicam que usar o experimento como forma de apresentação do fenômeno a ser estudado, e não como recurso comprobatório do arcabouço teórico discutido previamente, é uma forma eficiente de promoção da aprendizagem. Cumprem-se, assim, os requisitos claramente apontados por Galiazzi e Gonçalves (2004) para favorecer o processo de aprendizagem: a recuperação do conhecimento prévio dos estudantes, a mediação pelos pares, o debate, a validação dos argumentos e a discussão sobre o contexto.

Gabriel Santos Arini (gabrielbio19@gmail.com), bacharel em Ciências Farmacêuticas e licenciado em Química pelas Faculdades Osvaldo Cruz, mestre em Bioquímica pela Universidade de São Paulo. Estagiário no Departamento de Bioquímica, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP – BR. **Isis Valença de Sousa Santos** (isisvalenca@yahoo.com.br), bacharel e licenciada em Química, mestre em Química. Colaboradora do Grupo de Pesquisa em Educação Química e professora de Química no Colégio Augusto. Guarulhos, SP – BR. **Bayardo Baptista Torres** (bayardo@iq.usp.br), bacharel e licenciado em Ciências Biológicas e doutor em Bioquímica pela Universidade de São Paulo, é professor Sênior do Departamento de Bioquímica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP – BR.

Referências

AGLEN, B. Pedagogical strategies to teach bachelor students evidence-based practice: A systematic review. *Nurse Education Today*, v. 36, p. 255 – 263, 2016.

AGOSTINHO, S. M. L.; JAIMESEB, R. F. V. L.; VAIOLETTEC, L. e SANTOS, I. V. S. Effect of the nature of the electrolyte and the nature of the interface on the hydrogen evolution potential: experiments for chemistry students. *Química Nova*, v. 42, n. 4, p. 453-457, 2019.

AUSUBEL, D. P. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic, 2000.

BOGDAN, R. C. e BIKLEN, S. K. *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto: Porto Editora, 2010.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: MEC, 1999.

CASTRO, F. G.; KELLISON, J. G.; BOYD, S. J. e KOPAK, A. A methodology for conducting integrative mixed methods research and data analyses. *Journal of Mixed Methods*, v. 4, n. 4, p. 342-360, 2010.

CRESWELL, J. W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FERREIRA, J. E. V. e LAWRIE, G. A. Profiling the combinations of multiple representations used in large-class teaching: Pathways to inclusive practices. *Chemical Education Research and Practice*, v. 20, p. 902-923, 2019.

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; McDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H. e WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.

FUNG, D. C. L.; TO, H. e LEUNG, K. The influence of collaborative group work on students' development of critical thinking: the teacher's role in facilitating group discussions.

Pedagogies: An International Journal, v. 11, n. 2, p. 146–166, 2016.

GALIAZZI, M. C. e GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova*, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

HUGHES, I. E. e WOOD, E. J. Does problem-based learning work? And whose fault is it if it doesn't? *Biochemistry and Molecular Biology Education*, v. 31, n. 4, p. 257–259, 2003.

JARVIS, P. *Globalization, lifelong learning and the learning society: Sociological perspectives*, v. 2. New York: Routledge, 2007.

JOHNSON, R. B. e ONWUEGBUZIE, A. J. Mixed methods research: a research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, v. 33, n. 7, p. 14–26, 2004.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. B. V. Boeira e N. Boeira. 9ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

KUHN, D. What do young science students need to learn about variables? *Science Education*, v. 100, n. 2, p. 392–403, 2016.

LINTON, D. L.; FARMER, J. K. e PETERSON, E. Is peer interaction necessary for optimal active learning? *CBE – Life Sciences Education*, v. 13, n. 2, p. 243–252, 2014.

LUJAN, H. L. e DICARLO, S. E. Too much teaching, not enough learning: what is the solution? *Advances in Physiology Education*, v. 30, n. 1, p. 17–22, 2006.

MAMMINO, L. Teaching physical chemistry in disadvantaged contexts: challenges, strategies and responses. In: GUPTA-BHOWON, M.; JHAMUMEER-LAULLOO, S.; LI KAMWAH, H. e RAMASAMI, P. (eds) *Chemistry Education in the ICT Age*. Dordrecht: Springer, 2009.

MARSH, H. B. Students' evaluations of university teaching: research findings, methodological issues, and directions for future research. *International Journal of Educational Research*, v. 11, n. 3, p. 253–388, 1987.

MARSON, G. A. e TORRES, B. B. Fostering multi-representational levels of chemical concepts: a framework to

develop educational software. *Journal of Chemical Education*, v. 88, n. 12, p. 1616–1622, 2011.

MAYRING, P. *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. 5ª ed. Weinheim: Beltz, 2002.

MICHAEL, J. Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, v. 30, n. 4, p. 159–167, 2006.

MOREIRA, M. A. e SILVEIRA, F. L. *Instrumentos de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem: a entrevista clínica e a avaliação de testes de papel e lápis*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

OSBORNE, J. Practical work in science: misunderstood and badly used? *School Science Review*, v. 96, n. 357, p. 16–24, 2015.

PALLANT, J. *SPSS survival manual: a step by step guide to data analysis using SPSS for Windows (version 12)*. London: Open University Press, 2005.

POWELL, K. Spare me the lecture. *Nature*, v. 425, p. 234–236, 2003.

PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, v. 93, n.3, p.223–231, 2004.

REID, N.; SHAH, I. The role of laboratory work in university chemistry. *Chemical Education Research and Practice*, v. 8, n. 2, p. 172–185, 2007.

SALAJAN, F. D. The rise of the information society amongst European academics. *European Journal of Education*, v. 43, n. 4, p. 457–475, 2008.

SENE, J. E. A. Sociedade do conhecimento e as reformas educacionais. *GEOTemas*, v. 2, n.1, p.129–143, 2012.

SCHRAM, A. B. A Mixed Methods Content Analysis of the Research Literature in Science Education. *International Journal of Science Education*, v. 36, p. 2619–2638, 2014.

THEOBALD, E. J.; HILL, M. J.; TRAN, E.; AGRAWAL, S.; ARROYO, E. N.; BEHLING, S.; CHAMBWE, N.; CINTRÓN, D. L.; COOPER, J. D.; DUNSTER, G.; GRUMMER, J. A.; HENNESSEY, K.; HSIAO, J.; IRANON, N.; JONES 2nd, L.; JORDT, H.; KELLER, M.; LACEY, M. E.; LITTLEFIELD, C. E.; LOWE, A.; NWEMAN, S.; OKOLO, V.; OLROYD, S.; PEECOOK, B. R.; PICKETT, S. B.; SLAGER, D. L.; CAVIEDES-SOLIS, I. W.; STANCHAK, K. E.; SUNDARAVARDAN, V.; VALDEBENITO, C.; WILLIAMS, C. R.; ZINSLI, K. e FREEMAN, S. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, v. 117, n. 12, p. 6476–6483, 2020.

WOOD, W. B. Inquiry-Based Undergraduate Teaching in the Life Sciences at Large Research Universities: A Perspective on the Boyer Commission Report. *Cell Biology Education*, v. 2, p. 112–116, 2003.

ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 3, p. 195, 1993.

Para saber mais

CARMEL, N. J. C. e PACCA, J. L. A. Conceções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. *Caderno Brasileiro Ensino de Física*, n. 28, p. 7–26, 2011.

MARTINS, A. L. S. e SOARES, E. C. Ensino de eletrólise – Sequência didática, <https://docplayer.com.br/81515678-Ensino-de-eletrolise.html>, acesso em mai. 2020.

SARTORI, E. R.; SANTOS, V. B.; TRENCH, A. B. e FATIBELLO-FILHO, O. Construção de uma célula eletrolítica para o ensino de eletrólise a partir de materiais de baixo custo. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 107–111, 2012.

Abstract: An active practical approach to teach electrolysis. The exponential expansion of knowledge and the dynamism of the contemporary world impose curricular modifications that privilege the development of competences and skills capable of conducting the students to lifelong learning. The active teaching strategy reaches the objective of shifting the focus from information to the formation of students. An approach of this nature was adopted to teach chemistry students in their senior year the main concepts of electrolysis. The pedagogic intervention consisted exclusively in experimentation, guided by a protocol containing only procedural instructions. The assessment of learning was made by essay questions in tests before and after the activity, with statistically superior results in the post-activity test. The receptivity of the students was assessed by their answers to a 10-question questionnaire, with a Likert scale, and revealed, combined with the data from the participant observation, the adhesion and enthusiasm of the students with the new approach.

Keywords: electrolysis teaching; active teaching; experimentation method



Método Algébrico para balanceamento de reações: Uma alternativa não explorada em livros didáticos de Química

Claudimar Junker Duarte

A tarefa de balancear reações químicas tem papel importante em disciplinas introdutórias de Química. Este artigo reporta o método algébrico para balanceamento de reações químicas. O procedimento para obter os coeficientes estequiométricos consiste em resolver um sistema homogêneo de equações lineares obtido a partir dos princípios de conservação da matéria e de carga e da quantidade de elétrons transferidos. A aplicação do método é apresentada com alguns exemplos. O método algébrico não é muito explorado em livros-texto de ensino de Química, o que é discutido neste trabalho.

► método algébrico; reações químicas, balanceamento de reações químicas ◀

Recebido em 29/04/2020, aceito em 16/07/2020

183

A Lei de conservação da massa, enunciada por Antoine Lavoisier (1790), estabelece que, nas reações químicas, a massa não é criada nem destruída. Em outras palavras, em um sistema fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos. Lavoisier lançou as bases para a Química moderna e revolucionou a ciência (Lavoisier, 1790).

O conhecimento sobre a lei de Lavoisier é a condição fundamental para o balanceamento de equações químicas, muito comum em disciplinas introdutórias de Química e geralmente explorado no conteúdo de estequiometria, sendo fundamental para o entendimento de processos químicos, predição do rendimento de reações, determinação de condições reacionais, entre outros (Kuman, 2001). O balanceamento de equações químicas é crucial no aprendizado de Química e inclui o domínio de conceitos de conservação da massa, escrita adequada de fórmulas moleculares, iônicas e atômicas, volume de gases, entre outros (Hinton e Nakhleh, 1999).

A representação de reações é baseada em linguagem própria da química e envolve três níveis de conhecimento: descritivo e funcional (macroscópico), segundo o qual é

possível ver e manusear materiais, observar e descrever suas transformações e, portanto, perceptível aos sentidos humanos; o nível simbólico (representacional), que está relacionado à representação das entidades elementares por fórmulas; e o nível microscópico (explicativo), que corresponde às interações

atômicas (rompimento/formação de ligações; rearranjo dos átomos, por exemplo) que ocorrem durante as reações (Johnstone, 1982). Uma vez que o balanceamento de reações está relacionado com transformações químicas, descritas por fórmulas e equações, ou seja, expressões simbólicas que correspondem às relações quantitativas a nível macroscópico e microscópico,

é importante entender a representação das transformações em todos os níveis (Hinton e Nakhleh, 1999).

Muitas vezes, os estudantes não conseguem correlacionar eventos macroscópicos e modelos microscópicos com os símbolos que os representam. Em outras palavras, os discentes conseguem resolver problemas da Química mas não compreendem os conceitos químicos em que os problemas são baseados. Muitas vezes, conseguem balancear reações e até mesmo identificar a quantidade de átomos presentes nas fórmulas químicas, mas não compreendem o seu significado

Muitas vezes, os estudantes não conseguem correlacionar eventos macroscópicos e modelos microscópicos com os símbolos que os representam. Em outras palavras, os discentes conseguem resolver problemas da Química mas não compreendem os conceitos químicos em que os problemas são baseados.

(Yarroch, 1985; Savoy, 1988). Além disso, foi demonstrado que estudantes (Garcia *et al.*, 1990) e até mesmo professores (Padilla *et al.*, 2008) apresentam dificuldades em correlacionar o conceito de mol (que está associado ao coeficiente estequiométrico) com quantidade de substância (volume ou massa). Essas dificuldades foram atribuídas ao desconhecimento dos docentes sobre o contexto histórico e a evolução do significado dos conceitos de quantidade de matéria e mol (Furió *et al.*, 1999).

Outros trabalhos mostraram as limitações dos estudantes em compreender a conservação de matéria (Özmen e Aya, 2003; Paixão e Cachapuz, 2000). A lei de conservação da matéria é uma lei fundamental na ciência e faz parte de um conjunto conhecido de leis de conservação. Conforme mostrado por Laugier e Dumon (2004), é importante que os estudantes compreendam que, durante uma reação química, o desaparecimento dos reagentes e formação dos produtos correspondem ao rearranjo dos átomos, formando novas moléculas. E que, durante a transformação, a massa (e a carga, no caso de reações iônicas) se conservam. Segundo Hesse e Anderson (1992), a incompreensão dessa lei torna praticamente impossível aceitar e entender modelos microscópicos que a expliquem.

Para o balanceamento de reações, a maioria dos livros didáticos do ensino médio utilizam o método de tentativa e erro para atribuição dos coeficientes estequiométricos (Santos *et al.*, 2016; Reis, 2016; Mortimer e Machado, 2016; Ciscato *et al.*, 2016; Novais e Antunes, 2016; Peruzzo e Canto, 2006; Feltre, 2004). Nesse caso, é recomendável iniciar o balanceamento a partir da fórmula que contém maior número de elementos diferentes (ou que apresenta maior número de átomos) até às fórmulas mais simples (Russel, 1994).

Contudo, para reações que envolvem muitas espécies de reagentes ou produtos, o uso do método de tentativa e erro torna-se tedioso e outros métodos são mais convenientes (Curtis, 1922). Em muitas reações de óxido-redução, por exemplo, recomenda-se o método de meias-reações, que consiste em várias etapas, como dividir a reação em duas meia-reações de oxidação/redução, adicionar hidrônio (H^+ , meio ácido) ou OH^- (hidroxila, meio básico) e adicionar solvente (água) (Atkins e Jones, 2012; Kotz *et al.*, 2010; Brown *et al.*, 2017).

Outra alternativa para balancear reações é conhecida como método de inspeção, que foi introduzido por Harjadi (1986). Nessa abordagem, átomos que estão presentes em apenas uma substância (em cada lado da reação) são balanceados primeiro em preferência daqueles que estão presentes em mais de uma substância no lado dos reagentes ou produtos. Foi demonstrado por Tóth (1997) que o método de inspeção se aplica desde reações simples a outras mais complexas, exceto em determinadas reações de óxido-redução. Nesse caso, é necessário conhecer um ou mais coeficientes para realizar o balanceamento.

O método algébrico para balanceamento de reações foi introduzido por Bottomley (1878) utilizando como princípio a conservação da matéria, ou seja:

$$\begin{array}{cc} \text{Total de átomos} & = & \text{Total de átomos} \\ (\text{reagente(s)}) & & (\text{produto(s)}) \end{array}$$

A quantidade de átomos (de determinado elemento) do lado dos reagentes é igual à quantidade de átomos do lado dos produtos. Essa condição mostra que a quantidade de equações matemáticas gerada será igual ao número de diferentes elementos apresentados na reação.

O método algébrico foi aprimorado por Bennett (1954), que considerou a conservação de carga:

$$\begin{array}{cc} \text{Soma de cargas} & = & \text{Soma de cargas} \\ (\text{reagente(s)}) & & (\text{produto(s)}) \end{array}$$

Essa condição introduz outra equação matemática. As equações obtidas a partir da conservação de matéria e de carga são suficientes para balanceamento de diversas reações (Bhattacharjee, 2015).

Mais tarde, Oslon (1997) estabeleceu outra condição baseada no processo de transferência de elétrons. De forma simplificada, a quantidade de elétrons que uma espécie química cede ao sofrer oxidação é a mesma que outra espécie recebe ao sofrer redução:

$$\begin{array}{cc} \text{Quantidade de elétrons cedidos} & = & \text{Quantidade de} \\ & & \text{elétrons recebidos} \end{array}$$

Assim, o número de elétrons transferidos é conservado e pode ser definido em termos de variação nos estados de oxidação. Nesse caso, é importante considerar a atomicidade, ou seja, o número de vezes que o mesmo átomo aparece em determinada fórmula. A condição proposta por Oslon permite obter mais equações, tornando a resolução

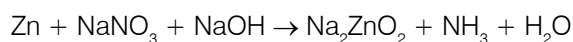
[...] para reações que envolvem muitas espécies de reagentes ou produtos, o uso do método de tentativa e erro torna-se tedioso e outros métodos são mais convenientes (Curtis, 1922).

mais simples. Uma vez consideradas as condições descritas (não necessariamente todas as três) atribuem-se as incógnitas (a, b, c, d ..., por exemplo) que, ao final da resolução, correspondem aos coeficientes estequiométricos.

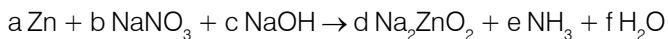
Esse procedimento pode ser considerado interessante, uma vez que possibilita a interdisciplinaridade entre a Química e a Matemática.

A seguir são apresentadas algumas reações que foram balanceadas seguindo o método algébrico. Para simplificar, os estados físicos dos reagentes e produtos foram omitidos.

Exemplo 1:



Para começar, atribui-se coeficientes para cada uma das substâncias que participam da reação.



Considerando a conservação da matéria, o zinco (Zn) possui um átomo no lado dos reagentes e coeficiente “a”. No lado dos produtos, apresenta também um átomo (Na_2ZnO_2) e coeficiente “d”. Assim, considerando a conservação da matéria para o Zn e o mesmo raciocínio para os demais elementos, obtêm-se:

$$\text{Zn: } a = d \quad \text{eq. 1.1}$$

$$\text{Na: } b + c = 2d \quad \text{eq. 1.2}$$

$$\text{N: } b = e \quad \text{eq. 1.3}$$

$$\text{O: } 3b + c = 2d + f \quad \text{eq. 1.4}$$

$$\text{H: } c = 3e + 2f \quad \text{eq. 1.5}$$

Uma vez que todas as espécies químicas nessa reação são neutras, a conservação de cargas não se aplica. Em relação à transferência de elétrons, o zinco, ao sofrer oxidação, perde elétrons que são transferidos para o nitrogênio, que sofre redução (Figura 1.1). O Zn (atomicidade 1) apresenta nox zero nos reagentes e +2 nos produtos. Portanto, sua variação de nox $\Delta\text{Zn} = |2 - 0| = 2$ e o número de elétrons doados (ou seja, $\Delta\text{Zn} \times \text{atomicidade} \times \text{coeficiente estequiométrico}$) é $2 \times 1 \times a = 2a$. O nitrogênio apresenta nox +5 nos reagentes (NaNO_3) e -3 nos produtos (NH_3). Uma vez que NaNO_3 apresenta apenas um átomo de nitrogênio (portanto atomicidade 1), este elemento apresenta variação de nox $\Delta\text{N} = |-3 - 5| = 8$. Portanto, a quantidade de elétrons recebidos ($\Delta\text{N} \times \text{multiplicidade} \times \text{coeficiente estequiométrico}$) é igual a $8 \times 1 \times b = 8b$. Assim:

$$2a = 8b \quad \text{eq. 1.6}$$

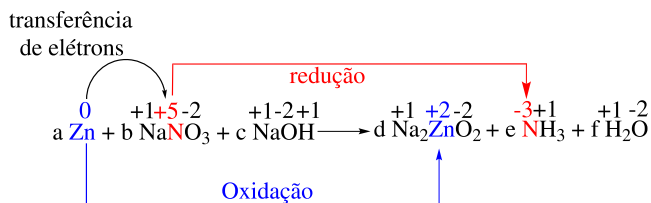


Figura 1.1: Representação do processo de transferência de elétrons do Zn para N.

Embora somente as equações anteriores (eq. 1.1 - eq. 1.5) sejam suficientes para encontrar os coeficientes estequiométricos (a - f), a eq. 1.6 é útil para simplificar a resolução, uma vez que estabelece correlação entre reagentes que não pode ser obtida de acordo com os princípios de conservação de massa e de carga. Assim, a terceira condição, baseada na transferência de elétrons, permite obter equações lineares que envolvem correlações entre reagentes (reação direta) e entre produtos (reação inversa). A Figura 1.2 mostra o processo inverso, em que o Zn reduz e N oxida.

Assim:

$$2d = 8e \quad \text{eq. 1.7}$$

Considerando $a = 4$ (para que sejam obtidos os menores

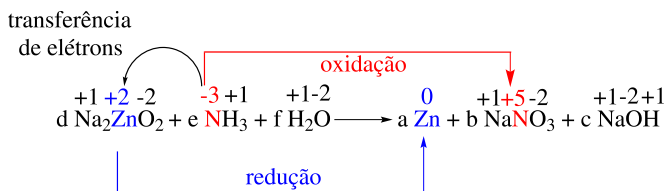
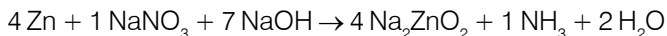
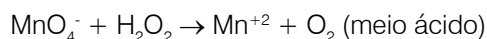


Figura 1.2: Representação do processo de transferência de elétrons do N para Zn.

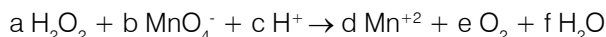
números inteiros) as equações obtidas fornecem os seguintes valores para os demais coeficientes estequiométricos: $b = 1$; $c = 7$; $d = 4$; $e = 1$ e $f = 2$ e a equação balanceada será:



Conforme mostrado na parte introdutória, reações de oxi-redução, que geralmente são balanceadas pelo método de meias-reações, são apresentadas nos exercícios de livros didáticos de forma incompleta, sem incluir o solvente (geralmente a água) e podem ocorrer em meio ácido (H^+) ou básico (OH^-). Para equilibrar reações dessa natureza utilizando método algébrico, considere o exemplo abaixo:



Em situações como essa, adiciona-se H^+ (conforme informado que o meio é ácido) nos reagentes e H_2O nos produtos. Caso a adição tenha ocorrido no lado equivocado (reagentes ou produtos), o respectivo coeficiente a ser encontrado apresentará valor negativo e assim é necessário apenas ajustar sua posição. Portanto, a equação química poderá ser escrita:



O balanço da matéria mostra que:

$$\text{H: } 2a + c = 2f \quad \text{eq. 2.1}$$

$$\text{O: } 2a + 4b = 2e + f \quad \text{eq. 2.2}$$

$$\text{Mn: } b = d \quad \text{eq. 2.3}$$

Em relação à conservação de cargas, no lado dos reagentes, as espécies carregadas são MnO_4^- e H^+ enquanto que, no lado dos produtos, somente Mn^{+2} apresenta carga. As demais espécies são neutras e, nesse caso, são desconsideradas. Assim, a soma das cargas nos reagentes é igual à soma das cargas nos produtos:

$$-b + c = 2d \quad \text{eq. 2.4}$$

Em relação à conservação de elétrons transferidos, o oxigênio (H_2O_2) sofre oxidação e transfere elétrons para o manganês (Figura 2.1) que sofre redução.

Portanto, considerando a quantidade de elétrons transferidos:

$$2a = 5b \quad \text{eq. 2.5}$$

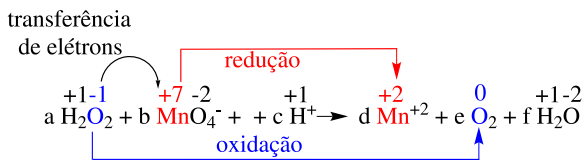


Figura 2.1: Representação do processo de transferência de elétrons do O para Mn.

A reação inversa, ou seja, produtos → reagentes (Figura 2.2), mostra que:

$$5d = 2e \quad \text{eq. 2.6}$$

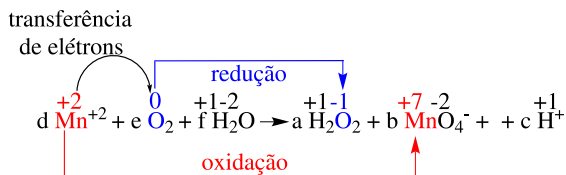
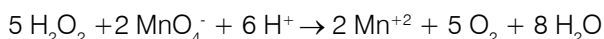
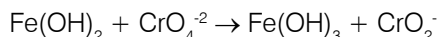


Figura 2.2: Representação do processo de transferência de elétrons do Mn para O.

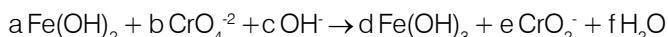
Considerando “a” = 5 tem-se: b = 2; c = 6; d = 2; e = 5 e f = 8. Como nenhum dos coeficientes encontrados apresenta valor negativo, significa que as posições sugeridas de H⁺ e H₂O estão corretas. Portanto, a equação balanceada corresponde a:



Considere como exemplo 3 a reação abaixo, a ser balanceada em meio básico:



Considere a adição OH⁻ nos reagentes e H₂O nos produtos. Assim:



A conservação de matéria mostra que:

$$\text{Fe: } a = d \quad \text{eq. 3.1}$$

$$\text{O: } 2a + 4b + c = 3d + 2e + f \quad \text{eq. 3.2}$$

$$\text{H: } 2a + c = 3d + 2f \quad \text{eq. 3.3}$$

$$\text{Cr: } b = e \quad \text{eq. 3.4}$$

a conservação de cargas fornece:

$$-2b - c = -e \quad \text{eq. 3.5}$$

e a conservação de elétrons transferidos na reação direta (Figura 3.1) e na reação inversa (Figura 3.2), respectivamente, tem-se:

$$a = 3b \quad \text{eq. 3.6}$$

$$d = 3e \quad \text{eq. 3.7}$$

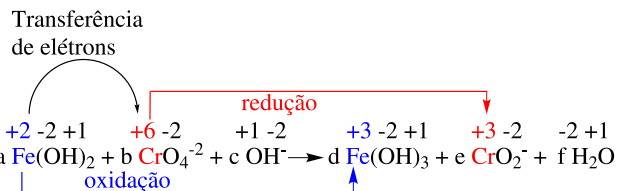


Figura 3.1: Representação do processo de transferência de elétrons do Fe para Cr.

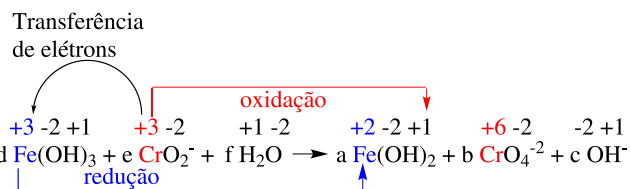
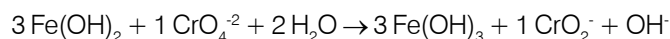
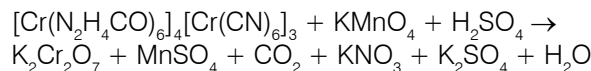


Figura 3.2: Representação do processo de transferência de elétrons do Cr para Fe.

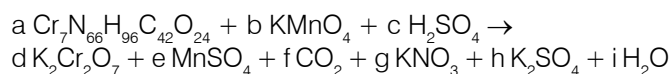
Considerando as equações obtidas (eq. 3.1-3.7) e a = 3, tem-se: b = 1; c = -1; d = 3; e = 1 e f = -2. Os coeficientes negativos “c” e “f” mostram que suas posições na reação estão equivocadas e portanto devem ser ajustadas. Assim:



Como último exemplo (4), a seguir é mostrada a reação que é parte do desafio proposto por Stout (1995) a calouros do curso de Química:



Para facilitar, a fórmula $[\text{Cr}(\text{N}_2\text{H}_4\text{CO})_6]_4[\text{Cr}(\text{CN})_6]_3$ foi simplificada a $\text{Cr}_7\text{N}_{66}\text{H}_{96}\text{C}_{42}\text{O}_{24}$. Assim:



Considerando a conservação de matéria:

$$\text{Cr: } 7a = 2d \quad \text{eq. 4.1}$$

$$\text{N: } 66a = g \quad \text{eq. 4.2}$$

$$\text{H: } 96a + 2c = 2i \quad \text{eq. 4.3}$$

$$\text{C: } 42a = f \quad \text{eq. 4.4}$$

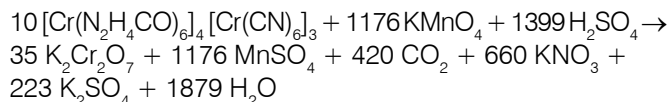
$$\text{O: } 24a + 4b + 4c = 7d + 4e + 2f + 3g + 4h + i \quad \text{eq. 4.5}$$

$$\text{K: } b = 2d + g + 2h \quad \text{eq. 4.6}$$

$$\text{Mn: } b = e \quad \text{eq. 4.7}$$

$$\text{S: } c = e + h \quad \text{eq. 4.8}$$

Uma vez que as espécies envolvidas são neutras, a conservação de cargas não se aplica. Contudo, as equações obtidas são suficientes para encontrar os coeficientes estequiométricos e, portanto, a terceira condição (transferência de elétrons) não foi utilizada. Assim, a equação balanceada (veja a resolução completa desse exemplo no Apêndice) é:



Infelizmente, o método algébrico raramente é explorado em livros didáticos de nível médio e superior (Fink, 2009) e em disciplinas de ensino de Química (Jensen, 2009). A literatura apresenta alguns argumentos que explicam esse comportamento. Segundo Kolb (1979), o método algébrico se resume a Matemática e não Química. Reações que envolvem muitos elementos podem tornar o método trabalhoso, por envolver muitas variáveis. Essa dificuldade pode ser superada empregando, quando possível, as três condições que fornecem maior número de equações, o que simplifica o processo. Portanto, além de Matemática, o método algébrico permite trabalhar conceitos de conservação de massa, de carga e de transferência de elétrons que muitas vezes não são explorados nos métodos de Tentativa e Erro ou de inspeção, e permite balancear desde reações simples a outras mais complexas (Charnock, 2016). Contudo, pode ser necessário atribuir os números de oxidação dos elementos. A dificuldade pode ser maior em situações em que várias espécies sofrem oxidação e redução simultaneamente, ou em moléculas orgânicas formadas por átomos com números de oxidação não usuais (Herndon, 1997), muito embora situações dessa natureza raramente sejam exploradas em livros didáticos de ensino de Química. Tradicionalmente, o balanceamento de reações químicas é ensinado como parte do conteúdo de cálculo estequiométrico durante o 1º ano do ensino médio, enquanto os conceitos de oxidação e redução são mostrados em maior profundidade somente no 2º ano do ensino médio, quando se discute eletroquímica. Mesmo assim, para muitas reações, o uso apenas do princípio de conservação de matéria e alguma habilidade em equações lineares permite equilibrar diversas reações, até mesmo

algumas consideradas difíceis, como mostrado no exemplo 4. Situação semelhante ocorre no ensino superior na disciplina de Química Geral. Nesse caso, o método algébrico poderia ser abordado no ensino de técnicas de volumetria de oxirredução, em Química Analítica, uma vez que, nessa etapa da formação, é esperado do estudante maior domínio dos conceitos de oxidação e redução.

Conforme reportado na parte introdutória deste trabalho, são muitos os problemas associados ao ensino sobre balanceamento de reações químicas. Além da aplicação do método algébrico, o professor poderá também utilizar analogias (Tóth, 1999; Thamburaj, 2001), *softwares* (Kumar, 2001; Mendes *et al.*, 2005), ensino por resolução de problemas (Bird, 2006) e outras alternativas que facilitem a aprendizagem.

Considerações finais

Neste artigo foi apresentado o método algébrico para balanceamento de reações. A estratégia geral é obter equações, a partir dos princípios de conservação da matéria, de carga e da quantidade de elétrons transferidos, que facilitam encontrar os coeficientes estequiométricos. Embora não exista um único caminho para equilibrar reações, o método algébrico pode ser uma alternativa interessante, capaz de correlacionar diversos conceitos da Química e da Matemática. Afinal, além de balancear reações, é importante também compreender o seu significado.

Claudimar Junker Duarte (claudimar.junker@ifmg.edu.br), graduado em Química pela UFLA, mestre (UFscar) e doutor (Unicamp) em Química Orgânica. É professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico no IFMG/Campus Bambuí, onde desenvolve projetos de Ensino em Química e coordena a realização da Olimpíada Mineira de Química. Bambuí, MG – BR.

Referências

- ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente*, Trad. R. B. Alencastro. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- BENNETT, G. W. Material balances and redox equations. *Journal of Chemical Education*, v. 31, n.6, p. 324-325, 1954.
- BHATTACHARJEE, P. R. Discovering Infinite Number of Independent Balanced Forms of Some Typical Chemical Equations. *The Chemist*, v. 88, n. 1, p. 26-33, 2015.
- BIRD, L. Stoichiometric calculations using equivalent molar expressions. *The Chemical Educator*, v. 11, n. 6, p. 380-382, 2006.
- BOTTOMLEY, J. Note a Method for determining coefficients in chemical equations. *Chemical News and Journal of Physical Science*, n. 37, p. 110-111, 1878.
- BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M. e STOLTZFUS, M. W. *Química: A Ciência Central*, Trad. E. Lopes; T. Jonas; S. M. Yamamoto. 13ª ed. São Paulo: Pearson, 2016.
- CHARNOCK, N. L. Teaching Methods for Balancing Chemical Equations: An Inspection versus an Algebraic Approach.

American Journal of Educational Research, v. 4, n. 7, p. 507-511, 2016.

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

CURTIS, H. A. The algebraic method of balancing a chemical equation. *Science*, v. 56, n. 1444, p. 258-260, 1922.

FELTRE, R. *Química*, v.1, 6ª ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FINK, J. K. *Physical Chemistry in Depth*. New York: Springer, 2009.

FURIÓ, C.; AZCONA, R. e GUIASOLA, J. Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las Ciencias*, v.3, n. 17, p. 359-376, 1999.

HARJADI, W. A simpler method of chemical reaction balancing. *Journal of Chemical Education*, v. 63, n.11, p. 978-979, 1986.

HERNDON, W. C. On balancing Chemical equations: Past and Present. *Journal of Chemical Education*, v. 74, n.11, p. 1359-1362, 1954.

HESSE, J. J. e ANDERSON, C. W. Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, v.

29, n. 3, p. 277-299, 1992.

HINTON, M. E. e NAKHLEH, M. B. Students' Microscopic, Macroscopic, and Symbolic Representations of Chemical Reactions. *The Chemical Educator*, v. 4, n. 5, p. 158-167, 1999.

JENSEN, W. B. Balancing redox equations. *Journal of Chemical Education*, v. 86, n. 6, p. 681-682, 2009.

JOHNSTONE, A. H. Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

KOLB, D. More on balancing redox equations. *Journal of Chemical Education*, v. 56, n. 3, p. 181-184, 1979.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; TOWNSEND, J. R. e TREICHEL, D. A. *Química Geral e reações Químicas*, v. 1. Trad. E. Codaro; H. Acciari. 9ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

KUMAN, D. D. Computer Applications in Balancing Chemical Equations. *Journal of Science Education and Technology*, v. 10, n. 4, p. 347-350, 2001.

LAVOISIER, A. L. Elements of Chemistry. Trad. R. Kerr. Edinburgh: William Creech, 1790.

LAUGIER, A. e DUMON, A. The equation of reaction: a cluster of obstacles which are difficult to overcome. *Chemistry Education: Research and Practice*, v. 5, n. 3, p. 327-342, 2004.

MENDES, A. P.; SANTANA, G. P. e PESSOA Jr., E. S. F. O uso do software PhET como ferramenta para o ensino de balanceamento de reação química. *Revista Amazônica para Ensino de Ciências*, v. 8, n. 16, p.52-60, 2015.

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

NOVAIS, V. L. D. e ANTUNES, M. T. *Vivá: Química*, v. 1. Curitiba: Positivo, 2016.

ÖZMEN, H. e AYA, A. Students' difficulties in understanding of the conservation of matter in open and closed-system chemical reactions. *Chemistry Education: Research and Practice*, v. 4, n. 3, pp. 279-290, 2003.

PADILLA, K.; PONCE-de-LEON, A. M.; REMBADO, F. M. e GARRITZ, A. Undergraduate Professors' Pedagogical Content Knowledge: The case of 'amount of substance'. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 10, p. 1389-1404, 2008.

PAIXÃO, M. F. e CACHAPUZ, A. Mass conservation in chemical reactions: the development of an innovative teaching strategy based on the history and philosophy of science. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 1, p. 201-215, 2000.

PERUZZO, F. M. e CANTO, E. L. *Química na abordagem do cotidiano*, v. 1, 4ª ed. São Paulo: Moderna, 2006.

REIS, M. *Química*, v. 1, 2ª ed. São Paulo: Ática, 2016.

RUSSEL, J. B. *Química Geral*, v. 1, Trad. M. Guekezan; M. C. Ricci; M. E. Brotto; M. O. A. Mengod; P. C. Pinheiro; S. B. Faldini; W. J. Saldanha. 2ª ed. São Paulo: Makron, 1994.

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*, v. 1, 3ª ed. São Paulo: 2016.

SAVOY, L. G. Balancing Chemical Equations. *School Science Review*, v. 69, n. 249, p. 713-720, 1988.

STOUT, R. Redox challenges: good times for puzzle fanatics. *Journal of Chemical Education*, v. 72, n. 12, p. 1125-1125, 1995.

THAMBURAJ, A. J. A Known-to-Unknown Approach to Teach About Empirical and Molecular Formulas. *Journal of Chemical Education*, v. 78, n. 7, p. 915-916, 2001.

TÓTH, Z. Balancing chemical equations by inspection. *Journal of Chemical Education*, v. 74, n. 11, p. 1363-1364, 1997.

TÓTH, Z. Limitant reagent: an alternative analogy. *Journal of Chemical Education*, v. 76, n. 7, p. 934, 1999.

YARROCH, W. L. Student Understanding of Chemical Equation Balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 22, n. 5, p. 449-459, 1985.

Abstract: Algebraic method for balancing chemical reactions: an unexplored alternative in chemistry textbooks. The task of balancing chemical equations plays a crucial role in introductory chemistry courses. This paper reports the algebraic method for balancing chemical reactions. The general procedure to obtain the stoichiometric coefficients is to solve a system of homogeneous linear equations obtained from the principles of conservation of matter and charge and the amount of electrons transferred. The application of the method is demonstrated through examples. The fact that the algebraic method is not widely explored in Chemistry textbooks is discussed throughout this paper.

Keyword: Algebraic method; chemical reactions ; balancing chemical reactions

Apêndice

(Resolução completa - Exemplo 4)

Considere as equações (eq.4.1 - eq. 4.8):

$$\begin{array}{ll} \text{Cr: } 7a = 2d & \text{eq. 4.1} \\ \text{N: } 66a = g & \text{eq. 4.2} \\ \text{H: } 96a + 2c = 2i & \text{eq. 4.3} \\ \text{C: } 42a = f & \text{eq. 4.4} \\ \text{O: } 24a + 4b + 4c = 7d + 4e + 2f + 3g + 4h + i & \text{eq. 4.5} \\ \text{K: } b = 2d + g + 2h & \text{eq. 4.6} \\ \text{Mn: } b = e & \text{eq. 4.7} \\ \text{S: } c = e + h & \text{eq. 4.8} \end{array}$$

Se $a = 1$

$$d = 7/2 \quad \text{eq. 4.1}$$

$$\begin{array}{ll} g = 66 & \text{eq. 4.2} \\ 96 + 2c = 2i & \text{eq. 4.3} \\ f = 42 & \text{eq. 4.4} \\ 24 + 4b + 4c = 49/2 + 4e + 84 + 198 + 4h + i & \text{eq. 4.5} \\ b = 7 + 66 + 2h & \text{eq. 4.6} \\ b = e & \text{eq. 4.7} \\ c = e + h & \text{eq. 4.8} \end{array}$$

Como $b = e$ (eq. 4.7), tem-se que:

$$\begin{array}{ll} 24 + 4b + 4c = 49/2 + 4b + 84 + 198 + 4h + i & \text{eq. 4.5} \\ b = 73 + 2h & \text{eq. 4.6} \\ c = b + h & \text{eq. 4.8} \end{array}$$

Agora:

$$96 + 2c = 2i \text{ (eq. 4.3) é o mesmo que } 48 + c = i$$

Substituindo “i” por “48 + c” na eq. 4.5 tem-se:

$$24 + 4c = 49/2 + 84 + 198 + 4h + 48 + c \quad \text{ou} \\ -661 + 6c = 8h$$

Considerando as equações 4.6 e 4.8:

$$b = 73 + 2h \\ b = c - h$$

Sendo $b = b$, tem-se:

$$73 + 2h = c - h \quad \text{ou} \quad 73 - c = -3h$$

Portanto:

$$\begin{cases} -661 + 6c = 8h \\ 73 - c = -3h \end{cases}$$

Resolvendo o sistema (multiplique a 2ª equação por 6 e depois some as equações) temos:

$$h = 223/10$$

Agora,

$$\begin{array}{ll} \text{Se } b = 73 + 2h; & b = 1176/10 \\ \text{Se } b = e; & e = 1176/10 \\ \text{Se } c = b + h & c = 1399/10 \\ \text{Se } i = 48 + c & i = 1879/10 \end{array}$$

Portanto:

$$a = 1; b = 1176/10; c = 1399/10; d = 7/2; e = 1176/10; \\ f = 42; g = 66; h = 223/10 \text{ e } i = 1879/10.$$

Para que todos os coeficientes obtidos sejam números inteiros (menores possíveis), multiplica-se todos os valores obtidos por 10. Assim, os coeficientes estequiométricos são:

$$a = 10; b = 1176; c = 1399; d = 35; e = 1176; f = 420; \\ g = 660; h = 223 \text{ e } i = 1879.$$

Ensino de Eletroquímica: avaliação da capacidade de escolha e do aprendizado obtido por alunos do 3º ano a partir de videoaulas no YouTube – estudo de caso no IFMG - Campus Ouro Preto

Zilma S. Ferraz Filha, Rogério de Oliveira e Venilson Luciano B. Fonseca

O acesso à rede mundial de computadores é uma realidade, bastando um dispositivo do tipo *smartphone* e uma conexão à rede. Dentre muitas possibilidades, há a plataforma *YouTube*, específica para multimídias audiovisuais; entretanto, não há um controle sobre o que é disponibilizado. O presente trabalho tem como objetivo avaliar as escolhas de alunos da terceira série do ensino médio, na busca por videoaulas sobre eletroquímica. Em termos da relação ensino e aprendizagem, foi observada a existência de materiais de excelente qualidade, assim como materiais sem qualidade alguma. Em vista dos resultados, concluímos que a capacidade dos alunos em escolher um determinado canal de *YouTube*, na maioria das vezes, estava atrelada àqueles de maior acesso e sem critério. Nestas aulas foram encontrados erros conceituais. Além disso, a capacidade de aprender com os “professores virtuais”, nesta pesquisa, é relativamente insuficiente.

► aprendizado de química, videoaulas, eletroquímica ◀

Recebido em 02/04/2020, aceito em 17/08/2020

190

A velocidade com que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) tomaram conta de diversos campos de atuação e o acesso fácil e quase irrestrito à rede mundial de computadores fez com que a internet fosse vista atualmente como um dos mais importantes avanços da humanidade de todos os tempos (Ribeiro *et al.*, 2015). Destaca-se como uma tecnologia que proporciona oportunidades de ter acesso a uma diversidade de informações nos mais distantes pontos do globo terrestre, além de gerenciar e distribuir informações em larga escala, em âmbito mundial. No campo da educação, as TICs são vistas como potencializadoras dos processos de ensino-aprendizagem.

A internet se consolidou como um dos sistemas de comunicação e propagação da informação mais eficazes e existem milhares de portais de conhecimento e oportunidades abrindo-se numa sequência de hipertextos, que permitem, a milhões de pessoas do mundo inteiro, o acesso direto a uma infinidade de notícias e conteúdos. Nesse sentido, sua utilização nas salas de aulas, de maneira apropriada, pode

se tornar uma grande aliada dos professores para auxiliar a assimilação de diversos conteúdos, inclusive o ensino de Química, considerado de grande complexidade.

Diante desse novo panorama é necessário que as escolas busquem alinhar as novas tecnologias com o projeto pedagógico da instituição, pois é fundamental que os educadores se atualizem para utilizarem-se da linguagem audiovisual no contexto educacional, uma vez que essa linguagem está presente em todos os ambientes no mundo contemporâneo. Segundo Gutierrez (1978, p. 60, apud Torquato, 2003, p.73), “todo ser humano antes mesmo de ser comunicação falada ou escrita é comunicação visual e sonora”. Utilizando-se de senso crítico e sensibilidade é possível aperfeiçoar os métodos tradicionais de ensino com as novas tecnologias.

A utilização dessas tecnologias como recursos didáticos, dentro ou fora da sala de aula, favorece o processo de ensino aprendizagem, constituindo-se numa forma de ensinar e aprender, agregando valores e competências nas atividades educacionais. Como indicado por Moran (1995, p. 27,

A internet se consolidou como um dos sistemas de comunicação e propagação da informação mais eficazes e existem milhares de portais de conhecimento e oportunidades abrindo-se numa sequência de hipertextos, que permitem, a milhões de pessoas do mundo inteiro, o acesso direto a uma infinidade de notícias e conteúdos.

apud Almeida, 2014, p. 5), “o vídeo atrai alunos, aproxima a sala de aula do cotidiano, das linguagens de aprendizagem e comunicação da sociedade urbana e também introduz novas questões no processo educacional”.

Segundo Callegario e Borges (2010), o ensino de Química tem passado por um período de relevante reflexão dos professores; os elevados índices de reprovação e evasão são consequências de aulas de Química fatigantes e difíceis, pela visão dos alunos - utilização de conceitos complexos e elevada necessidade de memorização. Além disso, problemas de ordem social, de desestrutura familiar, baixo investimento na educação e desmotivação de professores afetam diretamente a relação de ensino e aprendizagem, como apontado por Yamaguchi (2019), Daitx (2016) e Moreira (2016). Faz-se, então, necessário que a escola se atente aos novos modelos de ensino aprendizagem, utilizando novas metodologias, a fim de despertar no aluno o interesse e motivação pelo aprendizado dos conteúdos (Callegario e Borges, 2010).

Considerando as exigências do mundo contemporâneo em relação à utilização das novas tecnologias é possível afirmar que:

Nessa busca por recursos e materiais didáticos que facilitem um ensino voltado para a cidadania, uma possibilidade é o uso de recursos audiovisuais, pois o momento atual em que vive a sociedade contemporânea é caracterizado pela multiplicidade de linguagens e por uma forte influência dos meios de comunicação (Silva et al., 2012, p. 189).

Nesse sentido, dentre as diversas possibilidades disponíveis na internet, existe a plataforma *YouTube*, em que é possível acessar inúmeros conteúdos, inclusive videoaulas de todas as disciplinas escolares, que podem ser de ótima qualidade ou não.

Sobre conteúdos disponíveis na plataforma *YouTube*, Fidelis e Gibin (2016) garantem que os vídeos se mostram como possíveis materiais contrastantes ao modelo de ensino tradicional. Isto porque dispõem de estratégias metodológicas mais atrativas, diversas maneiras de contextualizar os conteúdos, bem como de atividades práticas de ciências. Quanto aos aspectos gerais das videoaulas analisadas, os autores chamam a atenção para o fato de que o uso de slides nas videoaulas, com um professor expondo ou explicando o conteúdo, são as preferidas formas de exposição com apresentação de definições, exemplos e resolução de exercícios.

Almeida et al. (2018) ressaltam que:

As videoaulas como recurso audiovisual podem, por exemplo, simular experimentos e proporcionar associações entre conceitos abstratos e imagens,

utilizando diferentes modos para a compreensão dos conteúdos [...]. As tecnologias podem contribuir com seu imenso potencial para os estudos extraclasse, porém, é necessário que as informações contidas nesses vídeos possam ter significados, já que é fundamental para a aprendizagem [...] (Almeida, et al., 2018, p. 289).

O uso da videoaula como modalidade de ensino e aprendizagem se mostra didaticamente dinâmica como meio de veiculação de informações que podem ser ouvidas e vistas, sendo utilizada como contribuição e material de apoio às aulas dadas pelo professor (Arroio e Giordan, 2006).

Videoaulas em foco

A linguagem audiovisual, presente nas videoaulas, é ferramenta útil no ensino-aprendizagem, uma vez que a informação chega ao observador de maneira pedagogicamente organizada com vídeos didáticos (Almeida et al., 2018). Segundo Gomes (2008), a linguagem audiovisual como proposta pedagógica envolve diversos aspectos positivos para o ensino-aprendizagem, dentre eles a contextualização, aplicação prática do conteúdo, sínteses, exemplificações, esquemas, gráficos e a interdisciplinaridade, relacionando o tema trabalhado com outros conceitos e disciplinas. De acordo com Almeida et al. (2018), as videoaulas como recurso audiovisual que utilizam diferentes modos para auxiliar a compreensão dos conteúdos pelos estudantes podem, a título de exemplo, reproduzir experimentos e oferecer associações entre conceitos abstratos e

imagens. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar se os estudantes são capazes de pesquisar o conteúdo de Eletroquímica nas plataformas digitais, de forma correta e satisfatória, em seus estudos extraclasse. Por extraclasse, entende-se com sendo as atividades relacionadas à escola, porém realizadas fora do contexto da sala de aula, em seu tempo livre entre as atividades escolares regulares.

Refletindo sobre a importância dos recursos audiovisuais para aprimorar a didática nas salas de aula, Arroio e Giordan (2006) destacam que:

Os recursos audiovisuais permitem realizar estudos de universos intergalácticos e, da mesma forma, penetrar em realidades de dimensões microscópicas. Mesmo as situações mais abstratas e desprovidas de imagens podem ser apresentadas por meio de algum tipo de estrutura audiovisual. [...] apresenta como vantagem a possibilidade de ser visto quantas vezes for necessário, congelando a imagem, avançando ou retrocedendo a fita para algum trecho específico de interesse do professor ou do aluno [...] (Arroio e Giordan, 2006, p.10-11).

Essa afirmação é relevante, visto que possibilita ao aluno rever a videoaula com mais atenção, por uma ou várias vezes, pausando quando necessário, o que facilitará a assimilação do conteúdo, principalmente se não compreendeu corretamente da primeira vez.

A plataforma *YouTube* foi escolhida por apresentar conteúdo direcionado a estudantes de todos os níveis de escolaridade, inclusive do Ensino Médio, por ser de livre acesso e ter grande quantidade de material disponível, oferecendo variedade de vídeos sobre os conteúdos tratados nas escolas. Segundo Santos *et al.* (2018), o conteúdo de Eletroquímica, tema escolhido para a realização da pesquisa, envolve conceitos que representam grande dificuldade no processo de ensino e aprendizagem, tanto por estudantes quanto para professores. Este conteúdo é a parte da Físico-Química que estuda os fenômenos de transformação de energia química em elétrica e vice-versa. Os elementos presentes nas pilhas e eletrólise, como catodo, anodo, polo positivo, polo negativo, oxidação e redução são geralmente confundidos pelos estudantes, possivelmente por se tratar de conceitos muito semelhantes. Assim, os autores consideraram necessário buscar métodos alternativos para facilitar o ensino e a compreensão da Eletroquímica, perante as dificuldades citadas e pela importância desta ciência, presente em nosso cotidiano. No Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Ouro Preto (IFMG-OP), a Eletroquímica é apresentada, atualmente, ao final do terceiro ano do ensino médio. O tema escolhido para este estudo é a utilização da plataforma virtual *YouTube* como fonte de pesquisa e material de apoio extraclasse. Com o estudo em pauta foi possível avaliar se as videoaulas escolhidas pelos alunos foram bem elaboradas e se estes souberam selecionar aquelas que possuem os melhores conteúdos e efeitos audiovisuais que conduzissem ao aprendizado.

Mas, afinal, estão nossos estudantes aptos a utilizarem as tecnologias? É possível aprender Eletroquímica através de um “professor virtual”? Para responder esses questionamentos, objetivamos, de forma geral, avaliar a capacidade dos alunos do terceiro ano do ensino médio do IFMG-OP quanto à escolha e ao aprendizado obtido do conteúdo de Eletroquímica, através de um “professor virtual” por meio da plataforma digital *YouTube*, de forma livre, em seus estudos extraclasse. E, em específico, o trabalho desenvolvido buscou analisar se os estudantes do ensino médio têm critérios relevantes na escolha de videoaulas, sem o auxílio do professor, como também se conseguem aprender o conteúdo assistindo as videoaulas disponibilizadas na plataforma virtual.

Metodologia

Amostra e procedimentos para a coleta de dados

A intervenção didática foi aplicada aos alunos dos terceiros anos do Ensino Médio dos Cursos Integrados

de: Administração, Automação, Edificações, Metalurgia e Mineração, do IFMG-OP que, voluntariamente, aceitaram participar da pesquisa. Todos os participantes foram informados, previamente, dos objetivos da pesquisa e sobre a forma de proceder ao responder os questionários. As turmas eram compostas de 25 a 40 alunos, totalizando 281 estudantes.

A pesquisa foi dividida em duas etapas que ocorreram em um laboratório de computação do IFMG-OP; infelizmente, a realidade à cerca das escolas públicas brasileiras é bastante diferente e, em grande parte delas não há salas com número de computadores individuais suficientes para turmas inteiras.

A primeira etapa foi a aplicação de um questionário com seis questões objetivas, sem nenhum tipo de consulta, visando uma análise investigativa dos conhecimentos prévios dos estudantes envolvidos. Para garantir a ausência da influência do professor, as questões foram escolhidas de forma que os assuntos tratados ainda não tivessem sido abordados em sala de aula. Considerando que na escola-alvo a Eletroquímica é apresentada ao final da terceira série, os estudantes não tinham o conhecimento formal do tema pesquisado. O intuito foi observar se eles eram capazes de reconhecer conceitos como oxidação e redução, catodo e anodo, muito comuns ao conteúdo de Eletroquímica. Essa primeira etapa da pesquisa teve duração de 30 minutos. Foi aplicado um questionário contendo seis questões sobre o tema Eletroquímica. Duas dessas questões (1ª e 2ª) foram elaboradas pelos pesquisadores: a primeira continha cinco asserções sobre pilha, eletrólise, oxidação, redução e corrente elétrica para que fosse escolhida a afirmação incorreta:

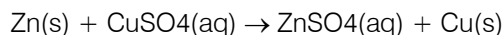
Questão 01: Dentre as alternativas abaixo, marque a **INCORRETA**:

- Pilha** é qualquer dispositivo no qual uma reação de oxirredução espontânea produz corrente elétrica.
- Eletrólise** é uma reação não espontânea provocada pela passagem de corrente elétrica, através de uma solução.
- Oxidação** é o processo onde ocorre perda de elétrons. É considerado o polo negativo na pilha sendo denominado anodo.
- Redução** é o processo onde ocorre ganho de elétrons. É considerado o polo positivo na pilha sendo denominado catodo.
- Na **pilha**, os elétrons migram do polo positivo (catodo) para o polo negativo (anodo).
- Não sei responder.

A segunda questão trazia a equação eletroquímica da pilha formada por Zn(s) e $\text{CuSO}_4\text{(aq)}$ e cinco afirmativas envolvendo os conceitos de oxidação, redução, potencial eletroquímico, agente redutor e agente oxidante, para que fosse escolhida a opção incorreta:

A plataforma *YouTube* foi escolhida por apresentar conteúdo direcionado a estudantes de todos os níveis de escolaridade, inclusive do Ensino Médio, por ser de livre acesso e ter grande quantidade de material disponível, oferecendo variedade de vídeos sobre os conteúdos tratados nas escolas.

Questão 02: Observe a equação de oxirredução abaixo e assinale a alternativa **INCORRETA**:



- O íon cobre “arranca” elétrons do Zn(s), causando sua oxidação.
- O íon Zn apresenta capacidade de doar elétrons para o Cu, causando a sua redução.
- O Zn tem menor potencial de oxidação que o Cu, pois possui maior capacidade de doar elétrons.
- O Zn(s) é o agente redutor.
- O CuSO₄(aq) é o agente oxidante.
- Não sei responder.

Os canais citados pelos alunos foram assistidos pelos pesquisadores, avaliando o conteúdo, sua correção e o método didático empregado pelo apresentador do canal.

As outras quatro (3ª a 6ª), foram retiradas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): a terceira, do ENEM 2009 (questão 36 – caderno 1, primeiro dia), trata de uma pilha de óxido de prata e questiona sobre definições e termos relativos às pilhas; a quarta (ENEM 2016, questão 64 – caderno 1, primeiro dia) é respectiva às biocélulas a combustível e à associação de pilhas em série; a quinta questão, que aborda o processo de recuperação eletrolítica do cobre e cálculos envolvendo a lei de Faraday, foi retirada do ENEM 2010 (questão 74 – caderno 1, primeiro dia) e, por fim, a sexta questão (ENEM 2018, questão 93 – caderno 7, segundo dia) apresenta uma pilha pré-histórica, “a pilha de Bagdá”, e questiona sobre termos relativos às partes constituintes de uma pilha.

Terminada a primeira etapa, o questionário foi recolhido e arquivado para análise dos dados. Na segunda etapa, o mesmo questionário foi aplicado, porém permitindo-se agora o uso dos computadores com acesso à plataforma *YouTube*. Os discentes foram orientados a utilizarem, exclusivamente, essa

plataforma; além disso, foi pedido que os canais consultados para a resolução de cada questão fossem indicados junto a essas. O prazo para realização dessa etapa foi de 50 minutos.

A cada uma das questões, contendo cinco alternativas referentes ao tema, foi acrescida uma alternativa *f* contendo a afirmação “**não sei responder**”, cuja finalidade foi evitar que o discente escolhesse uma opção por mero acaso. Todas as questões foram corrigidas e atribuiu-se um código representativo – C, E ou N – que indica, respectivamente, questão respondida corretamente (C), questão errada (E)

e questão que o aluno não soube responder (N; alternativa *f*). Essa codificação foi feita em ambos os questionários, prévio e posterior ao *YouTube*. Efetuou-se inferências para cada uma das possibilidades, indicando: auxílio, nos casos em que houve acerto de

questões previamente erradas ou que o aluno não soube responder; prejuízo, nos casos em que o aluno havia acertado a questão e trocou por resposta errada após consulta e indiferença, quando foi mantida resposta errada ou não saber responder, tanto antes quanto após o uso do *YouTube*. Foram feitos gráficos relativos aos percentuais de acertos e erros, antes e após a consulta às videoaulas, para cada uma das questões.

Os canais citados pelos alunos foram assistidos pelos pesquisadores, avaliando o conteúdo, sua correção e o método didático empregado pelo apresentador do canal.

Resultados e Discussão

Dentre os canais da plataforma *YouTube* mencionados pelos alunos, aqueles com até 1% de citação estão apresentados na Tabela 1, com o respectivo *link* de acesso – em 10/02/2020. Além disso, o número de alunos que citou o

Tabela 1: Relação dos canais citados pelos alunos

Canal do <i>YouTube</i>	Nº visitas <i>YouTube</i>	Nº de citações	% citação	link
Stoodi	801.349	201	16,7	https://www.youtube.com/watch?v=nTkxw0797eE
Me Salva	975.155	146	12,1	https://www.youtube.com/watch?v=zCgOHVRVF8I
Sou Mais ENEM	28.290	131	10,9	https://www.youtube.com/watch?v=s7AriiXi8bQ
Café com Química	27.098	104	8,6	https://www.youtube.com/watch?v=n6ipVsBbUnI
Descomplica	332.791	95	7,9	https://www.youtube.com/watch?v=CJDPTOf8p3A
Tv Hexag	335.109	93	7,7	https://www.youtube.com/watch?v=R_-UorclMGo
Marcelão da Química	174.991	89	7,4	https://www.youtube.com/watch?v=hddow8iP-cY
Prof. Gabriel Cabral	62.489	52	4,3	https://www.youtube.com/watch?v=NnA2x4YAyIQ
Professor Paulo Valim	294.970	44	3,6	https://www.youtube.com/watch?v=ONOLKnWNFgl
Brasil Escola	39.022	31	2,6	https://www.youtube.com/watch?v=UNnMbri0Z4g
Explica Bem André Pakito	29.330	17	1,4	https://www.youtube.com/watch?v=jOY7np9vplo
Professor Júnior	652	17	1,4	https://www.youtube.com/watch?v=QBAvF68IALw
Bruno Maia Professor	130	12	1,0	https://www.youtube.com/watch?v=w0_UPyAJQ2c

respectivo canal e o número de visitas que o canal possuía nessa data são mostrados.

O total de canais citados foi 74; desses, 62 foram visitados pelos autores. Os outros doze canais foram citados erroneamente e não foram encontrados na plataforma ou o canal foi encontrado, mas não apresentava nenhuma associação com conteúdo de química/eletroquímica; há ainda a possibilidade de o canal ter sido retirado da plataforma.

Os cinco primeiros canais em número de citações correspondem a mais da metade do total (56,1 %). Como se vê na Figura 1, a partir do décimo canal o percentual cai abaixo de 2%. Fica bem nítido que grande parte dos alunos pesquisados opta por um conjunto pequeno de canais – talvez guiados pela popularidade do canal – e que um grande número de canais é citado por poucos alunos, 47 destes tem apenas 1, 2 ou três citações; fato esse que indica aleatoriedade entre a diversidade de alunos ou alguma particularidade/familiaridade com canais específicos.

Observa-se que não há linearidade entre a quantidade de citações de determinado canal nessa pesquisa e o número de visualizações do mesmo no *YouTube*. Entretanto, o número de visualizações dos 10 primeiros canais é quase 54 vezes maior que o somatório dos demais canais citados (3.071.264 contra 57.095 visualizações); de forma qualitativamente semelhante, a soma de citações dos 10 primeiros é de 986 contra 202 da soma dos demais.

Esses números podem indicar que quando um aluno realiza uma pesquisa por determinado assunto no *YouTube*, há uma tendência de assistir aos vídeos com maior número de visitas nessa plataforma, uma vez que são os que aparecem nas primeiras posições do site. Essa forma de pesquisar pode não ser a melhor, considerando que o estudante se apoia no número de visualizações para certificar-se da validade de um conteúdo. Tendo em vista que não foram indicados canais específicos para a resolução das questões, esse fato

era esperado. Utilizando a codificação C, E e N foi possível comparar as diversas combinações entre acertos e erros, levando-se em conta a influência das videoaulas. As combinações estudadas são listadas na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Combinações entre respostas prévias e posteriores à consulta às videoaulas

Resposta prévia	Resposta posterior	Inferência
C	C	Indiferente (+): a resposta, que já era correta, foi corroborada.
C	E	Prejuízo: a videoaula levou o aluno a trocar sua resposta correta por uma errada.
C	N	Confusão: a videoaula levou o aluno a duvidar de sua resposta correta anterior, de forma que o mesmo não soube mais o que responder.
E	C	Ajuda: a resposta errada foi corrigida com o auxílio das videoaulas.
E	E	Não ajuda: a resposta, que já era errada, foi mantida errada.
E	N	Indiferente (-): a resposta errada foi substituída por uma dúvida.
N	C	Ajuda: inicialmente não sabia a resposta; após consulta, uma resposta certa foi obtida.
N	E	Não ajuda: inicialmente não sabia a resposta; após consulta, levou a uma resposta errada.
N	N	Indiferente: não soube responder independentemente da consulta à videoaula.

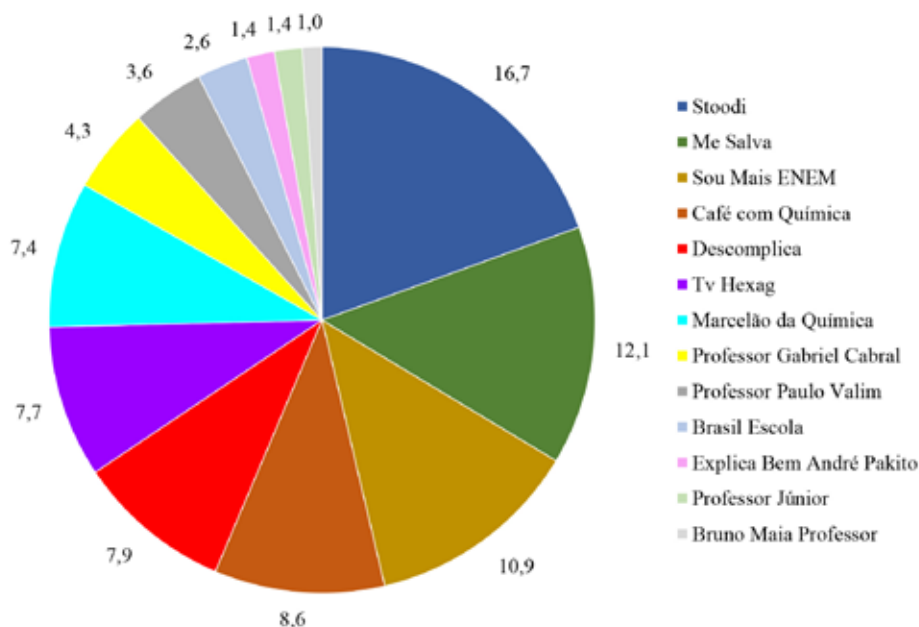


Figura 1: Percentual de citação dos canais mais utilizados pelos estudantes.

Por questões práticas de execução dessa pesquisa, os dez canais mais citados foram selecionados para uma breve análise de suas aulas de eletroquímica. Além desses, outros canais foram selecionados por terem sido assistidos por alunos que apresentaram maioria dos padrões de respostas do tipo [C-E], [E-E] e [N-E], ou seja, aqueles alunos que nada ou pouco conseguiram extrair das videoaulas. Dentre os dez primeiros canais, suas respectivas videoaulas de Eletroquímica são, de modo geral, bem apresentadas. Basicamente há um apresentador (professor) que desenvolve o conteúdo em um quadro cujo esquema já está pronto, faltando poucos complementos ou então o apresentador vai construindo seu quadro no decorrer das explicações. Alguns erros conceituais foram observados e serão descritos a seguir. A disposição do conteúdo, ilustrações, analogias e exemplos seguem os padrões dos livros didáticos de química no Brasil; entretanto os autores consideram que as aulas poderiam ter sido enriquecidas com a apresentação de montagens experimentais representativas dos processos citados. A *Pilha de Daniell*, por exemplo, pode ser facilmente construída por um professor de química, sem nenhum gasto exacerbado, ainda mais quando se trata de uma videoaula que poderá ser vista e revista infinitas vezes.

Dentre os questionários que apresentaram quatro ou mais erros (em um total de seis) após a consulta, os canais citados e o respectivo número de citações são: Stoodi, 22; Professor Paulo Valim, 7; Descomplica e Me Salva com 5 citações cada; Tv Hexag, Brasil Escola e Professor Gabriel Cabral com 4; Café com Química, 2; Ciência Maravilha, ProEnem e Química com G, 1 citação cada. As videoaulas de Eletroquímica desses canais foram assistidas procurando por fatores que possam ter contribuído para os erros dos alunos.

Foi observado que é muito comum nesses vídeos o uso de figuras de linguagens que atribuem ações e sentimentos próprios de humanos a seres inanimados - antropomorfismos - tais como: potencial *empurra* elétrons; *doido* para ganhar; placa *inchada*; potencial *mandar* metal reduzir; eletrodo *engorda*; cátion *triste*; entre outros. Talvez essa não seja a melhor forma de se abordar um assunto, considerando que existem os termos cientificamente aceitos para cada um dos antropomorfismos utilizados. Entretanto, acredita-se que a finalidade desse uso é facilitar a comunicação com o público-alvo e que o *recado* é dado, isto é, o assunto é tratado de forma razoável e o estudante compreende o que se trata.

Em algumas dessas aulas o professor se apresenta com o quadro já pronto ao fundo, escrito, com todo o conteúdo que o mesmo trata durante a aula. A falta de dinâmica didática - entendida aqui como um conjunto de ações comuns aos professores, relacionadas à fala, escrita, gestos, detalhando movimentos representativos dos íons, por exemplo

Foi observado que é muito comum nesses vídeos o uso de figuras de linguagens que atribuem ações e sentimentos próprios de humanos a seres inanimados - antropomorfismos - tais como: potencial *empurra* elétrons; *doido* para ganhar; placa *inchada*; potencial *mandar* metal reduzir; eletrodo *engorda*; cátion *triste*; entre outros.

- prejudica aquele aluno que tenha um estilo de aprendizagem sequenciado e não global. Para esses, o tema todo exposto pode causar confusão e dificultar o acompanhamento do raciocínio com o professor. O ponto positivo é que, na maioria dos casos que apresenta o quadro pronto, a escrita e os desenhos são legíveis e bem feitos. Fato que não ocorre nas videoaulas em que o professor escreve durante as explicações: letras pouco legíveis, disposição mal diagramada das palavras, símbolos sobre figuras mal posicionados, desenhos mal feitos. Por exemplo: em um dos canais a ponte salina

é desenhada da mesma forma que o fio metálico que une os eletrodos; em outro, os íons da solução eletrolítica parecem se originar na ponte salina.

Além das observações citadas, o que consideramos como de maior importância em relação ao prejuízo causado aos alunos, são conceitos científicos tratados de uma maneira coloquial; essa abordagem é, a nosso ver, válida

para um primeiro momento. Ademais, recomenda-se que posteriormente os termos e notações formais sejam citados. Abordagens não formais apareceram em todas as videoaulas citadas pelos dezesseis questionários com maior número de questões erradas. Entre elas, destacam-se:

- Objetivando salientar que os cátions e ânions da ponte salina migram para semicélulas opostas, o professor usa o recurso de segmentação da informação. Assim, acaba por dizer que *as soluções das semicélulas ficam mais positivas e mais negativas sem a atuação da ponte salina*. O que ocorre são fluxos de elétrons através dos eletrodos e fios metálicos simultaneamente ao movimento de íons pelas soluções e pela ponte salina que conecta as semicélulas. Dessa forma as soluções se mantêm eletricamente neutras (Brown *et al.*, 2005);
- Para promover uma primeira compreensão do tema, o professor utiliza-se de um recurso muito válido, o da generalização, informando que *metais se oxidam e ametais se reduzem* [entretanto é importante, em um outro momento, explicar que tanto metais quanto ametais podem se oxidar e reduzir (Brown *et al.*, 2005)];
- Observou-se que foi utilizado o termo *ígneo* como sendo *seco*; porém o apresentador se referia à eletrólise ígnea em contraposição à aquosa, o que, didaticamente, faz sentido; vale ressaltar que *ígneo* se refere a fogo, no caso específico, ao calor para fundir uma substância, como nas eletrólises ígneas (Brown *et al.*, 2005);
- Para facilitar a assimilação de tantos termos e notações, o professor faz jus ao uso de referências não científicas, tais como explicar que potencial padrão (E°) é o *potencial que tem uma bolinha* [em um momento posterior é importante explicar que o “zero” sobrescrito ao “E” indica condições padrões pré-estabelecidas como 25 °C, 1 atm, 1 mol/L (Brown *et al.*, 2005)];

- Um pequeno descuido, que é bastante comum entre professores de química do ensino médio, também foi percebido: não distinção no uso dos termos *NOx* e *carga* [uma vez que *NOx* se refere à carga parcial em uma ligação, e “carga” é a carga real de um íon (Brown *et al.*, 2005)];
- A fim de utilizar termos mais corriqueiros, que são entendidos por um público maior, afirma-se que *oxidação é sinônimo de corrosão* [entretanto não ocorre corrosão com toda espécie que se oxida, apenas com alguns metais (Brown *et al.*, 2005)];
- A IUPAC estabelece que o potencial de uma célula galvânica é dado pela diferença entre os potenciais de redução do catodo e do anodo. Ao comentar uma questão, o professor instintivamente explica que *o potencial da pilha é igual à subtração do potencial maior pelo menor* [sem explicitar que devem ser potenciais do mesmo tipo, de redução (Brown *et al.*, 2005)];
- Em uma explicação sobre a pilha de Daniell, o professor corretamente apaga de seu desenho uma parte do anodo, ilustrando a corrosão do zinco. Em seguida, afirma que *quando um metal se oxida ele deixa de existir* [referindo-se unicamente a corrosão, sem comentar dos casos em que ocorre passivação que acaba por proteger o metal, impedindo sua corrosão - por exemplo, o óxido de alumínio que se forma espontaneamente sobre superfícies metálicas de alumínio (Brown *et al.*, 2005)];
- Para explicar sobre os diversos tamanhos de pilhas comerciais (AA, AAA, D...) de mesmo tipo, o professor afirma que *aumentar a quantidade dos reagentes não altera a ddp*, mostrando que todos os tamanhos de pilha são de 1,5 V [entretanto, é interessante destacar que os reagentes das pilhas mostradas são os mesmos e nas mesmas concentrações, pois se houver variação na concentração do reagente, a ddp se altera (Brown *et al.*, 2005)];
- Com o intuito de apresentar rapidamente o que é a Eletroquímica, para aqueles estudantes que acham importante ter uma visão global do tema, o professor afirma que *eletroquímica é a transformação de uma reação química em energia elétrica* [contudo, após ter “quebrado o gelo” faz-se necessário dizer que a Eletroquímica é uma seção em que se estudam as reações químicas nas quais o potencial químico é transformado em potencial elétrico (Brown *et al.*, 2005)].

Após as consultas às videoaulas esperava-se um aumento no percentual de questões corretas e consecutiva diminuição nos percentuais de erros e de alternativas “não sei responder”.

Tendo analisado esses pontos, seguiu-se a avaliação dos questionários em relação aos percentuais de erros e acertos. Essa avaliação será descrita nas seções seguintes, considerando os casos “previamente à consulta ao *YouTube*” e “posteriormente à consulta ao *YouTube*”.

Avaliação anteriormente às consultas

A análise das respostas obtidas antes da consulta às videoaulas é apresentada nos gráficos da Figura 2. Para cada questão foram contabilizados os acertos, os erros e as opções “não sei responder”.

Observa-se que as questões 1 e 2 foram as que apresentaram maior percentual de respostas erradas, com cerca de 50% dos alunos (54% e 48%, respectivamente) marcando alternativas incorretas, além dos 4% e 20% de alunos que não souberam responder às mesmas questões. As questões 3 e 4 apresentaram mais acertos que erros, entretanto os percentuais são menores que 50% (38% e 36%, respectivamente); nessas questões, o percentual de “não sei responder” é relativamente

alto, o que pode indicar certa maturidade do aluno em reconhecer uma dúvida sobre a resolução da questão. A análise das respostas à questão 5 mostra bem esse aspecto, visto que 52% dos alunos reconheceram não saber a resolução. Entendemos que isso não deve ter ocorrido nas duas primeiras

questões por serem consideradas duas questões conceituais fáceis. Assim, o aluno reconhece como uma questão simples e que não gera dúvidas, marcando uma alternativa que mais lhe parece ser a correta, sem muitos critérios para a escolha. De maneira análoga, a questão 5 é a única que envolve cálculos e, por algo que é senso comum entre estudantes dessa faixa etária – “se tem cálculo é uma questão difícil” – foi a que menos se arriscaram antes de consultar uma videoaula.

Outra observação é que apenas quatro alunos erraram todas as questões, e em contrapartida, apenas seis acertaram todas; um aluno respondeu que não sabia todas as questões.

Avaliação posteriormente às consultas

Após as consultas às videoaulas esperava-se um aumento no percentual de questões corretas e consecutiva diminuição nos percentuais de erros e de alternativas “não sei responder”. A Figura 3 apresenta os gráficos relativos para cada uma das questões.

Excetuando-se a questão 2, nota-se o aumento no percentual de acerto das demais questões, com índices acima de 70%. Especialmente nas questões 4 e 5, o índice de 85% de acerto contra 9% de erros, evidencia que as videoaulas provocaram melhoria nas respostas, indicando capacidade do aluno em aprender com o uso da plataforma. Entretanto, as questões de número 3 a 6 foram retiradas de provas do ENEM. Observando os dez canais do *YouTube* mais citados pelos alunos foi possível perceber que, muitas vezes, as videoaulas são específicas sobre a resolução de alguma questão do ENEM, o que – ao invés de ensinar o aluno em pesquisa – pode ter apenas mostrado a resolução e indicado a resposta correta. Outro ponto em que se apoia essa observação é o fato de que as questões de número 1 e 2 não serem de provas de exames, mas sim elaboradas pelos professores pesquisadores. Desse modo, não há na plataforma *YouTube*

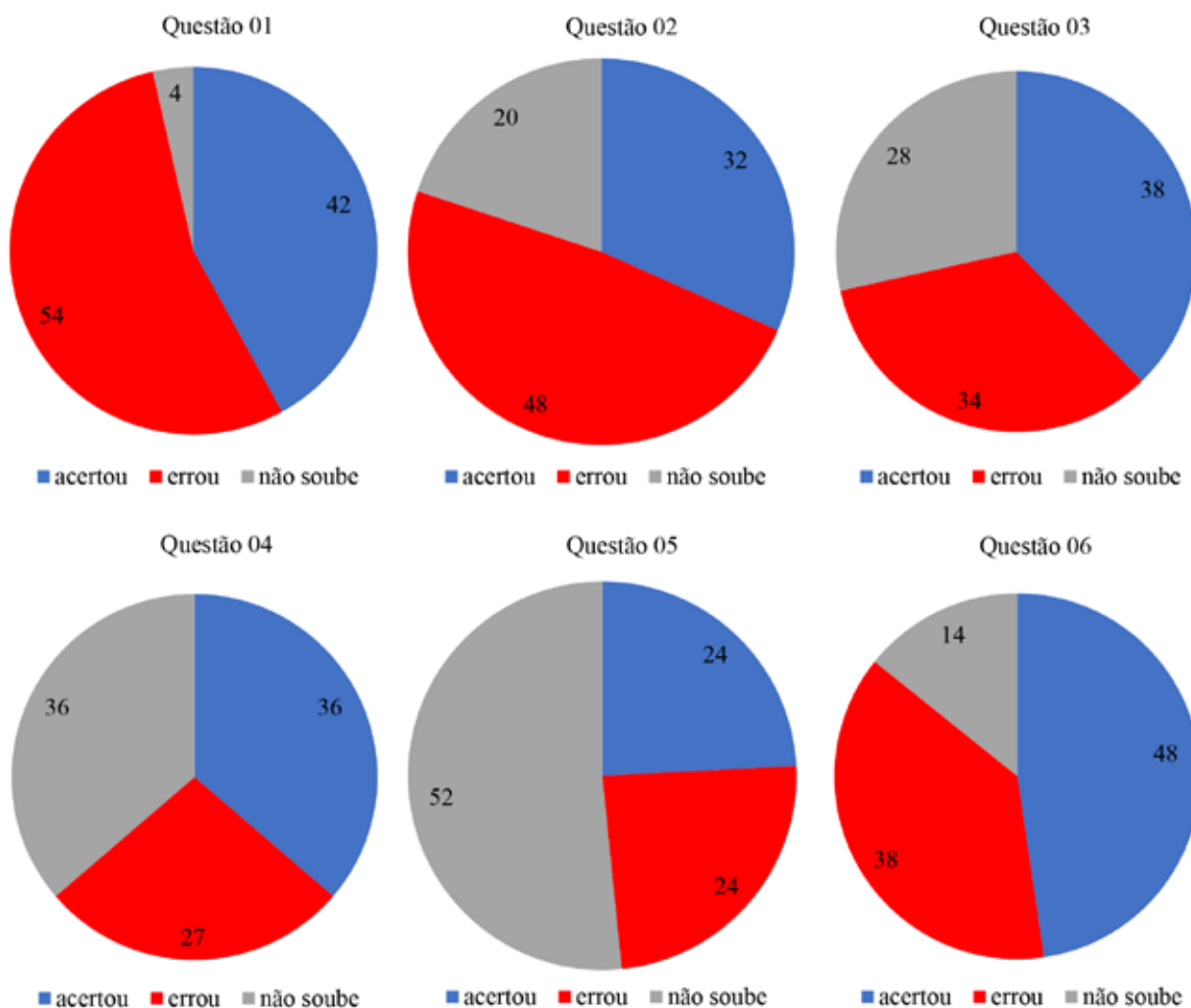


Figura 2: Percentuais de alunos que acertaram, erraram ou não souberam responder, para cada uma das questões propostas.

nenhum vídeo com a resolução direta das questões citadas. Talvez essas duas sejam as melhores questões para responder à dúvida dos autores: “os alunos são capazes de aprender com as videoaulas?”.

Considerando a questão 1, que é a mais simples do questionário, a resposta é “sim”, pois o percentual de acertos aumenta consideravelmente, de 42% para 73% e, em decorrência, os erros decrescem de 54% para 26%; alunos que não sabiam responder diminuem de 4% para 1%.

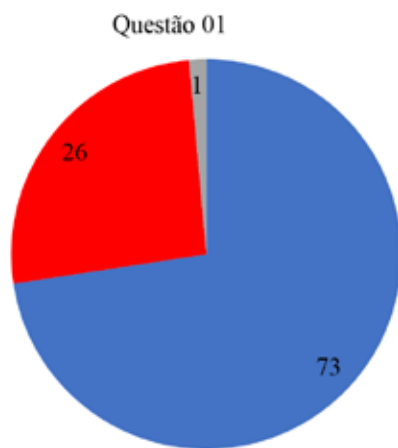
A questão 2 – que é um pouco mais elaborada que a primeira, isto é, exige um pouco mais de raciocínio e conhecimento – não mostra perfil parecido; apesar de o percentual de acertos ter se elevado de 32% para 46%, o decréscimo nos erros foi de apenas 2%. O ganho de acertos se deu por aqueles pontos que eram antes contados como alunos que não sabiam a resolução. Nessa questão, após consulta ao *YouTube*, o percentual de acertos e erros é igual; o que nos leva a acreditar que os alunos não souberam tirar proveito do mesmo.

Levando-se em conta o fato de que, para as duas primeiras questões, é pouco provável de se encontrar respostas prontas em uma videoaula, estas foram escolhidas para se analisar a capacidade do aluno de aprender com a plataforma virtual.

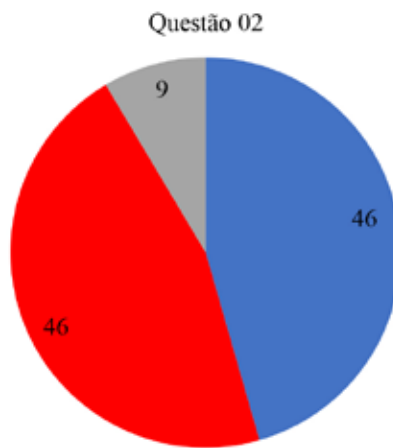
Para isso, foram somados os números de ajudas e prejuízos obtidos nos conjuntos das questões 1 e 2; fez-se o mesmo com o conjunto das questões 3 a 6 para comparação.

O total de ajuda para o primeiro conjunto é de 171 (100 da questão número 1 e 71 da questão número 2), o que corresponde a apenas 24% (12% por questão) contra 76% para as demais (19% por questão). Já o total de prejuízo é de 57% para as duas primeiras (28,5% por questão) contra 43% para as outras 4 (11% por questão). Esses números reforçam que os estudantes que participaram da pesquisa não foram capazes de aprender conceitos fundamentais da Eletroquímica utilizando-se exclusivamente da plataforma *YouTube*, sem indicação de videoaulas pelo professor.

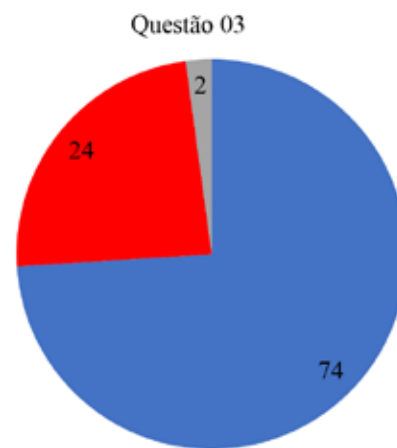
Para se ter uma visão geral dos resultados, na Tabela 3, são mostrados os quantitativos obtidos, em cada questão, para as inferências criadas pelos autores. Combinações do tipo [E-C] e [N-C] foram agrupadas por se tratar de um efeito semelhante sobre o aluno; independentemente de não saber ou “saber errado”, a videoaula consultada levou ao acerto da questão, o que se considera uma ajuda. Também foram agrupadas as combinações [E-E] e [N-E], visto que em ambas o aluno foi levado a uma resolução errada.



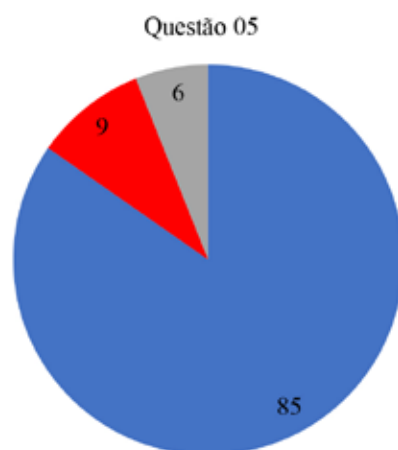
■ acertou ■ errou ■ não soube



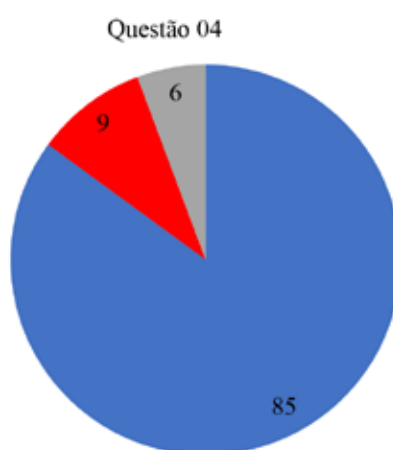
■ acertou ■ errou ■ não soube



■ acertou ■ errou ■ não soube



■ acertou ■ errou ■ não soube



■ acertou ■ errou ■ não soube



■ acertou ■ errou ■ não soube

Figura 3: Percentuais de alunos que acertaram, erraram ou não souberam responder, para cada uma das questões propostas, após consulta às videoaulas.

Tabela 3: Quantitativos obtidos por questão e totais

Questão	ajudou	prejudicou	não ajudou	confundi	indiferente +	indiferente –	indiferente N
1	100	13	60	1	104	1	2
2	71	26	103	6	57	9	9
3	114	10	57	2	94	4	0
4	145	3	23	5	94	2	9
5	172	0	26	2	66	2	13
6	112	16	27	1	117	6	2
totais	714	68	296	17	532	24	35
%	42,3	4,0	17,6	1,0	31,6	1,4	2,1

Simplificando a análise em apenas dois quesitos, sendo eles: 1) o aluno apresentou a resposta correta e 2) o aluno não apresentou a resposta correta, tem-se 73,9% (soma de “ajudou” e “indiferente+”) para o primeiro caso e 26,1% para o segundo (soma das demais inferências). Em outros termos, aproximadamente $\frac{3}{4}$ dos estudantes conseguiram encontrar a resposta correta e $\frac{1}{4}$ deles, não. Entendeu-se que o percentual de acertos é baixo, visto que há grande disponibilidade de

conteúdo com informações corretas dentre os diversos canais utilizados pelos estudantes.

Considera-se que o tempo para resolução do questionário foi suficiente, uma vez que todos os alunos entregaram antes de finalizar o prazo estipulado. Para os autores, não é inequívoco que o uso das videoaulas interfira sempre de forma positiva sobre o aprendizado. Além da capacidade individual do aluno em buscar o conhecimento, recomenda-se que os professores

indiquem alguns canais que contenham o conteúdo exposto de forma a levar à construção do conhecimento de maneira correta.

Conclusão

As diversas turmas participantes da pesquisa consultaram uma variedade de 62 canais do *Youtube*. Destes, 5 foram citados majoritariamente por 56% dos estudantes. Diante do exposto e da metodologia de trabalho aplicada consideramos que os alunos envolvidos na pesquisa se utilizam, majoritariamente, da ordem de aparecimento dos canais na plataforma *YouTube*; isto é, não apresentaram um critério específico relativo à qualidade das videoaulas. Entre essas foram encontrados erros conceituais, utilização de terminologia incorreta e fraca utilização de recursos didáticos como animações gráficas e experimentos práticos comentados.

A capacidade de aprender com a videoaula foi melhor avaliada observando-se os perfis apresentados nas resoluções das questões 1 e 2 – para as quais não se encontram respostas prontas no *YouTube*. Foi possível perceber que o aumento de respostas corretas após consultas à plataforma foi baixo, evidenciando que durante a pesquisa os estudantes não aprenderam suficientemente com a utilização desse recurso. Associadamente, grande parte dos canais mais citados apresentam os erros conceituais expostos, que dificultam o

aprendizado correto.

Nas demais questões (de 3 a 6), houve melhora mais significativa das respostas, entretanto, por serem questões de exames nacionais, diversos canais apresentam as resoluções das mesmas; nestes casos, não se pode verificar se houve ganho real de aprendizado por parte do aluno, pois o mesmo apenas descobre qual é a resposta correta.

Considera-se que a capacidade de aprendizado pelo *YouTube*, nos termos desta pesquisa, é relativamente insuficiente. Os autores

aconselham aos professores que consultem as videoaulas a serem indicadas, pesquisem juntamente com os alunos apontando pontos positivos e negativos de alguns canais e que também construam videoaulas com correção didática e utilização dos variados recursos disponíveis atualmente.

Considera-se que a capacidade de aprendizado pelo *YouTube*, nos termos desta pesquisa, é relativamente insuficiente.

Zilma Schimith Ferraz Filha (zilma.ferraz@ifmg.edu.br), doutora e mestre em Ciências Farmacêuticas pela UFOP-MG, bacharel em Análises Clínicas (Farmácia) pela UFOP, é professora do quadro efetivo do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto. Ouro Preto, MG – BR. **Rogério de Oliveira** (rogerio.oliveira@ifmg.edu.br), doutor em Físico-Química pela UNIFAL-MG, mestre em Físico-Química e bacharel em Química pela UFMG, é professor do quadro efetivo do Instituto Federal Minas Gerais – Campus Ouro Preto. Ouro Preto, MG – BR. **Venilson Luciano Benigno Fonseca** (venilson.luciano@ifmg.edu.br), doutor e mestre em Geografia Humana pela UFMG, licenciado em Geografia pela UFMG, é professor do quadro efetivo do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto. Ouro Preto, MG – BR.

199

Referências

ALMEIDA, L. T. G.; AYALA, J. D. e QUADROS, A. L. As videoaulas em foco: que contribuições podem oferecer para a aprendizagem de ligações químicas de estudantes da educação básica? *Química Nova na Escola*, v. 40, n.4, p. 287-296, 2018.

ALMEIDA, T. A.; CASTRO, C. F. e CAVALCANTI, E. L. D. A influência da linguagem audiovisual no ensino e na aprendizagem em aulas de química. *Revista Tecnologias na Educação*, v. 6 (11), p. 1-17, 2014.

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

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E. e BURSTEN, B. E. *Química: A Ciência Central*. 9a. Edição, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CALLEGARIO, L. J. e BORGES, M. N. Aplicação do vídeo “Química na Cozinha” na sala de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15, 21 a 24 de julho de 2010. *Caderno de resumos*. Brasília: 2010.

DAITX, A. C.; LOGUERCIO, R. Q. e STRACK, R. Evasão e retenção escolar no curso de Licenciatura em Química do Instituto de Química da UFRGS. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 21, n.2, p. 153-178, 2016.

FIDELIS, J. P. S. e GIBIN, G. B. Contextualização como estratégia didática em videoaulas de química. *Revista Virtual de*

Química, v. 8, n. 3, p. 716-722, 2016.

GOMES, L. F. Vídeos didáticos: uma proposta de critérios para análise. *Travessias*, ed. 4. Educação, cultura, linguagem e arte, v. 2, n. 3, 2008.

MOREIRA, G.; GOMES, J. P. e SCHEIBLER, J. R. A evasão escolar nas aulas de química na concepção de professores. *II Congresso Internacional de Educação Inclusiva*. Campina Grande – PB, 2016.

RIBEIRO, C. M. R.; VALVERDE, A. L.; RIBEIRO, M. M. J.; SOUZA, T. S. G.; FAGUNDES, T. S. F.; BITTENCOURT, L. B.; DUTRA, K. D. B. e EPIFANIO, R. A. A videoaula, cromatografia em camada delgada, e a motivação da aprendizagem nas disciplinas experimentais de química orgânica dos cursos de química, Engenharia Química e Farmácia da UFF. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 3, p. 1030-1055, 2015.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C. e CRUZ, M. C. P. Aprendizagem Ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa. *Química Nova na Escola*, v. 40, n.4, p. 258-266, 2018.

SILVA, J. L.; SILVA, D. A.; MARTINI, C.; DOMINGOS, D. C. A.; LEAL, P. G.; BENEDITTI 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.

TORQUATO, R. A. Linguagem audiovisual e formação de professores: um diálogo possível. *Cadernos da Escola de Comunicação UNIBRASIL*, v. 1, p. 72-85, 2003.

YAMAGUCHI, K. K. L. e SILVA, J. S. Avaliação das causas de retenção em química geral na Universidade Federal do Amazonas. *Química Nova*, v. 42, n.3, p. 346-354, 2019.

Para saber mais

Programa de Inovação Educação Conectada do MEC. Tem o objetivo de apoiar a universalização do acesso à internet de

alta velocidade, por via terrestre e satelital, e fomentar o uso de tecnologia digital na Educação Básica. <http://educacaoconectada.mec.gov.br/>

Como criar um canal educativo no Youtube. <http://creatoracademy.youtube.com/page/lesson/edu-channel-start?hl=pt-BR>.

Univesp – Universidade Virtual do Estado de São Paulo. Aulas de eletroquímica. <http://www.youtube.com/user/univesptv/search?query=eletroquimica>.

Abstract: *Electrochemistry teaching: analysis and evaluation of third year high school students' learning from YouTube video lectures: a case study in IFMG - Campus Ouro Preto.* The world wide web access is a reality. A smartphone and a wi-fi connexion are the keys for students having access to an infinity of information. Among them, the YouTube platform, specifically for audiovisual contents; however, there is almost no control or rules for what is posted there. This paper aims to evaluate the choices of third year high school students in search of video lectures to learn electrochemistry. When it comes to teaching-learning relationships, it was observed both poor and high quality videos. With our results, we find that the students' choice for a *YouTube* channel, in most cases, was linked to highlighted ones and no other criteria were observed. Conceptual errors were found in those video lectures. Beside this, the learn ability with "virtual teachers", in this work, was relatively poor.

Keywords: chemistry learning, lecture videos, electrochemistry.

Aplicação de princípios de Química Verde em experimentos didáticos: um reagente de baixo custo e ambientalmente seguro para detecção de íons ferro em água

Ana Lúcia de S. Ventapane e Paula M. L. dos Santos

A contaminação química e biológica das águas naturais e de uso humano é uma preocupação de toda a sociedade. A água pode promover a disseminação de inúmeras doenças e contaminantes incluindo os íons de ferro. Esses e outros problemas relativos à forma como o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade são tratados pelos diferentes setores da sociedade devem ser trazidos para a sala de aula. Com o objetivo de propor um experimento dentro de princípios da Química Verde (QV), de baixo custo e de fácil aquisição para detectar qualitativamente a presença de ferro em água, recorreu-se à reação de formação do complexo entre os íons Fe^{3+} e os íons salicilato. Os resultados mostram que é possível produzir o reagente complexante para determinar qualitativamente Fe^{3+} em água.

► ensino de química, ambiente, experimentação ◀

Recebido em 01/06/2020, aceito em 24/08/2020

201

No ano de 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) apresentou um plano de ações voltado para o desenvolvimento sustentável, a Agenda 2030, que é composta por dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (17 ODS). Em sua essência, os ODS buscam contemplar os aspectos sociais, econômicos e ambientais que permeiam nossa relação com o planeta. A água é essencial para a vida no planeta Terra e, dentre os ODS propostos, dois deles são dedicados ao tema água e estão intrinsecamente relacionados: o ODS 6, cujo objetivo é assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos; e o ODS 14, cujo objetivo é a conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável (ONU, 2015).

No Brasil, a população tem vivenciado problemas relacionados à contaminação química e biológica das águas naturais e de uso humano. Em janeiro de 2019 ocorreu a contaminação do rio Paraopeba por rejeitos de mineração devido ao rompimento de uma barragem no município

de Brumadinho-MG (Bohem, 2019). Um ano após esse incidente, a qualidade da água fornecida à população da região metropolitana do Rio de Janeiro foi profundamente

afetada pelo excesso de despejo de esgotos e rejeitos industriais do Rio Guandú e afluentes (Haidar, 2020; CRQIII, 2020). Tais acontecimentos expõem os desafios que a sociedade e a gestão pública têm que enfrentar para irem ao encontro do uso sustentável dos mananciais de águas doces, assim como da efetiva implementação de um sistema de extrativismo mineral seguro para as popula-

ções e para a Natureza. O debate acerca desses problemas pode ser levado à sala de aula numa proposta de abordagem sócio-científica e contextualizadora acerca da contaminação dos rios que fornecem água para as populações. Há vários tipos de contaminantes presentes nos mananciais e, no caso da contaminação por rejeitos de mineração, há presença de metais, sobretudo o ferro.

A abordagem de temas sócio-científicos no ensino de química é defendida por autores como Juntunen e Aksela (2014), que propõem uma educação para o desenvolvimento

No Brasil, a população tem vivenciado problemas relacionados à contaminação química e biológica das águas naturais e de uso humano. Em janeiro de 2019 ocorreu a contaminação do rio Paraopeba por rejeitos de mineração devido ao rompimento de uma barragem no município de Brumadinho-MG (Bohem, 2019).

sustentável (EDS) na qual os problemas sócio-ambientais podem ser abordados no currículo escolar de química. O objetivo não é o de impor mudanças aos estudantes, mas sim fomentar o debate acerca da participação individual e coletiva, a partir de suas ideias e experiências, para criar o futuro. As autoras apontam um elenco de temas sócios-científicos a serem abordados na escola e, dentre eles, os problemas relacionados à água.

Se, por um lado, a educação vem discutindo as questões sócio-científicas e sócio-ambientais, com o advento da Química Verde (QV) nos anos 1990, a preocupação em tornar os produtos e processos da indústria química menos nocivos e tóxicos torna-se uma proposta real. A QV pode ser definida como o planejamento, o desenvolvimento e a implementação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente (Lenardão, 2003). Segundo Anastas e Warner (1998), citados por Lenardão (2003, p. 124), os doze princípios da QV são: 1. Prevenção; 2. Economia de átomos; 3. Síntese de produtos menos perigosos; 4. Planejamento de produtos seguros; 5. Solventes e auxiliares mais seguros; 6. Busca pela eficiência de energia; 7. Uso de fontes renováveis de matéria-prima; 8. Evitar a formação de derivados; 9. Catálise; 10. Planejamento para a degradação; 11. Análise em tempo real para a prevenção da poluição; 12. Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes.

Uma relação entre a EDS no ensino de Química e a QV é apresentada por Burmeister *et al.* (2012). Esses autores consideram importante incorporar a QV e a química sustentável no ensino a partir de quatro modelos de abordagem diferentes. Na literatura é possível encontrar propostas de inserção dos princípios da QV nas aulas para o ensino médio e superior, bem como a análise da verdura química de experimentos com finalidades didáticas (Sandri & Santin Filho, 2017, 2019). Assim, a QV tem provocado mudanças de paradigmas não só nos processos e produtos industriais. Tais mudanças vêm se refletindo em novas propostas para o aperfeiçoamento e a elaboração de experimentos de química para fins educacionais dentro de uma filosofia de QV.

O presente trabalho apresenta o percurso experimental para se obter íons Fe^{3+} e um reagente para detectá-lo qualitativamente em água. Tais reagentes foram utilizados numa oficina pedagógica direcionada a estudantes do ensino médio e seus professores de Química, na qual foram abordadas, dentro do tema sustentabilidade, a Agenda 2030, o ODS 6 e questões sócio-ambientais. Porém, o relato da oficina foge ao escopo deste artigo. Acredita-se que o reagente tem potencial para ser reproduzido e utilizado em experimentos escolares.

Metodologia

Reação de Trinder

A Reação de Trinder é um método utilizado na determinação do teor de ácido acetilsalicílico (AAS) em fármacos. Nessa reação, os íons Fe^{3+} formam um complexo violeta em

presença de íons salicilato, o complexo salicilato-Fe (III) (Figura 1). O reagente de Trinder é uma solução aquosa de Fe^{3+} , constituída por 1,0 g de $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}]$ avolumada até 100 mL. Para a determinação do teor de AAS nas amostras por espectrofotometria (absorção máxima em 525 nm), uma curva analítica é feita a partir de diluições da solução de AAS hidrolisada da seguinte forma: 0,25 g de AAS dissolvido em 10 mL de solução aquosa de NaOH 1,0 mol. L^{-1} , seguida de aquecimento em chapa de aquecimento por 10 min. Após esse tempo, a solução hidrolisada de AAS é avolumada a 250 mL (Silva *et al.*, 2014).

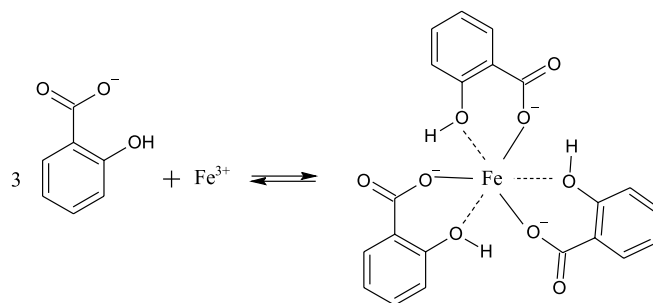


Figura 1: Complexo salicilato-Fe (III) de cor violeta.

Método adaptado ao experimento didático

Com o objetivo de propor um reagente dentro de princípios da QV, de baixo custo e de fácil aquisição para detectar qualitativamente a presença de ferro em água, parte da equipe do projeto universitário testou as melhores condições experimentais que atendessem a esse objetivo (testes 1 a 8, Quadro 1). Para tanto, foi necessário obter uma fonte de íons Fe^{3+} e um reagente para a detecção desses íons em água. Assim, recorreu-se à reação de formação do complexo entre os íons Fe^{3+} e os íons salicilato. Para testar a reação de formação do complexo salicilato-Fe (III), de cor violeta, foram preparadas soluções e procedimentos com base no trabalho de Silva *et al.* (2014) e com materiais substituintes. A obtenção de íons salicilato em solução aquosa dá-se através da hidrólise alcalina da solução de AAS. As fontes de salicilato testadas foram o AAS e o medicamento Aspirina®. Para a hidrólise alcalina testou-se o NaOH P.A. e o NaHCO_3 comercial. A hidrólise deu-se sob aquecimento, sendo testadas duas fontes diferentes, a placa de aquecimento (com béquer) e lamparina a álcool (com tubo de ensaio). Como fonte de íons ferro utilizou-se o sulfato em substituição ao nitrato. Os reagentes e materiais utilizados foram: sulfato ferroso, água oxigenada 10 volumes, NaHCO_3 e Aspirina® obtidos em farmácia, AAS sintetizado na universidade, NaOH P.A., $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ P.A., béqueres, funis, papel de filtro, tubos de ensaio, provetas, balança digital de 2 casas decimais encontrada no comércio, pinça de madeira, almofariz e pistilo, chapa de aquecimento de laboratório e lamparina a álcool.

Preparo da solução-teste contendo íons Fe^{3+}

Foram utilizados 5 comprimidos comerciais de sulfato ferroso, cerca de 1,6 g. O corante vermelho da superfície

dos comprimidos foi removido cuidadosamente em água corrente. Em seguida, os comprimidos sem o corante foram macerados e dissolvidos em água até o volume de 100 mL. A mistura resultante foi filtrada e o filtrado foi nomeado como **solução A** (Figura 2).



Figura 2: Comprimidos de sulfato ferroso comercial lavados e macerados.

Para a conversão de Fe^{2+} em Fe^{3+} , utilizou-se 10 mL da **solução A** e foram adicionados 5 mL de água oxigenada comercial 10 volumes, resultando na **solução B**. Essa conversão é chamada de reação de Fenton (Figura 3).



Figura 3: Reação de Fenton. Oxidação do íon ferroso a férrico.

Solução de íons salicilato - reagente detector de Fe^{3+}

Foram testadas duas opções diferentes, tanto para a fonte de íons salicilato – 500 mg de AAS sintetizado em laboratório acadêmico ou de comprimidos de Aspirina® – quanto para a hidrólise alcalina – 20 mL de solução a 1 mol/L de NaOH P.A. ou de NaHCO_3 comercial. A mistura da solução de salicilato com a solução alcalina foi colocada em béquer e aquecida em placa de aquecimento por 10 minutos, ou em tubo de ensaio e aquecida em lamparina a álcool por 2 minutos (Figura 4). Após o aquecimento, as soluções foram avolumadas para 500 mL em água destilada.

Reação de complexação

A reação de complexação entre os íons Fe^{3+} e os íons salicilato foram testadas em oito modelos experimentais diferentes, sumarizados no Quadro 1. Em 2 mL de solução aquosa de íons Fe^{3+} foi adicionada uma gota da solução de salicilato. Para a confirmação da presença de íons Fe^{2+} e Fe^{3+} nas soluções, foi utilizado um teste para Fe (II) e Fe (III) usado em aquários, obtido em lojas de produtos para animais domésticos.



Figura 4: Reação de hidrólise alcalina do AAS. Aquecimento em placa e em lamparina a álcool.

Resultados

Obtenção de Fe^{3+}

Foi possível observar que a **solução A** é incolor e, ao ser oxidada, torna-se amarelada (**solução B**). Esse indicativo colorimétrico é interessante para abordar reações de oxir-redução e a coloração desses íons também (Figura 5). Essa reação é denominada reação de Fenton, em que o peróxido é um agente oxidante forte e o seu produto gerado, o radical hidroxila, também possui um alto poder oxidante, permitindo maior conversão de Fe^{2+} a Fe^{3+} . Para confirmar a presença de íons Fe^{2+} e Fe^{3+} nas soluções, foi utilizado o teste de aquários que contém soluções de KMnO_4 , KSCN e HNO_3 (Figura 7).

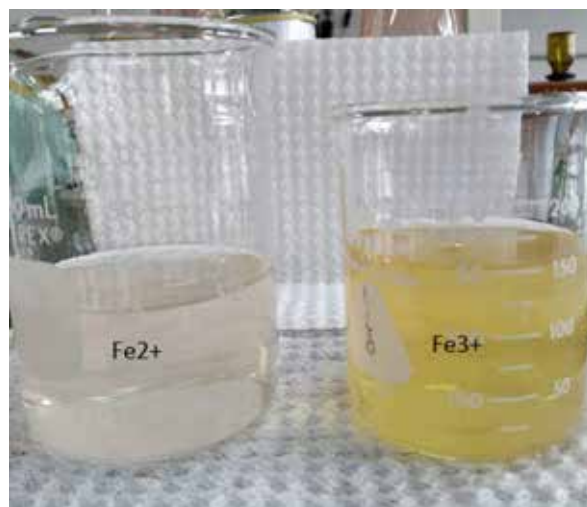


Figura 5: Solução de sulfato ferroso (incolor) e solução de sulfato férrico por reação de Fenton (amarelado).

Reagente detector de Fe^{3+}

O reagente detector de íons Fe^{3+} consiste numa solução aquosa contendo íons salicilato. A liberação de tais íons em solução foi feita a partir da hidrólise alcalina do ácido acetilsalicílico sob aquecimento (Figura 6). A base utilizada é o NaOH, porém, buscando-se utilizar uma outra substância com características básicas, mas que fosse menos tóxica ao ser humano e menos danosa ao meio ambiente, utilizou-se

o sal básico NaHCO_3 , encontrado em farmácias. Em água, o ânion HCO_3^- hidrolisa produzindo um ácido fraco $[\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})]$ e íons OH^- hidratados (Fatibello-Filho *et al.*, 2006). Dois sistemas de aquecimento foram testados: um em placa de aquecimento e outro com o auxílio da lamparina a álcool. Ambos os sistemas forneceram energia suficiente para a promover a hidrólise, entretanto, a lamparina a álcool pode ser uma fonte de aquecimento mais viável economicamente para os docentes e para a escola.

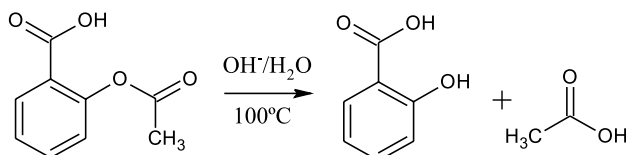


Figura 6: Representação simplificada da hidrólise alcalina do ácido acetilsalicílico.

Quanto à formação do complexo salicilato-Fe (III), foi observada uma mudança na coloração da solução contendo Fe^{3+} , de levemente amarelada para violeta após a adição da solução contendo íons salicilato (Figura 7) nos oito experimentos apresentados no Quadro 1. Portanto, foi possível obter o complexo colorido através de oito condições reacionais diferentes. Entretanto, para a formação do complexo o pH do meio deve ser neutro ou alcalino (Vogel, 1981).



Figura 7: Teste positivo para Fe^{3+} (alaranjado), Fe^{3+} em solução (levemente amarelado) e o complexo salicilato-Fe (III) de cor violeta.

Comparação entre os testes de 1 a 8

Em propostas didáticas para a determinação de Fe^{3+} em água, uma solução de KSCN é utilizada por formar

um produto vermelho (Curi, 2006). Comparativamente, o KSCN é mais tóxico e persistente no meio ambiente do que o ácido salicílico (Merck, 2020a, 2020b), portanto, a solução de salicilato como reagente para a identificação qualitativa de Fe^{3+} em água pode ser uma alternativa ao uso de uma solução de KSCN.

Dentre os testes realizados, o teste de nº 8 foi o que apresentou as condições que melhor atenderam aos objetivos da proposta. Os reagentes aspirina, NaHCO_3 , H_2O_2 20 volumes e o sulfato ferroso, podem ser encontrados no comércio em geral. A lamparina a álcool é uma fonte de aquecimento mais barata e acessível do que uma placa de aquecimento laboratorial. O custo do material é compensando pelas pequenas quantidades necessárias ao teste que pode ser repetido muitas vezes. As soluções de Fe^{3+} e de salicilato podem ser estocadas e utilizadas por muitos meses. Comparando-se com o teste para Fe^{3+} apresentado por Curi (2006), as condições do teste nº 8 atendem a, pelo menos, três dos doze princípios da QV: princípio 3, síntese de produtos menos perigosos; princípio 4, planejamento de produtos seguros; princípio 10, planejamento para a degradação. Sobre este último, pode-se considerar que o ácido salicílico é rapidamente biodegradável (Merck, 2020a).

Os resultados mostraram que é possível produzir o reagente complexante para determinar qualitativamente Fe^{3+} em água. A contaminação de ferro em água envolve os seguintes conceitos: metais de transição, íons metálicos, solubilidade e solubilidade de substâncias iônicas na água em interações íons-dipolo.

Conclusão

A partir de reagentes comerciais e baseando-se em princípios da QV, foi possível obter uma fonte de íons Fe^{3+} , bem como um reagente para a detecção de íons Fe^{3+} em água, que podem ser utilizados em experimentos didáticos contextualizados às questões sócio-ambientais e aos ODS 6 e 14.

Ana Lúcia de Souza Ventapane (analuciaventapane@gmail.com), graduanda do curso de Bacharelado em Química pelo IQ-UFRJ, atuou como extensionista do Projeto RECICLAB nos anos de 2018 e 2019. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Paula Macedo Lessa dos Santos** (paulalessa@iq.ufrj.br), licenciada em Química (IQ-UERJ), mestre e doutora em Ciências (IPPN-UFRJ), docente dos Programas de Pós-Graduação PROFQUI e PEQUI, ambos pelo IQ-UFRJ. Rio de Janeiro, RJ – BR.

Quadro 1: Testes de 1 a 8. Testes para a obtenção do complexo salicilato-Fe (III).

Testes	Solução de AAS	Solução alcalina para hidrólise do AAS	Sistema de aquecimento	Solução de íons Fe^{3+}
1	AAS	NaOH	Chapa aquecedora 10 min	A partir do sal P.A.
2	AAS	NaOH	Lamparina 2 min	A partir do sal P.A.
3	AAS	NaHCO_3	Chapa aquecedora 10 min	A partir da oxidação do Fe^{2+}
4	AAS	NaHCO_3	Lamparina 2 min	A partir da oxidação do Fe^{2+}
5	aspirina®	NaOH	Chapa aquecedora 10 min	A partir do sal P.A.
6	aspirina®	NaOH	Lamparina 2 min	A partir do sal P.A.
7	aspirina®	NaHCO_3	Chapa aquecedora 10 min	A partir da oxidação do Fe^{2+}
8	aspirina®	NaHCO_3	Lamparina 2 min	A partir da oxidação do Fe^{2+}

Referências

- BOHEM, C. Rio Paraopeba tem nível de metais 600 vezes acima do permitido. *Agência Brasil*, São Paulo, 27 fev. 2019. Disponível em: <https://cutt.ly/ZyWNQgW>, acessada em abr. 2020.
- BURMEISTER, M.; RAUCH, F. e EILKS, I. Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, n. 13, p. 59-68, 2012.
- CRQIII. Esclarecimentos do Conselho Regional de Química – Terceira Região sobre a água da Ceda. Conselho Regional de Química-Terceira Região Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 17 jan. 2020. Disponível em <https://cutt.ly/byWBTZY>, acessada em abr. 2020.
- FATIBELLO-FILHO, O.; WOLF, L. D.; ASSUMPÇÃO, M. H. M. T. e LEITE, O. D. Experimento simples e rápido ilustrando a hidrólise de sais. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 30-34, 2006.
- HAIDAR, D. Principais mananciais de água que abastecem o Rio de Janeiro estão poluídos, alerta especialista. *G1*, Rio de Janeiro, 09 jan. 2020. Disponível em: <https://cutt.ly/GyWBUgF>, acessada em abr. 2020.
- JUNTUNEN, M. K. e AKSELA, M. K. Education for sustainable development in chemistry – challenges, possibilities and pedagogical models in Finland and elsewhere. *Chemistry Education Research and Practice*, n. 15, p. 488-500, 2014.
- LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. G.; DABDOUB, M. J.; BATISTA, 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.
- MERCK. Ficha de informação de produto químico. Ácido salicílico. Disponível em: <https://cutt.ly/dyWBntr>, acessada em abr. 2020a.
- MERCK. Ficha de informação de produto químico. Tiocianato de potássio. Disponível em: <https://cutt.ly/ByWBWCd>, acessada em abr. 2020b.
- ONU. Organização das Nações Unidas. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro, 13 out. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>, acessada em abr. 2020.
- SANDRI, M. C. M. e SANTIN FILHO, O. Análise da verdura química de experimentos propostos para o ensino médio. *Actio*, v. 2, n. 2, p. 97-118, 2017.
- SANDRI, M. C. M. e SANTIN FILHO, O. Os modelos de abordagem da química verde no ensino de química. *Educación Química*, v. 30, n. 4, p. 34-46, 2019.
- SILVA, E. F.; FERNANDES, R. N.; LIMA, H. S.; GOMES, P. R. B. e LIMA, W. S. Reação de Trinder na detecção de ácido acetilsalicílico em fármacos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 54º, 2014, Natal – RN. Disponível em: <http://abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/4/5774-18276.html>, acessada em fev. 2020.
- VOGEL, A. I. Química Analítica Qualitativa. Trad. A. Gimeno. 5ª ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

Abstract: Application of Green Chemistry principles in teaching experiments: a low-cost, environmentally safe reagent for detecting iron ions in water. Chemical and biological contamination of natural and drinking waters is a concern for society. Water can promote the spread of numerous diseases and contaminants including iron ions. These and other problems related to the way in which economic development and sustainability are treated by society should be brought into the classroom. This paper describes a low-cost, easy-acquisition experiment within the principles of Green Chemistry (GC) to qualitatively detect the presence of iron in water by means of the complex formation reaction between Fe^{3+} ions and salicylate ions. Results show that it is possible to produce the complexing reagent to qualitatively determine Fe^{3+} in water.

Keywords: Chemistry teaching, environment, experimentation

Argumentação e outras práticas epistêmicas em uma sequência de ensino investigativa envolvendo Química Forense

Argumentation and other epistemic practices in an inquiry-based teaching sequence involving Forensic Chemistry

Fernanda dos Santos e Adjane da C. T. e Silva

206

RESUMO: O presente estudo teve por objetivo analisar o desenvolvimento de uma sequência de ensino investigativa (SEI), estruturada em torno de um tema da Química Forense, verificando o espaço gerado para argumentação e outras práticas epistêmicas, no contexto de formação inicial de professores. Os dados oriundos da aplicação da SEI foram obtidos por meio de questionários e gravações em vídeo. O tratamento dos dados envolveu as transcrições das informações obtidas por meio de vídeos, fragmentando-as em episódios de interação, com intenção de selecionarmos para análise aqueles que melhor expressassem os argumentos dos alunos, bem como as práticas epistêmicas instauradas. As estruturas dos argumentos orais e escritos foram analisadas à luz do Padrão de Argumento de Toulmin e, para análise das práticas epistêmicas, nos baseamos em categorias dispostas na literatura sobre o tema. Os resultados apontam para o potencial da SEI em promover práticas epistêmicas nas instâncias sociais de proposição e comunicação do conhecimento.

Palavras-chave: Sequência de Ensino Investigativa; Práticas Epistêmicas; Química Forense.

Abstract: The present study aimed to analyze the development of an inquiry-based teaching sequence (IBTS), structured around a theme of Forensic Chemistry, verifying the space generated for argumentation and other epistemic practices, in the context of initial teacher training. The data from the application of IBTS were obtained through questionnaires and video recordings. The treatment of the data involved the transcriptions of the information obtained through videos, fragmenting them into episodes of interaction, with the intention of selecting for analysis those that best expressed the students' arguments, as well as of the established epistemic practices. The structures of oral and written arguments were analyzed in the light of the Toulmin Argument Pattern and, for the analysis of epistemic practices, we based ourselves on categories arranged in the literature about the theme. The results point to IBTS's potential to promote epistemic practices in the social instances of knowledge promotion and communication.

Keywords: Inquiry-based teaching sequence; Epistemic Practices; Forensic Chemistry.

Fernanda dos Santos (nandabarymore@hotmail.com), licenciada em Química e mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Sergipe, atua como docente na educação básica da rede privada de ensino. Aracaju, SE – Br. **Adjane da Costa Tourinho e Silva** (adtourinho@terra.com), licenciada em Química e mestre em Educação pela Universidade Federal de Sergipe, doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais, doutorado sanduiche na Penn State University (Pennsylvania). Professora titular e aposentada da UFS, atuando como voluntária no Núcleo de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática-NPGEICIMA/UFS. Aracaju, SE – BR.
Recebido em 28/04/2020, aceito em 19/09/2020

A seção "Cadernos de Pesquisa" é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.



A convivência em sociedade presume a interação entre os indivíduos. Nesse processo de interação, os seres humanos expressam seus pontos de vista, procurando justificá-los, como também consideram a opinião de outros envolvidos, em um processo argumentativo, visando ao convencimento dos interlocutores (Teixeira, 2009).

A argumentação pode ser compreendida como uma atividade social, sendo sua natureza evidenciada durante a discussão entre as pessoas. Sua finalidade é aumentar ou diminuir a aceitação de um ponto de vista por meio de justificativas que envolvem uma série de proposições racionais articuladas entre si (Van Eemeren *et al.*, 1996).

Nas últimas décadas, a argumentação passou a ser vista, por pesquisadores, como uma prática discursiva com grande potencial para favorecer a aprendizagem de ciências, especialmente na Educação Básica (Nascimento e Vieira, 2009). Nas aulas de ciências, estratégias de ensino pautadas na argumentação constituem-se em meios para que os estudantes participem ativamente na construção do conhecimento e, aliadas ao ensino por investigação, podem permitir um entendimento do que vem a ser e como se desenvolve a ciência, proporcionando a compreensão da natureza discursiva dessa esfera do conhecimento e dos fatores que interferem diretamente em sua prática, pois é inegável a presença das práticas argumentativas na produção científica.

A argumentação surge ao longo das interações dialógicas que podem ser possibilitadas por meio dos trabalhos de investigação realizados em sala de aula, em que os alunos expõem suas ideias, suas hipóteses para resolver um dado problema e chegam a determinadas conclusões que explicam os resultados alcançados. Todas essas ações desenvolvidas pelos alunos podem ser compreendidas como práticas epistêmicas, por estarem envolvidas na produção e legitimação do conhecimento.

Nessa perspectiva, as atividades investigativas vêm sendo objeto de estudo no Ensino de Ciências por proporcionar o desenvolvimento de práticas epistêmicas, dentre elas a argumentação. Práticas epistêmicas referem-se a atividades sociais voltadas à proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento (Kelly e Licona, 2018). No âmbito da pesquisa, examinar as práticas epistêmicas presume direcionar o olhar para o discurso dos alunos quando engajados em atividades de investigação durante as aulas.

Para Araújo (2008), as pesquisas que buscam verificar como aspectos fundamentais do discurso científico são incorporados pelos alunos partem de atividades investigativas, já que as práticas epistêmicas surgem em função de um ensino que os engaja em atividades que contemplam aspectos presentes nas investigações científicas reais. Tais atividades constituem ambientes de aprendizagem que favorecem a construção do conhecimento científico escolar por um aluno ativo, atuando com autonomia, tendo em vista a mediação do professor.

Para Ibraim e Justi (2017), é fundamental que o investimento no trabalho com propostas de ensino que promovam situações investigativas em sala de aula seja valorizado desde

a formação inicial do professor, a fim de que se possa torná-lo hábil a trabalhar com os conhecimentos dos estudantes na produção de argumentos. Nesse sentido, consideramos que, na formação inicial do professor, devam ser geradas oportunidades para: discutir acerca do seu papel enquanto mediador de situações argumentativas; estimular seus conhecimentos acerca da argumentação, por meio da vivência de situações reais de ensino; e trabalhar com materiais didáticos favoráveis ao desenvolvimento de tal prática.

Apesar do aumento no número de pesquisas que defendem a importância do diálogo na construção do conhecimento científico, pode-se notar que existe ainda muito a percorrer no que se refere à compreensão sobre como gerar espaço para instaurar a argumentação em sala de aula, de modo a contribuir para a elaboração das concepções científicas e percepção de aspectos fundamentais acerca da natureza da ciência pelos alunos; portanto, torna-se relevante investir nesta direção.

Diante do exposto, esta pesquisa envolveu a elaboração e aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre Química Forense a alunos do curso de Licenciatura em Química de uma Instituição Pública de Ensino Superior da região Nordeste, de modo a gerar uma discussão sobre formas de proporcionar aos alunos o desenvolvimento de práticas epistêmicas, valorizando a argumentação.

Considerando a importância de se trabalhar, desde a formação inicial do professor de Química, formas de se apropriarem de metodologias de ensino que valorizem a participação ativa do aluno na construção do conhecimento, com foco na argumentação, buscamos, nesta pesquisa, responder à seguinte questão: “Qual o potencial de uma sequência de ensino investigativa (SEI) planejada em torno de um tema da Química Forense para promover o desenvolvimento da argumentação e outras práticas epistêmicas, no contexto de formação inicial dos professores?”

Optamos por trabalhar com uma das temáticas da Química Forense na elaboração da sequência, por entendermos que tal área já abriga em si um caráter de investigação, favorecendo a promoção de situações argumentativas durante as aulas. Apesar de se tratar de uma área de conhecimento tão relevante para nossa sociedade, a Química Forense é pouco considerada nas pesquisas em ensino e em propostas didáticas e, nesse sentido, é também pouco debatida na formação do profissional de Química, mesmo se tratando de um ramo da ciência que faz uso de conhecimentos deste campo disciplinar.

As poucas propostas acerca da inserção da Química Forense no Ensino de Química não focalizam o desenvolvimento da argumentação ou outras práticas epistêmicas; portanto, nosso trabalho contribui para que se preencha essa lacuna.

Formação de professores de Ciências: algumas considerações

O estudo apresentado neste artigo foi desenvolvido no contexto de formação inicial de professores de Química. Nesse

sentido, antes de adentrarmos em uma discussão sobre o seu arcabouço teórico, o qual em alguns momentos aponta para esse aspecto, teceremos algumas considerações sobre tal tema.

A formação de professores de Ciências, no contexto brasileiro tem sido objeto de discussão, apontando para o fato de que o mesmo anseia por inovações e reestruturações há, pelo menos, duas décadas (Carvalho e Gil-Pérez, 2000; Auth e Angotti, 2003; Galvão e Praia, 2009). A ideia de que as concepções dos professores sobre ensino e aprendizagem, em geral, distanciam-se das propostas pedagógicas expressas na literatura da área, refletindo antes a sua formação ambiental, vem sendo objeto de reflexão. Quadros e Corrêa (2020) observam que o ensino pautado na transmissão organizada de informações está presente em parte significativa das salas de aula de Ciências apesar de a literatura especializada e orientações curriculares nacionais apontarem para outros caminhos. O foco das atenções neste tipo de ensino está no conteúdo conceitual, no aprender Ciência (Hodson, 2014). Isso, certamente, não contribui para uma formação mais ampla dos alunos. Nessa perspectiva, o investimento no envolvimento do futuro professor com diferentes pressupostos e metodologias de ensino, tanto na academia quanto em sua atuação no ambiente escolar, desde o início de sua formação, vem sendo defendido.

Várias pesquisas vêm discutindo o potencial de atividades investigativas para proporcionar aos alunos aprenderem não apenas conceitos, mas, sobretudo, as práticas científicas, favorecendo ainda o entendimento sobre a Natureza da Ciência e sua relação com questões que circulam na sociedade. Trata-se de contemplar os três eixos em que se estrutura o processo de alfabetização científica: i) a compreensão sobre a natureza da Ciência, ii) a compreensão de termos e conceitos-chave da Ciência, e iii) a compreensão das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Miller, 1983; Sasseron, 2008).

Nesse sentido, o professor precisa estar preparado para planejar e conduzir um processo de ensino tendo em vista um aluno que constrói ativamente seu conhecimento, envolvendo-se em práticas e discursos que se aliam àqueles expressos na Ciência real. Vivenciar práticas investigativas que abrem espaço para a argumentação, discutir e refletir sobre as mesmas tendo em vista a aprendizagem dos alunos é uma estratégia que, certamente, auxilia futuros professores a romper com um modelo de ensino tradicional normalmente vivenciado em seu processo de escolarização.

Atividades investigativas no Ensino de Ciências

O processo de investigação é visto como algo central na Ciência, envolvendo o uso de ferramentas epistêmicas e metodológicas pelos cientistas para estabelecer um novo conhecimento. Nesse sentido, atividades investigativas devem também assumir um lugar de destaque no Ensino de Ciências.

As investigações científicas ocorrem de maneiras distintas e o modo como isso acontece está estritamente ligado às

especificidades do objeto investigado (Sasseron, 2013; Driver *et al.*, 2000). Todavia, é possível afirmar que tais investigações necessariamente envolvem um problema, que se expressa por meio de uma ou mais questões, e o trabalho com informações e conhecimentos já produzidos em prol da produção de novos conhecimentos. Nas Ciências da Natureza, é comum haver levantamento e testes de hipóteses, bem como o controle de variáveis ao longo da construção de dados. Tais práticas podem ser desenvolvidas na Ciência escolar. Assim, as atividades investigativas possibilitam aos estudantes lidar com os fatores que influenciam diretamente o “fazer científico”.

A aprendizagem por meio da investigação, além de buscar envolver os estudantes nas práticas e discursos da Ciência, lhes permite uma participação ativa na construção do conhecimento. As ações do estudante em atividades investigativas não se limita ao trabalho de manipulação ou observação, elas precisam aproximar-se das características de um trabalho científico. Torna-se importante que o estudante reflita, relate, discuta, enfim, posicione-se ativamente diante de um problema investigativo.

Processos como colocar questões, elaborar inferências, fornecer explicações, alcançar conclusões e comunicar resultados são interacionalmente realizados por meio do discurso. Desse modo, os estudantes se envolvem com as práticas discursivas da Ciência, desenvolvendo a argumentação (Kelly, 2014).

Zompero e Laburú (2011) discutem que o ensino por investigação favorece o aprimoramento do raciocínio e das capacidades cognitivas dos estudantes, proporciona a sua compreensão acerca da natureza do trabalho científico e os auxiliam a desenvolver trabalhos em cooperação. Trata-se de uma abordagem didática que faz uso de diferentes estratégias de ensino, objetivando gerar espaço para que os estudantes desenvolvam habilidades relacionadas à cultura científica (Capecchi, 2013; Geraldi, 2017; Azevedo, 2004). Contribui, portanto, para que os estudantes percebam que as teorias científicas são construções humanas, frutos de elaboração de evidências, interpretações e análise de argumentos (Sasseron, 2013; Driver *et al.*, 2000).

A aprendizagem pode ser favorecida por meio da participação ativa dos estudantes em um processo de investigação científica (Kelly e Licona, 2018). Nesse contexto, temos as sequências de ensino investigativas (SEI), definidas por Sasseron (2015), como sendo o encadeamento de atividades e aulas, nas quais um tema é colocado sob investigação e todas as relações desse tema com as demais esferas de conhecimento podem ser trabalhadas.

Nesse ponto, fica clara a importância de o professor fazer uso de diferentes estratégias didáticas visando fornecer oportunidades aos estudantes para que eles desenvolvam práticas científicas, tais como: observar, raciocinar, explicar ou fornecer evidências numa discussão.

A seguir, discutimos sobre a Química Forense como um campo propício ao desenvolvimento do potencial de um ensino por investigação.

A Química Forense no ensino

A Ciência Forense pode ser descrita como um campo que envolve a aplicação da ciência à toda matéria ou problemas legais cíveis, penais ou mesmo administrativos, não se restringindo apenas a questões criminais, apesar da grande visibilidade destas últimas (Ferreira, 2016). Trata-se de uma área interdisciplinar que faz uso de conhecimentos da Física, Biologia, Química, Matemática, dentre outras áreas. A Química Forense, por sua vez, é uma ramificação da Ciência Forense, já que envolve técnicas e conceitos químicos em investigações de interesse deste campo (Rosa *et al.*, 2014). Ela pode ser aplicada em diversas situações, tais como: identificação de sangue em locais de crimes ou em objetos relacionados ao fato, revelação de impressão digital, identificação de substâncias entorpecentes, dentre outras.

Segundo Dias Filho e Antedomenico (2010), crimes de repercussão ou acidentes trágicos, que ganham destaque na mídia gerando comoção, servem como suporte para despertar o interesse e a curiosidade do aluno pela matéria. Além disso, conhecer as diferentes formas de atuação de um químico forense pode despertar no aluno a motivação pela Química.

Entendemos que a abordagem da Química Forense em sala de aula pode ser vista como uma estratégia de ensino que leva os alunos a argumentar em meio a uma investigação. Sebastiany *et al.* (2013) afirmam que o trabalho com temáticas relacionadas à Ciência Forense e investigação criminal possibilita colocar o estudante em uma situação de pesquisador, levando-o a reconhecer a importância do trabalho coletivo e individual numa investigação. Nesse sentido, enfatizam que tais atividades estimulam atitudes “desde a observação à manipulação, a curiosidade à interrogação, o raciocínio à experimentação, o direito à tentativa e erro e capacidades relacionadas com a comunicação” (Sebastiany *et al.* 2013, p.49). Nessa perspectiva, explicita-se o potencial da inserção da Química Forense no ensino para o desenvolvimento de práticas epistêmicas, dentre elas, a argumentação.

Desenvolver estratégias de ensino com base na Química Forense e trabalhar tal proposta durante a formação inicial do professor de Química é uma maneira de possibilitar aos futuros docentes a vivência em situações argumentativas. Corroborando com a ideia de propostas de ensino que possibilitem a participação ativa dos estudantes, Carvalho (2011, p.19) ressalta que “o professor precisa estar preparado para conduzir a argumentação em classe - entre professor/alunos e alunos/alunos”.

Argumentação no Ensino e na Pesquisa

Nos últimos anos, temos observado um crescimento no número de pesquisas que enfatizam a importância de se trabalhar o argumento no contexto educacional. Essas pesquisas buscam descrever as formas de inserção do processo argumentativo nas aulas de Ciências, além de mostrar a importância desse processo na construção do conhecimento científico e percepção acerca

da natureza da Ciência (Sasseron, 2012; Jiménez-Aleixandre e Brocos, 2015; Sasseron e Duschl, 2016; Scarpa, 2016).

Teixeira (2009) destaca que existe uma necessidade de estimular e incorporar o discurso argumentativo em sala de aula, tanto como uma prática no processo de interlocução pelo professor, quanto como uma habilidade que deve ser aprendida pelos alunos. É no argumento que se mostra a estrutura do pensamento e, desta forma, os alunos podem se tornar conscientes de suas próprias ideias, além de favorecer o processo de mediação do professor. Nesse sentido, é necessário que o professor promova interações discursivas em sala de aula de forma que ajude os alunos a pensar, falar, ler e escrever Ciências.

Sasseron e Duschl (2016) discutem sobre a instauração da argumentação em sala de aula, como uma prática epistêmica, considerando a importância de planejar situações e criar espaços que favoreçam as interações discursivas em sala de aula.

A constituição deste espaço de interações discursivas contribui para que as interações entre alunos e professor e o conhecimento sobre as ciências sejam debatidos. Isso fica claro não apenas pela intensa participação dos alunos nestas aulas, mas também pelo modo que são estimulados a expor suas ideias, avaliá-las e considerar novos elementos em sua proposição (Sasseron e Duschl, 2016, p.66).

Assim, várias pesquisas têm apontado estratégias que se mostram frutíferas no engajamento dos alunos no processo de elaboração de um discurso argumentativo. Brito e Sá (2010), por exemplo, desenvolveram uma pesquisa de natureza interventiva, estimulando a argumentação de alunos do ensino médio a respeito de questões sócio científicas relacionadas ao tema “biocombustíveis”. Os autores utilizaram o método de estudo de casos, que consiste no emprego de narrativas, no qual os alunos são incentivados a familiarizar-se com os personagens ou circunstâncias do caso, de modo a compreender os fatos e buscar possíveis soluções para os problemas envolvidos. Depreende-se, desse estudo, que a adoção de estratégias de ensino eficientes, como o estudo de casos, consegue fomentar as habilidades argumentativas dos alunos e favorecer a aprendizagem de conteúdo científico.

Altarugio *et al.* (2010) analisaram as experiências de cinco professores de Química e um de Biologia, que utilizaram a estratégia do debate em suas aulas como uma das atividades sugeridas em um curso de formação continuada. Os autores destacaram que o debate pode trazer diversas contribuições para um Ensino de Química e de Ciências, cujo objetivo seja a formação de cidadãos críticos e atuantes na sociedade, bem como auxilia os alunos a desenvolverem a habilidade da argumentação.

Sá *et al.* (2014), relatam que o estudo sobre argumentação nas pesquisas em Ensino de Ciências é recente, existindo vários aspectos que precisam ser explorados, dentre eles a qualidade da

argumentação. Os autores utilizaram o esquema de argumento de Toulmin (2006) para investigar a potencialidade da estrutura de um “bom argumento” considerando alunos de graduação em Química, de uma universidade pública. Os estudantes foram incumbidos de solucionar casos de caráter sócio científico e apresentar oralmente as resoluções elaboradas. Os resultados da pesquisa apontam que esse tipo de intervenção didática fornece subsídios para o desenvolvimento de habilidades argumentativas pelos estudantes.

O trabalho com temas sociocientíficos por meio de estudos de casos (Sá e Queiroz, 2007; Brito e Sá, 2010), bem como a valorização de debates (Altarugio *et al.*, 2010) têm se mostrado expedientes frutíferos para a instauração de argumentos em salas de aula de ciências.

Em outra vertente, trabalhos com foco no argumento científico têm também contribuído para a discussão acerca do tema. Nessa linha, Silva *et al.* (2016) analisaram o desenvolvimento de um debate escolar realizado por estudantes da 3ª série do ensino médio acerca de temáticas científicas, a partir da leitura de textos de divulgação científica. A análise realizada mostrou indícios de variedades de argumentos elaborados pelos estudantes ao defenderem suas ideias, as contribuições dessa estratégia didática ao desenvolvimento de certos aspectos cognitivos, como a construção de argumentos, e a necessidade de se trabalhar nas escolas a apropriação desse gênero discursivo.

A literatura da área expressa um avanço das pesquisas voltadas para o desenvolvimento da argumentação em salas de aula. É notória a importância de implementar propostas de ensino que busquem favorecer as práticas argumentativas tendo em vista que, além de fazer parte da cultura científica, a argumentação deve ser vista como uma habilidade a ser desenvolvida pelos alunos, tanto por auxiliar a sua formação geral quanto por possibilitar o contato com as ferramentas da Ciência.

No estudo que aqui apresentamos, nos debruçamos sobre uma temática ainda não explorada nessa direção: o trabalho com a Química Forense que, conforme comentamos, abriga em si mesma um caráter investigativo, com potencial para promover a argumentação e outras práticas epistêmicas. A SEI planejada leva em conta a estratégia de “estudo de caso”, sendo o caso apresentado por meio de uma narrativa que retrata uma situação fictícia de assalto envolvendo homicídio, para o qual os alunos deveriam encontrar uma solução.

O Padrão de Argumento de Toulmin e as pesquisas sobre argumentação no Ensino de Ciências

Stephen E. Toulmin (2006) pode ser considerado um dos principais responsáveis por nossa compreensão sobre argumentação. Em sua obra “Os usos do argumento”, Toulmin (2006, p. 2), preocupa-se em “levantar questões filosóficas gerais sobre a avaliação prática de argumentos”, trazendo, dessa forma, inúmeras contribuições para o campo da lógica informal, ao mostrar como as pessoas argumentam em situações habituais.

A lógica como Ciência Formal, assim defendida por Aristóteles e seus sucessores, torna-se questionável em “Os usos do argumento”. Ao discutir a história da lógica em sua obra, Toulmin (2006) alega que a mesma, até então, buscara se desenvolver longe de questões práticas sobre como as pessoas tratavam e criticavam argumentos em diferentes campos de conhecimento, de modo que se desenvolveu:

[...] na direção a uma condição de completa autonomia, em que a lógica se torna estudo teórico autônomo, tão livre de preocupações práticas imediatas quanto certos ramos da matemática pura; e, embora em todos os estágios de sua história tenha havido gente preparada para, outra vez, levantar questões sobre a aplicação da lógica, raramente se levantaram algumas das questões vitais para compreender esta aplicação (Toulmin, 2006, p. 3).

Assim, por meio da análise de argumentos em diferentes campos do conhecimento, como Direito, Ciência, Política, Matemática, dentre outros, Toulmin (2006) consegue mostrar que alguns elementos do argumento podem ser os mesmos independentemente do campo, porém outros variam em função do contexto de uso. Buscando explicitar tais diferenças, o autor propôs um modelo analítico de argumento que passou a ser utilizado em diferentes campos, inclusive no Ensino de Ciências, possibilitando a compreensão de argumentos apresentados pelos sujeitos das salas de aula (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000).

Para Toulmin (2006), o argumento possui a função de corroborar com alegações. O mesmo pode ser definido como uma afirmativa acompanhada de justificativa (Mendonça e Justi, 2013). Para explicar as características de uma adequada argumentação, o filósofo elaborou um padrão de argumento, conhecido como TAP (*Toulmin's Argument Pattern*), que possibilita identificar os componentes que constituem o argumento e a relação entre estes.

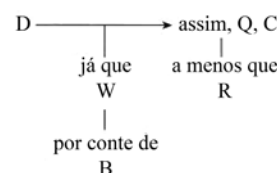


Figura 1: Esquema do Padrão de argumento de Toulmin. Fonte: TOULMIN (2006, p.150).

A estrutura acima, segundo Nascimento e Vieira (2009, p.20), constitui-se em “um padrão de argumentos de forma monológica, a partir de elementos básicos”, como: dado, conclusão e garantia de inferência. A Conclusão (C) é a alegação cujo mérito deve ser estabelecido, já o Dado (D) constitui-se nos fatos que servem como suporte para a alegação. A garantia de inferência (W) é responsável por estabelecer a conexão

entre dados e conclusão. Para o filósofo, trata-se de garantias gerais, estabelecidas diferentemente dos fatos que são apresentados como dados. À medida que recorremos aos dados de forma explícita, a esta é possível recorrer de maneira implícita (Toulmin, 2006).

Porém, para que o argumento possa ser considerado completo, pode-se inserir um Qualificador modal (Q). Segundo Mendonça e Justi (2013, p. 191), este refere-se ao “elemento que qualifica a conclusão em função da ponderação entre os elementos de justificativa e refutação”. Trata-se de palavras ou frases que indicam o nível de certeza do locutor, tais como: possivelmente, certamente, dentre outras. Para Nascimento e Vieira (2009), o qualificador é o elemento responsável por decidir a continuação ou o término de uma situação argumentativa, sendo possível percebê-lo como responsável por estabelecer o aspecto dialogal no Padrão de Toulmin.

Além disso, Nascimento e Vieira (2009, p.21) salientam que, por trás da justificativa (ou garantia), existem outros suportes, “sem os quais nem as próprias garantias teriam vigência ou autoridade”. Por conseguinte, às vezes, é necessário explicitar as circunstâncias nas quais a garantia apresentada pode ser ou não considerada válida como suporte para a conclusão; para isso, é utilizado um Refutador (R). Garcia-Milla *et al.* (2013) consideram que a presença de refutadores pode ser percebida como indicativa de uma boa qualidade de argumento, pois eles expressam a percepção do locutor acerca das limitações das suas conclusões, de modo a se resguardar de possíveis contra-argumentos.

Além dos elementos já citados, a garantia de inferência (também identificada por alguns autores como justificativa), que apresenta um caráter hipotético, pode ser apoiada em uma alegação categórica baseada em uma lei ou teoria, denominada de “backing” ou conhecimento básico (B). Portanto, B é um elemento de apoio à garantia, sendo expresso na forma de afirmações categóricas baseada em leis jurídicas ou científicas (Sá e Queiroz, 2007).

Em se tratando do Ensino de Ciências, Jiménez–Aleixandre *et al.* (2000) destacam que a flexibilidade do modelo proposto por Toulmin (2006) é uma vantagem na compreensão de argumentos apresentados por alunos em salas de aula, visto que, a forma pela qual estudantes apresentam suas justificativas, crenças, explicações e ações pode derivar de contextos diferentes.

A argumentação como uma prática epistêmica

As pesquisas que discutem sobre aspectos epistemológicos no Ensino de Ciências têm, mais recentemente, o interesse em mostrar como os alunos se apropriam de aspectos inerentes à produção e legitimação de conhecimentos ao longo de atividades investigativas, já que a aprendizagem em Ciências envolve uma aprendizagem epistêmica.

Kelly e Duschl (2002), ao examinarem práticas situadas em comunidades científicas particulares, e as formas como

questões relativas à criação, transmissão, justificação e avaliação do conhecimento eram atenciosamente investigadas por meio de processos sociais, chegaram a uma definição de práticas epistêmicas.

De acordo com Kelly (2005), uma comunidade justifica o conhecimento por meio de práticas sociais, sendo essas práticas constituídas por conjuntos padronizados de ações realizadas por membros de um grupo com propósitos, valores, ferramentas e significados culturais compartilhados. Quando tais padrões dizem respeito ao conhecimento, são denominados de práticas epistêmicas. Nessa perspectiva, torna-se necessário compreender o que conta como conhecimento para uma comunidade particular, considerando uma mudança na percepção do sujeito epistêmico, que passa de conhecedor individual para um grupo social relevante (Kelly e Licona, 2018).

Assim, ao situar o sujeito epistêmico em um grupo social relevante de conhecedores, Kelly e Licona (2018) sugerem uma visão de aprendizagem condizente com a socialização do modo de ser, conhecer, interagir e participar. A aprendizagem ocorre, portanto, por meio do engajamento e participação em práticas epistêmicas pelos alunos. O professor é responsável por promover o envolvimento dos alunos em tais práticas por meio de atividades que fomentem a construção do conhecimento.

Práticas epistêmicas são definidas como formas socialmente organizadas e interacionalmente desenvolvidas pelas quais membros de um grupo propõem, comunicam, avaliam e legitimam asserções do conhecimento (Kelly e Licona, 2018). Tais práticas são centrais para a Ciência e para a Educação em Ciências, podendo ser estudadas em situação de investigação durante as aulas. Para que isso ocorra, é necessário investigar o discurso dos alunos quando envolvidos em atividades investigativas.

Ao longo de uma investigação os alunos desenvolvem práticas em prol da resolução de uma questão, as quais são negociadas coletivamente e se instauram retroalimentando-se entre si. Desde o início de uma atividade investigativa, com a elaboração de uma questão e *design* de experimento, passando à produção e interpretação de dados, até que se alcance a negociação e legitimação de conclusões diante de uma audiência, tem-se práticas epistêmicas que são necessariamente requeridas e desenvolvem-se desencadeando outras subsequentes.

Entendemos que a argumentação pode ser percebida em vários momentos do processo investigativo, todavia, tendo em vista o conhecimento produzido em prol das questões investigativas, a argumentação torna-se evidente quando se busca legitimar tal conhecimento por meio de um movimento analítico e/ou persuasivo. Tal movimento tem como foco a percepção da coerência entre as conclusões alcançadas e os dados obtidos ou evidências experimentais, mediante um arcabouço teórico (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2008). Nesse sentido, a argumentação pode ser percebida como uma prática epistêmica sofisticada que se alimenta daquelas que, naturalmente, lhes antecedem no processo de investigação.

A consistência da argumentação em prol da construção e legitimação de um conhecimento, na perspectiva da Ciência, presume bons procedimentos de coleta, tratamento e interpretação de dados, sem os quais as conclusões elaboradas careceriam de elementos justificatórios que lhes dessem sustento. Tendo como base o Padrão de Argumento de Toulmin (2006), as práticas epistêmicas que colaboram para uma boa argumentação devem fornecer elementos que funcionem como dados, garantias de inferência e conhecimentos de base, dentre outros, os quais articulados entre si proporcionam uma boa estrutura argumentativa.

Kelly e Licona (2018) apresentam categorias que representam práticas epistêmicas inseridas nas instâncias sociais de proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento. Trabalhos anteriores, tais como os de Sandoval *et al.* (2000), Sandoval e Reiser (2004) e Jiménez-Aleixandre *et al.* (2008), este último com base no trabalho de Kelly (2005), também propuseram categorias nessa direção.

De acordo com Kelly e Licona (2018), a instância social de proposição do conhecimento compreende as atividades que ocorrem, geralmente, no início de um ciclo investigativo ou mesmo no início de uma determinada fase de tal ciclo, quando os alunos articulam os próprios saberes ao planejar e executar ações para obtenção de dados. Portanto, é nessa instância que os alunos fazem observações, elaboram questões e hipóteses, planejam investigações voltadas a tais questões, realizam experimentos, obtêm e registram os dados produzidos e elaboram modelos.

Na instância social de comunicação, os alunos buscam interpretar e dar significados aos dados, sendo esses representados por meio de diferentes linguagens. Os alunos desenvolvem uma linha de raciocínio científico, negociam explicações baseadas em raciocínio e evidências e comunicam tais explicações oralmente ou por escrito, por meio de relatórios, por exemplo. (Kelly e Licona, 2018; Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2008).

A instância social de avaliação do conhecimento envolve avaliar procedimentos e conhecimentos produzidos ao longo da investigação. Nesse sentido, avaliam-se os méritos de uma afirmação, dados ou modelos, bem como uma linha de raciocínio ou explicação científica. Na instância de legitimação, por fim, busca-se construir consenso de grupo para as explicações científicas e reconhecer um conhecimento como relevante para a comunidade epistêmica.

Consideramos que é possível perceber a argumentação para o conhecimento produzido, tendo em vista as questões investigativas, nas instâncias sociais de comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento, ou seja, sempre que os alunos ponderarem sobre a coerência de suas explicações e conclusões, contrastando-as com evidências teóricas e experimentais e com as dos demais colegas. Isso vale tanto para o debate em torno de questões científicas quanto sóciocientíficas.

Torna-se, assim, nítida a variedade de práticas epistêmicas que se alteram conforme os objetivos pedagógicos relevantes

e a natureza da investigação desenvolvida. O Quadro 1, a seguir, apresenta exemplos de práticas epistêmicas em relação às instâncias sociais de proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento. Nele, evidenciamos as práticas que correspondem mais intimamente à argumentação relacionadas ao conhecimento produzido em uma investigação. Também indicamos (em *itálico*) as práticas que mais nitidamente foram desenvolvidas pelos participantes da nossa pesquisa, conforme discutiremos oportunamente.

Quadro 1: Exemplos ilustrativos de práticas epistêmicas

Instâncias sociais	Exemplos ilustrativos de práticas epistêmicas
Proposição	Elaborar questões científicas. <i>Planejar investigações científicas para responder questões.</i> <i>Pressupor evidências relevantes na investigação - elaborar hipóteses.</i> <i>Fazer observações.</i> <i>Construir dados.</i>
Comunicação	Desenvolver uma linha de raciocínio científico. <i>Fornecer uma justificativa disciplinar específica para uma asserção do conhecimento - Argumentar.</i> <i>Escrever um artigo ou relatório científico.</i> <i>Construir uma explicação científica.</i> Comunicar verbalmente uma explicação científica. <i>Construir um argumento científico baseado em evidências e raciocínios.</i>
Avaliação	Avaliar os méritos de uma afirmação, evidência ou um modelo científico. Avaliar uma linha de raciocínio científico. Avaliar uma explicação científica. Avaliar o conhecimento produzido – coordenando teoria e evidência – Argumentar. Considerar explicações alternativas.
Legitimação	Construir consenso de grupo para explicações científicas – Argumentar. Construir valores para escolha de explicações que mais se aproximam das concepções cientificamente aceitas- Argumentar. Reconhecer o conhecimento relevante para a comunidade epistêmica.

Fonte: Adaptado de Kelly e Licona (2018) e Jiménez-Aleixandre *et al.* (2008).

O Quadro 1, considerando a estrutura proposta por Kelly e Licona (2018), acrescenta a esta última a prática de argumentação em investigações científicas, em diferentes instâncias sociais. Ressalta-se, ainda, que tal Quadro não apresenta de forma exaustiva as práticas epistêmicas, dada a infinidade que estas podem alcançar, haja vista a variedade de investigações em sua estrutura e natureza. Além disso, é possível considerar que as práticas apontadas neste Quadro podem se desdobrar em práticas mais específicas, envolvendo uma subclassificação

(Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2008). Por exemplo, “planejar investigações” e “construir dados” certamente envolvem uma variedade de práticas epistêmicas ligadas a estas mais abrangentes; todavia, não iremos nos aprofundar nesse aspecto neste artigo.

Aspectos Metodológicos

Os dados obtidos nesta pesquisa foram provenientes da aplicação de uma SEI intitulada “Contribuições da Química Forense na investigação de crimes com armas de fogo”. Tal SEI foi aplicada pela professora/pesquisadora a estudantes do curso de Química Licenciatura de uma Instituição de Ensino Superior pública da região Nordeste, os quais estavam matriculados na disciplina Metodologia e Instrumentação para o Ensino de Química.

Contamos com 23 participantes, sendo que todos, ao concordarem em participar da pesquisa, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) permitindo o uso de filmagens e gravações em áudios, como meio de coletar dados para uma posterior análise, desde que suas identidades fossem preservadas.

A SEI foi desenvolvida em um laboratório de Química Geral da instituição de ensino. Todas as atividades propostas foram realizadas em grupos. Os 23 participantes organizaram-se em 3 grupos, sendo 2 com oito componentes e 1 com sete. Apesar de os alunos participarem ativamente das discussões ao longo da SEI, é necessário frisar que apenas 17 deles se comprometeram a responder os questionários disponibilizados no roteiro da sequência.

A Elaboração e Aplicação da Sequência de Ensino Investigativa

Na elaboração da SEI propomos partir de uma problemática que tivesse potencial para estimular a argumentação e o surgimento de práticas epistêmicas. Além disso, buscamos, na aplicação da SEI, gerar espaço para discussão com os licenciandos em Química sobre a inserção de atividades investigativas em sala de aula, tendo como tema a Química Forense.

Nossa proposta didática foi elaborada de acordo com o ciclo investigativo de Pedaste *et al.* (2015) e possui duração aproximada de quatro horas. Pedaste *et al.* (2015), ao realizarem uma revisão de literatura com o propósito de identificar elementos essenciais do ensino por investigação já publicados, propuseram um modelo de ciclo investigativo, o qual é composto de fases e subfases em que as atividades propostas se organizam de forma encadeada, caracterizando um processo de investigação científica. Todavia, vale ressaltar que o ciclo proposto não se trata de um plano rígido a ser seguido, de modo que a suas fases podem se alternar em diferentes formas a depender da investigação. A seguir, descreveremos brevemente as fases que o compõem:

Fase de Orientação - Consiste no processo de estimular o interesse e a curiosidade dos estudantes em relação a um problema ou tópico que poderá ser trabalhado durante as aulas. Nesta fase também são exploradas as concepções prévias dos estudantes.

Fase de Conceitualização - Envolve a compreensão de conceitos pertencentes ao problema ou tópico declarado na fase anterior. Nesta fase é gerada a questão de pesquisa ou formuladas perguntas mais abertas em um determinado domínio do conhecimento, como também possíveis hipóteses.

Fase de Investigação - É considerada a fase na qual a curiosidade é transformada em ação para responder à questão de pesquisa e testar hipóteses. Tal fase envolve planejamento, exploração e/ou experimentação, coleta e análise de dados.

Fase de Conclusão - Nesta fase, os aprendizes consideram as suas questões e hipóteses e analisam se elas foram respondidas, tendo em vista os resultados do estudo. É o momento em que são apresentadas as conclusões básicas do estudo, podendo-se alcançar novas percepções teóricas.

Fase de Discussão - Envolve as subfases **Comunicação e Reflexão**. A **Comunicação** pode ser percebida como o processo de apresentar resultados, comunicar descobertas e conclusões para outros participantes e receber destes últimos os feedbacks e comentários. Já a **Reflexão**, vista como um processo interno, envolve análise e avaliação de todas as etapas do ciclo ou uma fase específica deste como, por exemplo, o sucesso ou não da investigação realizada. Para isso, diversas atividades, como a redação de um diário ou narrativa e perguntas norteadoras podem servir como suporte. A fase de discussão pode acontecer em um momento particular do ciclo ou permear as suas diferentes fases.

A SEI aqui discutida buscou responder à seguinte questão: Quem matou José? A questão relaciona-se a um caso fictício apresentado na forma de narrativa, conforme será discutido. Para melhor explicitarmos o desenvolvimento da proposta didática, subdividimo-la em três etapas, apontando quais fases do ciclo encontram-se presentes em cada uma delas, como descrito a seguir:

Etapa 1 - fases de orientação e conceitualização - Inicialmente, a proposta didática foi apresentada aos participantes da SEI. Para conhecer as concepções dos estudantes sobre Ciência Forense, os mesmos foram convidados a assistir a um vídeo da Discovery Brasil (2018) (<https://www.youtube.com/watch?v=zEJJeOu0p8E>), com duração de 5 minutos e 48 segundos, cujo teor referia-se a um caso de assassinato, por arma de fogo, de três membros do mesmo grupo familiar. Após exibição do vídeo, os estudantes responderam aos seguintes questionamentos presentes no roteiro da SEI:

- 1 - Supondo que vocês sejam policiais e devam investigar o caso mostrado no vídeo, que procedimentos tomariam? Elenquem e descrevam cada um deles.
- 2 - Considerando a resposta à questão anterior, vocês acreditam que a química está envolvida na resolução da proposta? Justifiquem sua resposta.

A partir das discussões geradas pelas respostas dos estudantes, a pesquisadora explicou a eles como é realizada uma investigação que envolve homicídio e retomou à resolução do caso apresentado, fazendo uso de um segundo vídeo (<https://www.youtube.com/watch?v=LB0BOZcfCnc>), também da Discovery Brasil (2018), com duração de 8 minutos e 10 segundos. Por meio desse vídeo, os estudantes tiveram a oportunidade de observar como a polícia chegou ao responsável pelo crime, identificando cada uma das etapas da investigação policial discutidas durante a aula, além de algumas técnicas da Ciência Forense.

Dando prosseguimento às atividades, foi realizada a leitura do texto “Química Forense: utilizando métodos analíticos a favor do Judiciário”, o qual possibilitou uma discussão acerca do surgimento da Química Forense e suas técnicas de investigação, de forma mais detalhada.

Esse primeiro momento da SEI serviu para que a professora/pesquisadora explorasse as concepções prévias dos estudantes e os instigasse a se engajar nas atividades que seriam desenvolvidas, além de introduzir conhecimentos necessários para a atividade investigativa requerida na etapa seguinte.

Etapa 2 - fases de conceitualização e investigação – Na segunda etapa, os alunos planejaram e desenvolveram uma experimentação de cunho investigativo, na tentativa de solucionar um caso hipotético (Quadro 2) envolvendo uma tentativa de assalto que resultou em um assassinato. Desta forma, os estudantes buscam responder à questão central da SEI (Quem matou José?), avançando na compreensão de técnicas e conceitos da Química Forense, em casos envolvendo o uso de armas de fogo.

Quadro 2: O caso fictício de assassinato

Quem matou José?
1 - Numa tentativa frustrada de roubo a um “carro forte” Chico, Mateus e Francisco, durante a fuga, atiram com uma arma de fogo contra os seguranças que reagiram ao assalto. Um dos tiros acabou atingindo o segurança José que, apesar de ter sido socorrido, não resistiu aos ferimentos e faleceu. Algumas horas depois, os três assaltantes foram identificados, capturados e levados à delegacia. No local onde os suspeitos foram encontrados, a polícia coletou mochilas, capuzes e roupas que os mesmos utilizaram no momento do assalto, como possíveis provas. Porém, a arma utilizada no crime não foi encontrada. Todos negaram a autoria do disparo que ocasionou a morte do segurança. E agora, quem matou José?
Questionamento:
1 - Você seria capaz de elaborar algum esquema procedimental, considerando os conhecimentos da Química, para chegar até o suspeito? Discuta.

Fonte: os autores, 2020.

Após a questão acima (Quadro 2) ser apresentada, a professora/pesquisadora escutou dos estudantes possíveis formas de solucionar o caso e realizou uma breve discussão sobre o texto: “Entendendo o que acontece quando uma arma de fogo é

disparada”, de modo a permitir que eles avançassem no sentido de propor formas de indicar o possível assassino.

Tendo sido explicitado o mecanismo de funcionamento de uma arma de fogo aos estudantes, estes foram solicitados a realizar uma pesquisa na internet sobre os procedimentos adotados pela polícia para identificar possíveis vestígios de disparos e elaborar uma forma de solucionar o caso do assassinato apresentado. Neste momento da SEI, os estudantes já tinham conhecimento de que o teste realizado nesses casos consistia na identificação de íons ou fragmentos de chumbo no corpo e nas vestes do atirador.

A professora/pesquisadora disponibilizou três amostras de tecidos de algodão para cada grupo, sendo que uma dessas amostras havia sido propositalmente contaminada com uma solução de acetato de chumbo a 1% (para representar os fragmentos de chumbo). Além disso, disponibilizou aos alunos, reagentes e vidrarias necessários à experimentação, tais como: béquer, conta-gotas, papel filtro, fita adesiva, pinças, vidro de relógio, água destilada e solução de rodizonato de sódio a 0,2%.

Os grupos deveriam elaborar um procedimento (em forma de relatório) e descobrir, fazendo uso das possíveis provas (no caso, os tecidos) disponibilizadas e de conhecimentos científicos, qual dos três suspeitos (Chico, Mateus ou Francisco) poderia ser indicado como culpado pelo crime, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3: Atividade investigativa - Identificação de vestígios do disparo a partir de Exame Residuográfico.

Quem matou José?
PROCEDIMENTO:
Agora que sabemos que no momento do disparo de armas de fogo são deixados vestígios no local do crime e no próprio atirador e conhecendo também que existem testes químicos que podem identificar esses vestígios, vamos à investigação.
Suponha que você é o perito responsável pela investigação da morte de José. Elabore e desenvolva com seu grupo um plano para identificar o culpado pela morte do segurança, considerando as roupas deixadas pelos bandidos em local próximo ao crime. Vocês receberão de sua professora pedaços de tecidos que representam partes da roupa de cada um dos fugitivos. Tais tecidos são as amostras a serem submetidas à análise.
Descreva os materiais utilizados (reagentes e vidrarias), os procedimentos a serem adotados, os referenciais teóricos utilizados e as conclusões a que chegaram, justificando-as.

Fonte: os autores, 2020.

Etapa 3 - fase de conclusão - No terceiro momento, após os grupos terem elaborado, testado e discutido seus procedimentos, bem como comunicado e debatido os resultados obtidos, de acordo como o que lhes foi solicitado na etapa anterior, pode-se trabalhar alguns conceitos químicos, tais como reação química e formação de complexos. Tratou-se de uma aula expositiva e dialogada, com o objetivo de sistematizar tudo que foi discutido

no decorrer da sequência e trabalhar alguns conceitos científicos com os estudantes, mostrando possíveis formas pelas quais a Química pode auxiliar à justiça na investigação e elucidação de crimes. Nesta etapa, também foi realizada uma discussão com os estudantes sobre a estrutura da SEI e seu potencial para o desenvolvimento da argumentação e práticas epistêmicas.

Procedimentos para coleta e análise dos dados

Para realização desse estudo, além dos questionários que fizeram parte do material instrucional, os dados também foram produzidos a partir de gravações em vídeo, sendo estas posteriormente transcritas. As transcrições foram feitas na íntegra, sem alteração das falas dos sujeitos da pesquisa. Após o processo de transcrição, a SEI foi recortada em episódios, com a finalidade de que fossem selecionados para análise aqueles mais relevantes de acordo com os objetivos da pesquisa.

Para analisar os argumentos orais e escritos elaborados pelos alunos, foi utilizado, como ferramenta analítica, o Padrão de Argumento de Toulmin (TAP). Para identificar as práticas epistêmicas que surgiam nas ações dos alunos, consideramos as categorias apresentadas no Quadro 1, as quais foram propostas por Kelly e Licona (2018) e Jimenez-Aleixandre *et al.* (2008).

Resultados e Discussões

Análise das concepções prévias - Etapa 1 da SEI

No primeiro momento da aula, a fim de explorar as concepções prévias dos estudantes sobre Química Forense, a professora informou que eles assistiriam a um vídeo, com duração aproximada de 6 minutos, o qual tratava de um “caso de assassinato de três membros de uma mesma família”. A principal motivação para tal crime envolvia uma disputa por herança. Ressalta-se que, durante o assassinato, apenas as vítimas encontravam-se na residência que havia sido invadida pelo assassino. Por ter havido várias desavenças entre membros daquele grupo familiar, anteriormente aos assassinatos, a polícia teve algumas dificuldades para descobrir o verdadeiro culpado.

Após a exibição do vídeo, foi solicitado aos estudantes que respondessem a questionamentos (ver pg. 22) o que nos possibilitou enxergar se eles possuíam alguma noção sobre como é realizada uma investigação de homicídios e se consideravam que a Química poderia vir a contribuir em tais casos. A discussão desenvolvida permitiu aos estudantes exporem seus argumentos quanto a uma possível resolução do caso abordado no vídeo. Vejamos a seguir:

Então pessoal, vamos discutir? Todos já responderam? Que procedimentos vocês tomariam para resolver o caso? (**Professora**)

Bom! Primeiro eu iria pegar as cápsulas das munições que tivessem no local, e veria qual o tópico

de série, para ver qual a arma utilizada no crime e que estaria ligada totalmente com o dono da arma, já que ele seria praticamente o assassino (**Aluno 3**).

É (pausa), primeiro analisaria o histórico de cada um dos suspeitos e verificaria com a vizinhança se eles viram alguma movimentação estranha de alguém conhecido ou desconhecido pelo local (**Aluno 9**).

Procurar se havia sinais de arrombamento nas portas, porque se não houver é porque alguém tinha as chaves ou acesso a casa (**Aluno 6**).

É possível observar que, nesse excerto de discussão na fase inicial da SEI, aparecem nos enunciados de alguns alunos pontos de vista justificados, os quais se constituem em argumentos. O estudante A3, por exemplo, informou que recolheria as cápsulas de munições utilizadas no crime e dispostas no local com o objetivo de conferir o número de série da arma e chegar ao possível dono da mesma, o qual seria o principal suspeito. Com relação à estrutura do enunciado de A3, temos um argumento composto por dados implícitos, conclusão e garantia de inferência.

A conclusão corresponde ao procedimento que tomaria para chegar ao suspeito do crime (o recolhimento das cápsulas de munições para análise) e, a garantia de inferência, que dá suporte a tal conclusão, corresponde à ideia de que o dono da arma seria, praticamente, o assassino. Com relação ao dado, elemento que não aparece explicitamente no texto do aluno, podemos considerar que se trata do caso do assassinato em si mesmo, ou seja a morte de três pessoas por arma de fogo. Trata-se, portanto, de um dado implícito, o qual não aparece na resposta do aluno, mas no enunciado que se refere à questão proposta. Vejamos, a seguir, o argumento do participante A3 (Figura 2).

Apesar de A3 não conseguir explicar corretamente a sua ideia, uma vez que as cápsulas de munições não apresentam o número de série da arma que as deflagrou, o enunciado do aluno apontou para uma possível análise balística, considerando que, em crimes que envolvem disparos de armas de fogo, a munição é a principal prova a ser estudada, ou seja, a partir da análise dos projéteis encontrados nas vítimas e no local do crime, seria possível ter uma ideia do tipo de arma que efetuou o disparo. Entretanto, a professora/pesquisadora considerou continuar ouvindo as respostas dos demais participantes e, posteriormente, ao final da discussão, explicou o que vinha a ser balística e o porquê dessa técnica de investigação da Ciência Forense desempenhar um papel tão importante em casos como o apresentado no vídeo. Além disso, discutiu como são realizados os confrontos balísticos e a análise dos resíduos provenientes do disparo e como são realizadas as investigações de homicídios que envolvem disparos de armas de fogo.

Outro enunciado que também chama atenção é o do aluno A6. No argumento elaborado por esse participante, constata-se a presença de garantia de inferência e conclusão, isso ao

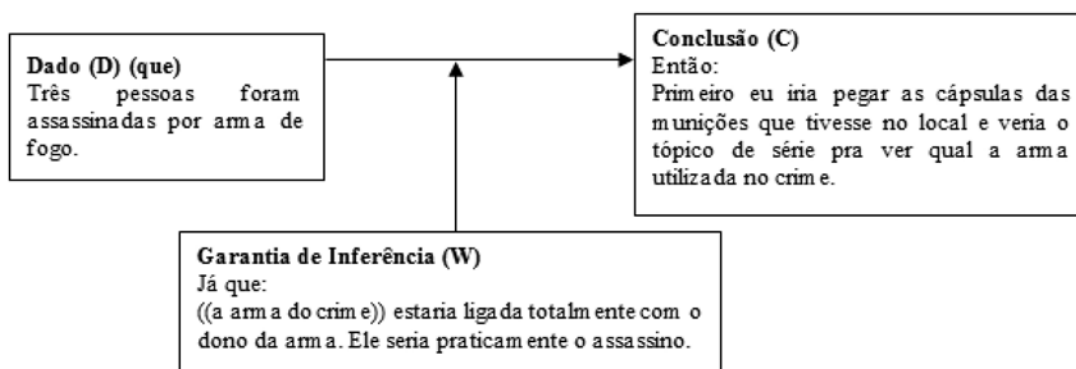


Figura 2: Esquema dos elementos presentes no argumento do aluno A3. Fonte: os autores, 2020.

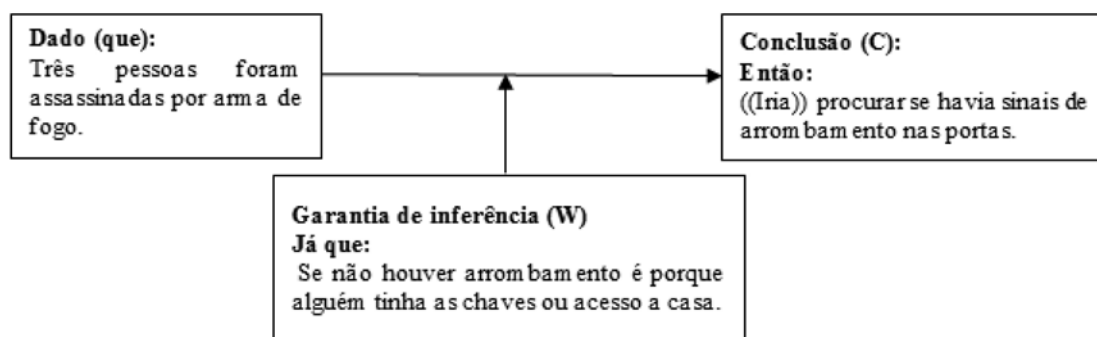


Figura 3: Esquema dos elementos presentes no argumento do aluno A6. Fonte: os autores, 2020.

considerarmos o mesmo dado implícito utilizado por A3. Vejamos, a seguir, a estrutura (Figura 3) do argumento elaborado por A6.

A6 considera a possibilidade de o assassino ser alguém que tivesse acesso à residência, não precisando, portanto, arrombar a porta para isso. O enunciado pronunciado pelo aluno A9, por sua vez, não se constitui em um texto argumentativo, visto que não representa um ponto de vista justificado. Nesse sentido, a conclusão não é sustentada por garantias de inferência como acontece nas respostas de A3 e A6.

Posteriormente a essa discussão inicial, conforme informamos, os estudantes assistiram a um outro vídeo, cujo teor referia-se à resolução do caso de homicídio abordado no primeiro. Foi solicitado que, nesse momento, os alunos prestassem atenção em todas as etapas de investigação adotada pela polícia na resolução dos crimes (já que foram três assassinatos por arma de fogo), e apontassem se a Ciência Forense contribuiu na busca pelo culpado. Todos conseguiram identificar que, de fato, alguns conhecimentos da Ciência foram adotados na investigação dos homicídios abordados no vídeo, especialmente nas análises balísticas realizadas nas armas de fogo de um dos suspeitos.

O trabalho com a atividade investigativa e a análise das práticas epistêmicas

Justificamos a escolha dessa etapa da SEI para analisar as práticas epistêmicas, por se tratar do momento no qual os estudantes teriam que apresentar uma maior autonomia

para desenvolver a atividade proposta, no sentido de planejar procedimentos, levantar hipóteses, coletar e analisar dados e fazer uma correlação com o conhecimento químico até chegar à resolução do caso proposto.

Ao observar as ações desenvolvidas pelos estudantes nessa etapa da SEI, verifica-se a ocorrência de práticas epistêmicas relacionadas às instâncias de proposição e comunicação do conhecimento, considerando o conjunto de categorias apresentado no Quadro 1.

Conforme discutimos, a questão utilizada na atividade investigativa, nessa etapa da SEI, resultou de uma história fictícia de assalto que culminou na morte de uma vítima. Os estudantes foram convidados a solucionar tal caso, fazendo uso de alguns dados fornecidos pela professora/pesquisadora e de conhecimentos da Química que eles deveriam possuir para aquela etapa do curso. O questionamento realizado pela professora, logo após a apresentação da atividade que trazia a história fictícia de assassinato foi a seguinte: Você seria capaz de elaborar algum esquema procedimental, considerando os conhecimentos da Química, para chegar até o suspeito? Discuta.

Após solicitar dos alunos a elaboração de um roteiro experimental, a professora/pesquisadora inicia uma discussão na aula, com o intuito de saber quais os procedimentos que eles executariam, e se fariam uso de conhecimentos científicos na resolução do caso. Observando as respostas dadas para a questão acima, nota-se que os estudantes já conseguiam elencar alguns procedimentos da Ciência Forense dentro de uma linha de raciocínio investigativo para resolver o caso, mas ainda não conseguiam

elaborar etapas nítidas de análises que os possibilitassem de fato a chegar ao culpado pelo crime. Vejamos alguns exemplos:

“Recolheria os vestígios e faria uma análise através do procedimento de solubilidade dos metais através da pólvora que poderia ter da arma p/ a partir disso saber qual foi o tipo de material envolvido, para poder comparar depois com os dados (Aluno 2) ”.

“Sim, em algumas reações com o chumbo (Pb) há mudanças características de cor. Isto seria possível após o estudo balístico para saber qual projétil deveria ser analisado, tomando como base a ideia de que fragmentos do material também fossem encontrados nas vestes dos suspeitos. Analisar os resquícios da bala no corpo de José e nas vestes e no corpo dos suspeitos (Aluno 7) ”.

Observando que, durante a discussão realizada e nos planejamentos apresentados pelos alunos, a maioria apontava para a análise de resquícios de pólvora nos suspeitos, a professora explicitou o mecanismo do disparo de uma arma de fogo, dando ênfase ao processo de expansão dos gases que ocorre no interior da arma, quando esta tem seu gatilho acionado, o que é responsável por expelir o projétil e pela liberação de vestígios de gases, como CO_2 e SO_2 , e outros resíduos (compostos inorgânicos como partículas de chumbo, nitrito, dentre outros). Além disso, destacou que o procedimento adotado pela perícia científica consiste na detecção de íons ou fragmentos de chumbo nas mãos e/ou vestes dos suspeitos.

Após explanação sobre o funcionamento de armas de fogo, a professora solicitou aos estudantes que se organizassem em três equipes e pesquisassem na internet uma forma de identificar vestígios de disparo a partir de exame residuográfico e, ainda, que os mesmos elaborassem, em seguida, um roteiro experimental mostrando como procederiam para identificar possíveis resíduos de chumbo nas amostras de tecidos (representando as vestimentas utilizadas pelos suspeitos no momento do crime), estando cada uma delas com o nome do respectivo suspeito.

Uma das pesquisadoras responsáveis pela elaboração da SEI, acompanhou alguns grupos durante o planejamento do experimento, buscando sempre instigar os estudantes a explicitar as concepções que davam sustento aos seus propósitos. Em um desses grupos, observamos que houve uma maior discussão entre a pesquisadora e os participantes. Observe, a seguir, no Quadro 4, um trecho da discussão entre a professora e tal grupo, no momento de elaboração do *design* experimental.

As transcrições do Quadro 4 possibilitam identificar que as práticas epistêmicas observadas relacionam-se à instância social de “proposição” do conhecimento, sendo elas: “planejar investigações científicas para responder questões” e “pressupor evidências relevantes na investigação - elaborar hipóteses”.

Quando o grupo 2 é questionado sobre a elaboração de um roteiro experimental, o Aluno 8 (A8) responde que eles iriam

realizar a coleta de chumbo e, posteriormente, explica como essa coleta seria feita.

Observa-se, a partir da fala do estudante, a preocupação e o cuidado do grupo ao elaborar estratégias para a coleta de dados, configurando um esquema envolvendo o uso de fita adesiva e papel de filtro umedecido para capturar possíveis vestígios de chumbo dos tecidos. Os estudantes planejaram colar pedaços do papel de filtro em três fitas adesivas (cada um para uma amostra de tecido) e umedecer esses papéis com água destilada. Após essas fitas terem sido fixadas, ao mesmo tempo, nas amostras dos tecidos, seriam retiradas e transferidas para um vidro relógio e, nos papéis, seria borrifada a solução de rodizonato de sódio a 0,2%. A presença de vestígios de chumbo seria evidenciada por uma mudança de coloração no papel de filtro (com a formação de pequenos pontos avermelhados).

Quando questionados sobre o porquê da necessidade de umedecer o papel antes da coleta, o aluno 8 responde que isso seria para que os componentes (referindo-se aos íons chumbo) se solubilizassem na água que impregnava o papel. O grupo também considerou a possibilidade de haver resíduos de chumbo em mais de uma amostra de tecido e, assim, aquele tecido que estivesse mais impregnado do material (indicado por uma maior pigmentação) seria o do principal suspeito do assassinato. Nesse sentido, os estudantes planejaram colocar os papéis de filtro umedecidos ao mesmo tempo sobre cada tecido e aí permanecerem o mesmo intervalo de tempo, de modo que tivessem a mesma oportunidade de capturar os fragmentos de chumbo.

Podemos constatar, na exposição de A8, uma articulação entre conhecimento técnico e conceitual para execução de suas ações. O estudante faz uso de conceitos científicos, tais como solubilidade e reação química, como forma de explicitar a necessidade de umedecer o papel de filtro para proceder na coleta e verificar a evidência de ocorrência de reação, de forma a identificar a presença de chumbo no(s) tecido(s). Podemos entender tal articulação entre conhecimento técnico e conceitual como uma prática epistêmica específica inserida na prática mais abrangente de planejamento de investigação. Tal prática, aliada à pressuposição de evidências, foi preponderante diante das demais performadas pelos estudantes ao longo da SEI.

É importante atentarmos para o papel desenvolvido pela professora durante as intervenções realizadas no grupo. Suas intervenções acabaram por fazer com que fossem explicitadas as concepções dos alunos que poderiam vir a compor um argumento consistente referente à questão sobre quem teria cometido o crime. Nesse sentido, é possível perceber o investimento da professora em fazer com que os alunos explicitassem os conhecimentos teóricos que davam suporte às suas ações no laboratório, a fim de que fossem garantidos, além dos dados (gerando evidências experimentais), os conhecimentos de base que sustentariam as garantias de inferência nos argumentos que construiriam para justificar o suspeito pelo assassinato. Como o provável assassino estaria ligado ao tecido com maior coloração vermelha, devido a uma reação do rodizonato com os íons Pb^{2+} ,

Quadro 4: Discussão da professora com o grupo 2 no início da atividade investigativa.

PARTICIPANTES	DISCUSSÃO	PRÁTICAS EPISTÊMICAS
PROFESSORA	Qual o procedimento? O que vocês planejaram fazer?	Planejando investigações científicas para responder questões.
ALUNO 8	Então o procedimento é o seguinte: coleta de chumbo, primeiramente...	
PROFESSORA	Pode falar, fique à vontade!	
ALUNO 8	Não, então é isso, a gente fez esse esqueminha aqui com a fita adesiva, pra não precisar tá segurando a todo momento, né? É com o papel que seria umedecido e colocar sobre os tecidos, a partir disto.	
PROFESSORA	E pra quê você tem que umedecer o papel?	
ALUNO 8	Pra os componentes se solubilizarem na água e no papel.	
PROFESSORA	Papel filtro?	
ALUNO 8	Papel de filtro, isso exatamente! E aí, após feito isso, esperar um tempo, né, determinado pra cada um, que tem que ser o mesmo e depois, a gente vai gotear a solução do reagente que vai fazer a indicação do composto que vai estar presente no tecido ou não.	
PROFESSORA	Vocês já fizeram isso?	
ALUNO 8	Não, ainda não!	
PROFESSORA	Tá, um pouquinho assim, só para entender, parece igual, mas ele fica diferente (referindo-se ao tecido). No caso de vocês, vocês estão tentando fazer ao mesmo tempo?	
ALUNO 8	Exatamente. Porque, tipo, a depender do tempo que fique aqui, solubilize uma determinada quantidade de material, ou não. Então, tem que ser o mesmo tempo pra todos, pra saber se as quantidades são exatamente as mesmas, não porque, tipo, não dá pra ser exato.	
ALUNO 14	Não é isso não ALUNO 8. Vai fazer uma reação é porque a gente tá buscando chumbo, aí vai reagir, algum indício (pausa), como a gente tá buscando indícios de chumbo, alguma reação, esse reagente vai reagir em conjunto, e ele vai apresentar alguma coisa, a gente não sabe o que vai ser apresentado, é provavelmente isso.	Pressupondo evidências relevantes na investigação – elaborando hipóteses.
PROFESSORA	Provavelmente o quê?	
ALUNO 14	A mudança de coloração.	
PROFESSORA	[...] e aí provavelmente vai ter uma mudança de cor. Por que essa mudança de cor?	
ALUNO 14	Por causa da reação desse reagente aí com o chumbo.	
PROFESSORA	E vocês saberiam que cor seria?	
ALUNO 14	Avermelhado.	
PROFESSORA	Avermelhado, graças a que?	
ALUNO 14	A formação de um complexo.	

Fonte: os autores, 2020.

resultando na formação de um complexo orgânico, a professora busca explorar essa ideia com os alunos. Vejamos no Quadro 5.

Quadro 5: Discussão da professora com o grupo 2 durante a atividade investigativa.

PROFESSORA	E o que é um complexo?
ALUNO 20	Ah, complexo... é complexo o complexo!
ALUNO 8	Complexo é, não necessariamente uma ligação feita entre os átomos, é uma, uma (pausa) ... como é que vou dizer? É uma interação eletrostática entre os constituintes.
ALUNO 14	Nesse caso vai ser uma ligação iônica.
ALUNO 8	É. com o íon chumbo.
ALUNO 14	Do rodizonato com o chumbo, é ele vai formar um complexo.
ALUNO 8	Exatamente. Com o chumbo dois mais ((+2)), né?

Fonte: os autores, 2020.

Mediante o exposto, consideramos oportuno investigar os textos escritos elaborados pelos grupos, após a discussão apresentada nos Quadros 4 e 5, referente à questão que solicitava a descrição de um roteiro experimental para identificação do culpado pela morte do segurança. Vejamos o texto elaborado pelos participantes do grupo 2:

Foram coletadas 3 amostras de tecidos, cada uma com a identificação do seu respectivo dono (suspeito). A fita adesiva será colada no papel filtro, que será umedecido e posto em cima do tecido, serão 3 papéis filtros, um para cada pedaço de tecido que pertence a cada um dos suspeitos, que no caso são 3. O papel filtro será borrifado com rodizonato de sódio 0,2% a amostra que ficar vermelha, o dono do tecido da amostra do papel filtro será o possível culpado, já que a amostra ficou vermelha pela presença de pólvora. A reação química envolvida no processo consiste na

complexação de íons chumbo pelos íons rodizonato. O complexo resultante apresentará coloração avermelhada intensa, diferentemente da solução inicial, que apresentara coloração amarelada (Grupo 2).

Os participantes do grupo 2 tiveram todo cuidado ao elaborar seus procedimentos de modo a identificar o principal suspeito do assassinato, por meio de conhecimentos da Química. Entendemos que tal fato teve grandes contribuições das intervenções realizadas pela professora ao buscar que os participantes ficassem atentos a aspectos relevantes para obtenção dos dados da investigação.

A elaboração desse texto e de outros requeridos no material intracurricular da SEI constitui a prática “Escrever um relatório científico”, inserida na instância social de comunicação do conhecimento; todavia, esse fragmento ainda não se constitui em um texto argumentativo na perspectiva que discutimos, mas apenas uma descrição dos procedimentos planejados, os quais seriam depois colocados em prática. Ao final da atividade, com todas as respostas às questões propostas no roteiro, os estudantes teriam elementos para elaborar o relatório da prática.

Ressalta-se que o grupo, ao redigir o texto, cometeu um equívoco ao informar que “o dono do tecido da amostra do papel filtro será o possível culpado, já que a amostra ficou vermelha pela presença de pólvora”. A análise realizada consistia na identificação de íons ou fragmentos metálicos de chumbo, e não de pólvora, como citado pelos estudantes.

Etapa 3: Respondendo à questão central da SEI

Após todos os grupos terem elaborado, discutido, colocado em prática seus procedimentos experimentais e chegado ao principal suspeito do crime, a professora solicitou que eles respondessem aos seguintes questionamentos, presentes no roteiro da sequência: 1- Considerando a investigação desenvolvida, quem é o principal suspeito da morte de José? Justifique. 2- O

teste realizado pode ser utilizado para determinar qual dos três suspeitos foi responsável pela morte do segurança? Por quê?

Antes, porém, de discutirmos sobre as respostas obtidas a tais questionamentos, torna-se importante considerar que o desenvolvimento dos procedimentos cuidadosamente elaborados, como apresentado no Quadro 4, envolveram duas práticas epistêmicas inseridas na instância social de proposição do conhecimento: “fazer observações” e “construir dados”. Os alunos realizaram os procedimentos fazendo as observações necessárias e obtendo os dados como planejado. Comparando tais práticas com as anteriores (“planejar investigações científicas para responder questões” e “pressupor evidências relevantes na investigação - elaborar hipóteses”) observa-se que estas demandaram bem menos tempo que aquelas. Assim, se preparar todo *design* experimental, articulando conhecimentos técnicos e conceituais, envolveu muita discussão e consulta na literatura, isso não ocorreu com a obtenção de dados e sua interpretação pois, ao colocar a solução de rodizonato nos tecidos, rapidamente aquele com os resíduos de chumbo apresentou pontos avermelhados evidenciando o principal suspeito do crime, de forma incontroversa.

Portanto, quanto às respostas obtidas para a primeira questão, referente a quem poderia ser considerado culpado no caso hipotético de assassinato trabalhado durante a atividade investigativa, os 23 participantes apontaram para apenas um suspeito, enfatizando a questão de terem sido encontrados vestígios de chumbo na amostra de tecido que correspondia a tal sujeito (Mateus).

Ao analisarmos, por meio do TAP, as respostas escritas de 17 estudantes a tal questionamento, consideramos que em 8 delas havia dados, garantias de inferência, conclusões e conhecimento de base, este último de forma implícita, a exemplo do argumento elaborado pelo participante A16, como pode ser observado na Figura 4.

“Mateus. No teste realizado foi evidenciado uma coloração diferente no tecido de sua roupa. Ao

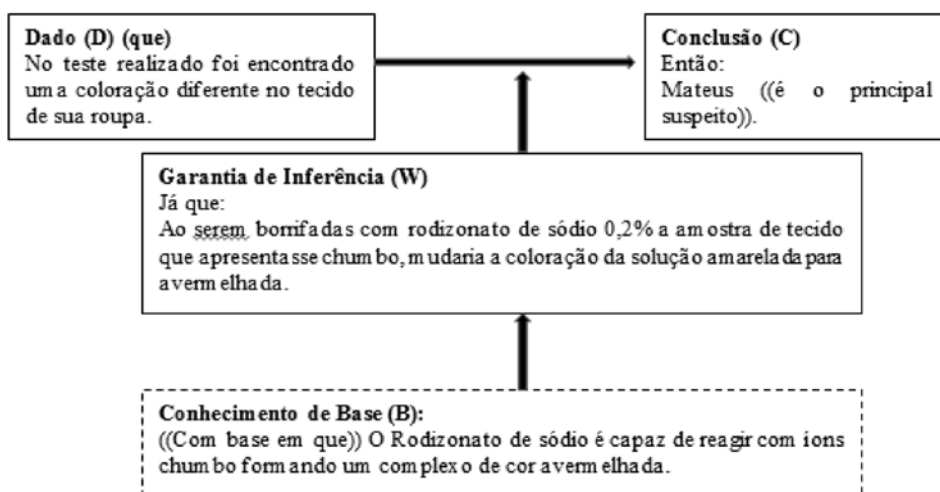


Figura 4: Esquema do argumento apresentado por A16. Fonte: os autores, 2020.

serem borrifadas com o rodizonato de sódio 0,2%, a amostra de tecido que apresentasse chumbo, mudaria a coloração da solução amarelada para avermelhada (A16)”.

Do argumento apresentado por A16, depreende-se que o conhecimento de base aparece de forma implícita na resposta do aluno, ao considerar que uma provável mudança de coloração no tecido seria resultante da reação entre o rodizonato de sódio com o chumbo. A16 faz uso dos conhecimentos anteriormente enfatizados em seu grupo, na discussão com a professora (Quadros 4 e 5), em que os estudantes informam que uma possível mudança de coloração, em uma ou mais amostras de tecido, seria resultado de uma reação química entre os íons chumbo com íons rodizonato, cujo resultado seria a formação de um complexo de coloração vermelha.

Diferentemente do argumento elaborado por A16, em 5 das respostas apresentadas pelos estudantes, a garantia de inferência apareceu de forma implícita, a exemplo dos sujeitos A9 e A17, sendo que em alguns enunciados proferidos não é possível a separação entre dados e garantias.

Observa-se que esses participantes não buscaram investir em uma argumentação com muitos detalhes. Tal fato pode ser novamente justificado pela discussão anterior, da professora com os alunos, à atividade investigativa (Quadro 4) em que estes investiram bastante na descrição do teste e dos conhecimentos químicos que sustentariam a indicação do suspeito pelo assassinato. De tal modo, possivelmente consideraram desnecessário recorrer novamente a tais conhecimentos quando elaboraram suas respostas. Vejamos:

“Mateus, por conta do teste realizado houve resquício de chumbo na veste do suspeito (A9)”.

“Mateus. Porque a partir da análise nos tecidos dos suspeitos verificou-se que o tecido proveniente da roupa dele continha chumbo, pois reagiu com o Rodizonato de Sódio 0,2% (A17)”.

Já quatro estudantes apontaram apenas o possível suspeito do crime, sem justificar o motivo de sua resposta. Nesses casos não houve a elaboração de um texto argumentativo.

A resposta à questão final da SEI, da forma como foi elaborada pela maioria dos participantes, constitui a prática epistêmica “construir um argumento científico baseado em evidências e raciocínios”, a qual se insere na instância social de comunicação do conhecimento. Com base na evidência representada pela mudança de coloração, os alunos concluem que há íons chumbo no tecido, articulando, assim, dados ou evidências experimentais e conhecimentos teóricos entre si, para chegarem à sua conclusão.

Com relação à segunda questão (O teste realizado pode ser utilizado para determinar qual dos três suspeitos foi responsável pela morte do segurança? Por quê?), apenas um estudante

discordou que o procedimento realizado não poderia ser utilizado para determinar, com veracidade, o suspeito pelo crime, pois o chumbo encontrado nas amostras dos tecidos, representando as vestimentas do criminoso, poderia ser proveniente de fontes diferentes e não apenas de disparo de arma de fogo. Tal informação poderia funcionar como refutador na composição do argumento referente à questão anterior, colocando limites na conclusão sobre o suspeito do assassinato, mas isso não aconteceu. Os argumentos elaborados não contaram com esse elemento.

A resposta do aluno corresponde a uma nova prática epistêmica inserida na instância social de comunicação do conhecimento, envolvendo argumentação, qual seja: Fornecer uma justificativa disciplinar específica para uma asserção do conhecimento.

Ao longo da atividade investigativa podemos então verificar o desenvolvimento evidente de práticas epistêmicas nas instâncias sociais de proposição e comunicação do conhecimento, de acordo com o que discutimos na seção em que tratamos desse tópico. Entendemos que a natureza da investigação envolvida na atividade propiciou que as práticas tenham sido articuladas nessas instâncias. O fato de os procedimentos para a geração de dados (envolvendo o uso de rodizonato de sódio e sua reação com o chumbo) baseados nos aportes teóricos buscados na literatura, bem como os resultados obtidos não gerarem controvérsias evitou uma demanda avaliativa acerca de procedimentos, hipóteses, resultados, explicações e conclusões. Também não houve nítidas discussões acerca da legitimidade de tais procedimentos e conhecimentos.

Conforme comentamos, cada investigação potencialmente demanda um certo repertório de práticas. Aliado a isso, há a influência do contexto em que ela é desenvolvida, incluindo-se aí as características dos alunos e intervenções do professor. Todavia, na SEI desenvolvida torna-se evidente que houve espaço para a argumentação e outras práticas epistêmicas.

Considerações Finais

Este estudo teve por objetivo analisar o desenvolvimento de uma SEI, estruturada em torno de um tema da Química Forense, verificando o espaço gerado para a argumentação e outras práticas epistêmicas, quando aplicada no contexto de formação inicial de professores, em uma turma de licenciandos em Química.

Os excertos de algumas discussões tomadas para análise nesse estudo, mostraram que, inicialmente, poucos participantes da SEI preocuparam-se em justificar seus pontos de vistas, como também permitiram perceber se eles tinham alguma noção sobre como são realizadas as investigações de homicídios que envolvem disparos de armas de fogo e como a Química contribui em tais casos. Apesar de se tratar de um momento introdutório da sequência, foi nítida a dificuldade de alguns estudantes em se posicionar e argumentar diante de uma situação que exigia tomada de decisão. Tal fato chama atenção

para a necessidade de propostas de ensino, durante a formação inicial que busquem fomentar a argumentação em sala de aula. Como afirmam Lourenço *et al.* (2016), o desenvolvimento dos saberes docentes relativos ao discurso argumentativo é uma das condições necessárias para a inserção da argumentação na educação científica, como vem sendo defendida por propostas atuais de ensino na Educação Básica.

Em relação à análise das práticas epistêmicas, verificou-se a ocorrência nas instâncias sociais de proposição e comunicação do conhecimento, já que houve um grande investimento dos alunos em planejar a própria investigação e promover seu desenvolvimento de modo a coletar os dados necessários para responder à questão investigativa. Todavia, os procedimentos e conhecimentos teóricos envolvidos, bem como os dados obtidos não fomentaram tratamento ou pontos de vista controversos que resultassem em negociações de explicações e avaliações entre eles, de modo que práticas nas instâncias de avaliação e legitimação não foram evidentes. Como afirma Silva (2015), no tocante às práticas epistêmicas, apesar de algumas serem recorrentes em diferentes atividades de caráter investigativo, elas encontram-se ligadas à estrutura da atividade, podendo variar em função desta ou de fatores contextuais.

Quanto à argumentação, percebemos que a atividade investigativa envolvendo a Química Forense gerou espaço para tal prática. Ao longo da SEI, foi perceptível uma crescente disposição dos alunos em apresentar suas ideias e justificar seus pontos de vista por meio de um discurso argumentativo, como o que ocorreu ao final, em que aparecem nos textos escritos enunciados em que se pode identificar uma quantidade maior de elementos do TAP, como dados, garantias, conhecimento de base e conclusão em relação aos argumentos expressos inicialmente.

Considerando os resultados da pesquisa com relação à aparição de práticas epistêmicas em geral e da argumentação, em particular, é importante considerar que a SEI foi aplicada a alunos da licenciatura como uma forma de proporcionar posteriormente uma discussão sobre o ensino por investigação. Além da natureza da investigação proposta, em que os procedimentos e resultados obtidos se mostraram incontroversos, é possível que aplicada em uma turma de série final do Ensino Médio, possa ocorrer de o planejamento da investigação e procedimentos tomados não levarem a resultados tão certos, gerando mais discussão e, conseqüentemente, mais argumentação em torno de possíveis explicações e conclusões.

De toda forma, os resultados obtidos da aplicação da SEI, bem como a discussão com os futuros professores, nos levaram a refletir sobre a possibilidade de reajustes na mesma, a fim de mobilizar diferentes tipos de prática, como proposto por Kelly e Licon (2018). Um das possibilidades é aumentar o número de objetos a serem investigados. Além das roupas dos envolvidos no assalto, pode-se considerar a análise de digitais na arma do crime, o que pode ser feita por diferentes métodos. Pode-se, ainda, considerar os vestígios de chumbo em mais de uma das vestes dos envolvidos. Isso certamente possibilita uma avaliação

das diferentes possibilidades de *designs* de experimentos pelos alunos. Outros estudos podem envolver essas alterações.

Consideramos que os resultados desta pesquisa contribuem para aumentar o leque de opções de estratégias para promoção da argumentação e demais práticas epistêmicas ao longo de atividades investigativas, no ensino de Química. Além disso, apresenta uma SEI que pode mobilizar discussões valiosas com futuros professores, já que esta envolve um tema ainda pouco explorado nesse campo - a Química Forense. Como discutimos inicialmente, apesar de haver uma vasta literatura sobre atividades investigativas e as práticas que estas envolvem, tal como a argumentação, os investimentos sobre diferentes temas e estratégias didáticas nesta direção na formação de professores é algo que deve ser estimulado.

Agradecimento

Agradecemos à Capes pela bolsa e pelo apoio financeiro (Projeto 88881 15 7927 / 2017 - 01).

Referências

- ALTARUGIO, M. A.; DINIZ, M. L. e LOCATELLI, S. W. Debate como estratégia em aulas de química. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 26-30, 2010.
- ARAÚJO, A. O. *O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de química*. 2008. 141f. Dissertação (Mestrado em Educação) Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- AUTH, M. A. e ANGOTTI, A. P. Contribuições epistemológicas para o ensino/aprendizagem de Ciências. *Rev. Contexto & Educação*, v. 18, n. 69, p. 69-86, 2003.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa à Prática*. São Paulo: Ed. Thomson, 2004.
- BRITO, J. Q. A. e SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. *Rev. Eletrônica. de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 3, p. 505-529, 2010.
- CAPECCHI, M. C. V. M. Problematização no ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T. e GRECA, M. I. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. 2ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. e GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências*, 2000.
- DIAS FILHO, C. R. e ANTEDOMENICO, E. A perícia criminal e a interdisciplinaridade no ensino de ciências naturais. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, p. 67-72, 2010.

- DISCOVERY BRASIL. Crime por dinheiro ou vingança? / Assassinatos em Família/ Investigação Discovery. Vídeo 8' 10". Publicado em 26 mai. de 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LB0BOZcfCnc>. Acesso jun. 2018.
- DISCOVERY BRASIL. Triplo homicídio em uma família perfeita. Vídeo 5' 48". Publicado em 19 mai. 2018. Disponível em : <https://www.youtube.com/watch?v=zEJJeOu0p8E>. Acesso em jun. 2018.
- 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.
- FERREIRA, A. G. Química forense e técnicas utilizadas em resolução de crimes. *Revista Acta de Ciências e Saúde*, v. 02, n. 05, p. 32-44, 2016.
- GALVÃO, V. S. e PRAIA, J. F. Construir com os professores do 2º ciclo práticas letivas inovadoras: um projeto de pesquisa sobre o ensino do tema curricular 'alimentação humana'. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 3, p. 631-645, 2009.
- GARCIA-MILA, M.; GILABERT, S.; ERDURAN, S. e FELT, M. The effect of argumentative task goal on the quality of argumentative discourse. *Science Education*, v. 97, n. 4, p. 497-523, 2013.
- GERALDI, A. M. *Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental*. 2017. 114f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Instituto de Biociências, Instituto de Química e Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- HODSON, D. Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *Inter. Jour. of Sci. Edu.*, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.
- IBRAIM, S. S. e JUSTI, R. Influências de um ensino explícito de argumentação no desenvolvimento dos conhecimentos docentes de licenciandos em Química. *Ciênc. Educ.*, v. 23, n. 4, p. 995-1015, 2017.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. e BROCOS, P. Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. *Revista Ensaio*, v. 17, nº Especial, p.139-159, 2015.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; MORTIMER, E. F.; SILVA, A. C. T. e BUSTAMANTE, J. D. Epistemic practices: an analytical framework for science classrooms. In: Annual Meeting of American Educational Research Association (AERA). 2008, New York: *Proceedings of AERA*. New York: AERA, 2008.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; RODRIGUEZ, A. B. e DUSCHL, R. A. Doing the lesson "or" Doing Science: Argument in High School Genetics. *Science Education*, v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000.
- KELLY, G. J. Inquiry, activity, and epistemic practices. In: Inquiry conference on developing a consensus research agenda. 2005, Ne Brunswick: *Proceeding of Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda*. New Brunswick, 2005.
- KELLY, G. J. Discourse practices in science learning and teaching. In: LEDERMAN, N. G. e ABELL, S. K. (Eds.). *Handbook of research on science education* (2). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2014.
- KELLY, G. e DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. In: Annual meeting of the National association for research in Science Education. Nova Orleans, Louisiana: *Proceedings...* Washington: AERA, 2002.
- KELLY, G. J. e LICONA, P. Epistemic practices and science education. MATTHEWS, M. R. (Ed.). *History, Philosophy and Science Teaching, Science: new perspectives*. Dordrecht: Springer International Publishing AG, 2018. DOI 10.1007/978-3-319-62616-1_5.
- LOURENÇO, P. C. C.; ABIB, M. L. V. S. e MURILLO, F. J. Aprendendo a ensinar e a argumentar: saberes da argumentação docente na formação de futuros professores de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação*, v. 16, n. 2, p. 295-316, 2016.
- MENDONÇA, P. C. C. e JUSTI, R. S. Ensino-Aprendizagem de ciências e argumentação: discussões e questões atuais. *Rev. Bras. de Pesq. em Educ.*, v. 13, n. 1, p. 187-2016, 2013.
- MILLER, J. D. Scientific Literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus*, v. 112, p. 29-48, 1983.
- NASCIMENTO, S. S. e VIEIRA, R. D. A argumentação em sala de aula de física: limites e possibilidades de aplicação do padrão de Toulmin. In: NASCIMENTO, S. S. e PLANTIN, C. (Org.). *Argumentação e Ensino de Ciências*. 1 ed. Curitiba: Editora CRV, 2009.
- PEDASTE, M.; MÄEOTS, M.; SIIMAN, L.; SISWA, T. J.; KAMP, E. T.; ZACHARIA, Z.C. e TSOURLIDAKI, E. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, v. 14, n. 1, p. 47-71, 2015.
- QUADROS, A. L. e CORRÊA, R. G. A interação entre o campo profissional e o campo formativo: o caso do Pibid/Química da UFMG. In: CHAPANI, D. T.; DUARTE, A. C. S. e SANTOS, B. F. (Orgs.). *A pesquisa e a formação de professores de ciências e matemática*. Curitiba: CRV, 2020.
- ROSA, M. F.; SILVA, P. S. e GALVAN, F. B. Ciência forense no ensino de química por meio da experimentação. *Química Nova na Escola*, v. 00, n. 0, p. 1-9, 2014.
- SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C. e QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16, n. 03, p. 147- 170, 2014.
- SÁ, L. P. e QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. *Revista Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.
- SANDOVAL, W. A.; BELL, P.; COLEMAN, E. B.; ENYEDY, N. e SUTHERS, D. D. Designing knowledge representations for learning epistemic practices of science, 2000.
- SANDOVAL, W. e REISER, B. J. Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, v. 88, p. 345-372, 2004.
- SASSERON, L. H. *Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula*. 2008. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- SASSERON, L. H. A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. In: Anais do XVI ENDIPE. Campinas, SP, 2012.

- SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Rev. Ensaio*, v. 17, n. Especial, p. 49-67, 2015.
- SASSERON, L. H. e DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.
- SCARPA, D. L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. Especial, p. 16-30, 2016.
- SEBASTIANY, A. P.; PIZZATO, M. C.; DEL PINO, J. C. e SALGADO, T. D. M. A utilização da ciência forense e da investigação criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. *Educ. Quím.*, v. 24, n. 1, p. 49-56, 2013.
- SILVA, A.; C.; T. Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. SPE, p. 69-96, 2015.
- SILVA, W. M.; VELASCO, P. D. N. e ZANOTELLO, M. O. Debate na perspectiva da lógica informal: uma abordagem para análise da argumentação em aulas de ciências. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 2, p. 99-127, 2016.
- TEIXEIRA, F. M. Argumentação nas aulas de ciências para as séries iniciais. In: NASCIMENTO, S. S. e PLANTIN, C. (Org.). *Argumentação e Ensino de Ciências*. 1ªed. Curitiba: Editora CRV, 2009.
- TOULMIN, S. E. *Os Usos do Argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- 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, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1996.
- ZOMPERO, A. F. e LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 3, p. 67-78, 2011.

Enseñar química: de las sustancias a la reacción química

José Luis de Paula Barros Silva (UFBA)



Ensinar química é nosso ofício e há muitos modos pelos quais podemos realizá-lo. O livro *Enseñar química: de las sustancias a la reacción química* nos apresenta um conjunto de propostas inovadoras que contribuem significativamente para o fazer diário de professoras e professores. Coordenada por Aureli

Caamaño, a obra traz uma compilação de artigos das seções monográficas da revista *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, relativas a cinco anos (2015-2019) e organizados com base numa interessante proposta de estruturação do conhecimento químico.

Na parte introdutória, são discutidas ideias básicas para o currículo de Química do Ensino Médio. Admite-se como pressuposto que o conhecimento químico exibe uma estrutura cujos componentes são: (a) a realidade: entes químicos, suas interações, propriedades e processos; (b) representações mentais da realidade: conceitos e modelos mentais; e (c) representações verbais, gráficas, pictóricas, entre outras, das componentes reais e mentais. Em seguida, são discutidas possibilidades de seleção dos conteúdos de ensino e sua organização sequencial, propondo-se considerar a indagação, a modelização e a contextualização como enfoques didáticos.

O texto é, então, dividido em cinco seções: substância química; teoria atômico-molecular da matéria; reação química; modelos atômicos e tabela periódica; ligação química e estrutura. Portanto, os artigos abarcam uma parte substancial dos conteúdos estudados no Ensino Médio de Química. Cada seção, que possui um texto introdutório, é composta por 5 a 7 artigos escritos por vários autores de diferentes nacionalidades (Espanha, Portugal, México, Inglaterra e Estados Unidos). São textos relativamente curtos, dirigidos às/aos docentes dos níveis médio e superior (Química Geral), que tratam de aspectos teóricos e práticos do Ensino de Química, incluindo-se os aspectos representacionais.

Na primeira seção, *Substância Química*, são discutidos termos e significados relacionados às substâncias, extração, separação e identificação de substâncias, pureza, caracterização de propriedades, distinção entre substâncias naturais, sintéticas e artificiais, produtos químicos (substâncias e misturas) do ponto de vista industrial e em sua utilização doméstica.

A segunda seção, *Teoria Atômico-molecular da Matéria*, trata de modelos da matéria, do átomo de Dalton a estruturas multimoleculares e estruturas gigantes (covalentes, iônicas e metálicas), da construção de fórmulas químicas empíricas,

fórmulas moleculares e fórmulas que representam estruturas multimoleculares e gigantes. Também é tratado o ensino dos conceitos de elemento químico, massa atômica relativa, mol e constante de Avogadro.

Na seção *Reação Química* é trabalhada a elaboração desse conceito, a conservação da massa em reações, extensão e velocidade de reação, modos de representação de reações em níveis macro, micro e mesoscópico. São estudadas reações relacionadas a processos cotidianos, como limpeza e cozimento, e discutida a conservação do meio ambiente pela redução de sua contaminação por processos químicos. A seção é encerrada com uma apresentação da evolução histórica de modelos ácido-base.

Modelos Atômicos e Tabela Periódica inclui propostas para o ensino de modelos atômicos escolares e sua relação com os modelos históricos, análise da apresentação de modelos atômicos em materiais didáticos, discussão de dificuldades de estudantes na compreensão de modelo atômico quântico. Adicionalmente, trata-se de relações entre modelos atômicos e propriedades periódicas, assim como de recursos didáticos disponíveis.

A quinta e última seção traz artigos sobre *Ligação Química e Estrutura* que discutem a caracterização dos tipos de ligação química e de estruturas, dificuldades de aprendizagem desses conceitos, crítica da regra do octeto, relações entre propriedades, estrutura e tipos de ligação, proposta do ensino, incluindo-se o emprego de aplicativos de simulação molecular.

Embora organizados em seções, os artigos foram elaborados independentemente, de modo que podem ser lidos na ordem que atenda às necessidades dos leitores.

Cabe destacar a riqueza de abordagens didáticas dos temas das seções e o entrelaçamento das noções químicas relativas aos níveis macroscópico, mesoscópico e microscópico da realidade.

Uma vez que os autores dos artigos são especialistas em Didática da Química, os textos são de leitura fluida e muita clareza, embora as limitações de extensão não possibilitem um tratamento exaustivo dos temas. Nesse sentido, servem de estímulo e inspiração para a continuidade dos estudos por parte dos seus leitores.

Em suma, as características de *Enseñar Química* fazem desta obra uma importante referência, tanto para professores em exercício e formação continuada, quanto para estudantes de licenciatura em formação inicial.

Aureli Caamaño (Coord.). *Enseñar química: de las sustancias a la reacción química*. Barcelona: Graó, 2020. 353p. ISBN: 978-84-18058-04-2

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(ões) acadêmica(s), a instituição em que trabalha(m) e o endereço completo, incluindo o eletrônico. Verifique as propriedades do documento para retirar quaisquer informações.

As referências citadas devem ser relacionadas ao final do texto, segundo exemplos abaixo:

- **Para livros** referência completa (citação no texto entre parênteses):

AMBROGI, A.; LISBÔA, J. C. e VERSOLATO, E. F. *Unidades modulares de química*. São Paulo: Gráfica Editora Hamburg, 1987. - (Ambrogi *et al.*, 1987).

KOTZ, J. C. e TREICHEL Jr., P. *Química e reações químicas*, vol. 1 Trad. J. R. P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. - (Kotz e Treichel Jr., 2002).

- **Para periódicos** referência completa (citação no texto entre parênteses):

TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005. - (Toma, 2005).

ROSINI, F.; NASCENTES, C. C. E NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004. - (Rosini *et al.*, 2004).

- **Para páginas internet** referência completa (citação no texto entre parênteses):

<http://qnesc.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: Luciana Massi (Unesp)

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: Mara Elisa Fortes Braibante (UFSM)

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.s bq.org.br em Produtos da SBQ.

