

# química nova

# NA ESCOLA

VOLUME

# 45

Nº 2, MAIO 2023

- 93 Relato de uma experiência pedagógica no ensino de Química: estudo das propriedades dos agrotóxicos utilizados em uma comunidade rural  
Claudemir L. da Silva, José A. O. Chagas, Alex L. G. Loiola e Francisco R. L. Caldas
- 101 Podcasts para o ensino de Química  
Bruno S. Leite
- 109 Redução Eletroquímica de  $\text{CO}_2$ : Refazendo Nossas Pegadas de Carbono  
Nicolas A. Ishiki, Fabio H. B. Lima e Edson A. Ticianelli
- 117 Julia Hall e o Desenvolvimento do Processo Hall-Héroult: o Efeito Matilda na História da Indústria Química  
Lucas dos S. Fernandes
- 123 Interações discursivas em situações de ensino de Química: em busca de oportunizar novos significados a quem apreende conceitos científicos  
Nicéa Q. Amauro, Paulo V. Teodoro, Ernanda A. de Gouveia e Marcos Fernandes-Sobrinho
- 131 Produção de Indicadores Ácido-Base Naturais em Solução e em Papel a Partir de Extratos de Plantas com Potencial Aplicação no Ensino de Química  
Williana S. Oliveira, Paulo S. A. Sousa e Thiciana S. S. Cole
- 142 O Arco de Magueres como Oportunidade para a Aprendizagem Problematizadora e Ativa no Ensino de Química  
Thiago B. Cavassani, Joana J. Andrade e Rosebelly N. Marques
- 152 Teorias de aprendizagem no ensino de Química: uma revisão de literatura a partir de artigos da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc)  
Jéssica S. Gaudêncio, Rosemari M. F. Silveira, Nilcéia A. M. Pinheiro e Awdry F. Miquelin

## 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)  
Gisela Hernández (UNAM - Cidade do México, México)  
Julio Cezar Foschini Lisbôa (GEPEQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)  
Lenir Basso Zanon (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)  
Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)  
Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)  
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 *Uniblibweb*

## Copyright © 2023 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. Conseqüentemente, a SBQ, o Conselho Editorial, os Editores e respectivos funcionários, diretores e agentes isentam-se, totalmente, de qualquer responsabilidade pelas conseqüências 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 (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](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt_BR)



## diagramação/capa

Hermano Serviços de Editoração

# Sumário/Contents

## Química e Sociedade / Chemistry and Society

- 93 Relato de uma experiência pedagógica no ensino de Química: estudo das propriedades dos agrotóxicos utilizados em uma comunidade rural  
*A case study in chemistry teaching: study of the properties of pesticides used in a rural community*

Claudemir L. da Silva, José A. O. Chagas, Alex L. G. Loliola e Francisco R. L. Caldas

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

- 101 Podcasts para o ensino de Química  
*Podcasts for chemistry teaching*

Bruno S. Leite

## Conceitos Científicos em Destaque / Scientific Concepts Highlighted

- 109 Redução Eletroquímica de CO<sub>2</sub>: Refazendo Nossas Pegadas de Carbono  
*Electrochemical CO<sub>2</sub> Reduction: Remaking Our Carbon Footprints*

Nicolas A. Ishiki, Fabio H. B. Lima e Edson A. Ticianelli

## História da Química / History of Chemistry

- 117 Julia Hall e o Desenvolvimento do Processo Hall-Hérout: o Efeito Matilda na História da Indústria Química  
*Julia Hall and the development of the Hall-Hérout Process: The Matilda effect in the history of the chemical industry*

Lucas dos S. Fernandes

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

- 123 Interações discursivas em situações de ensino de Química: em busca de oportunizar novos significados a quem apreende conceitos científicos  
*Discursive interactions in chemistry teaching situations: seeking to provide new meanings to those who learn scientific concepts*

Nicéa Q. Amauro, Paulo V. Teodoro, Ernanda A. de Gouveia e Marcos

Fernandes-Sobrinho

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

- 131 Produção de Indicadores Ácido-Base Naturais em Solução e em Papel a Partir de Extratos de Plantas com Potencial Aplicação no Ensino de Química  
*Production of natural acid-base indicators in solution and in paper from plant extracts with potential application in chemical teaching*

Williana S. Oliveira, Paulo S. A. Sousa e Thiciana S. S. Cole

## O Aluno em Foco / The Student in Focus

- 142 O Arco de Maguerz como Oportunidade para a Aprendizagem Problematicadora e Ativa no Ensino de Química  
*The Maguerz arch as an opportunity for problematizing and active learning in chemistry teaching.*

Thiago B. Cavassani, Joana J. Andrade e Rosebelly N. Marques

## Cadernos de Pesquisa / Research Letters

- 152 Teorias de aprendizagem no ensino de Química: uma revisão de literatura a partir de artigos da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc)  
*Learning theories in Chemistry teaching: a literature review based on articles from the journal Química Nova na Escola (QNEsc)*

Jéssica S. Gaudêncio, Rosemari M. F. Silveira, Nilcéia A. M. Pinheiro e Awdry F. Miquelin

## Os rumos do Ensino Médio

Em março, o Ministério da Educação (MEC) abriu consulta pública para “avaliação e reestruturação da política nacional de Ensino Médio”. Entidades representativas de professores e alunos, bem como de pesquisadores da área de Educação, têm se manifestado, em geral, pela revogação da assim chamada “reforma” do Ensino Médio estabelecida pela Lei 13.415/17. Entretanto, a resistência a essa aspiração é grande. Do lado da administração pública, os secretários estaduais de Educação são contrários à revogação: argumentam que muito tempo e recursos já foram gastos para adaptar suas estruturas à “reforma”. Parecem ter assim muito zelo pela gestão pública; infelizmente, prevalecem modelos de gestão que priorizam o corte de despesas, pouco importando o impacto dessa “economia” sobre a qualidade da educação oferecida pelo poder público. E para um governo sem maioria no Congresso Nacional, será muito difícil resistir à pressão dos Governadores.

A “reforma” foi propalada por um discurso que agrada ao senso comum e parece sensato: oferecer um ensino de acordo com os interesses dos alunos e adequado ao mundo atual. Assim, o Ensino Médio seria mais atrativo, diminuindo a evasão. Os objetivos não declarados, porém, incluem naturalizar o discurso neoliberal, conformar os estudantes à precarização do trabalho e anular o pensamento crítico.

A “reforma”, proposta por medida provisória em 2016 antes de ser transformada em lei, foi formulada sem que houvesse ampla discussão na sociedade. Entre os efeitos de sua implantação a partir de 2022, tem se observado a redução da carga horária de disciplinas como química, sociologia e história, e a implantação de disciplinas para “incentivar o protagonismo do estudante”, que tratam, por exemplo, da produção de brigadeiros, formação de *influencers* ou como escrever currículos para pedir emprego. O oferecimento de dez ou onze itinerários formativos para que os estudantes possam escolher permanece no terreno das intenções, como era de se esperar. A falta de professores de determinadas áreas do conhecimento é “resolvida” pelo não oferecimento do respectivo itinerário formativo. Ou seja: a escolha, pelos alunos, dos itinerários que mais lhes interessem, não tem sido mais do que ilusão. A “reforma” trouxe mais desorganização às escolas e esvaziamento da formação dos estudantes, piorando uma situação anterior que já não era boa. A revogação da “reforma”, portanto, não pode significar um retorno puro e simples à já inadequada estrutura anterior. É preciso reorganizar as redes de ensino e os currículos para que se possa avançar rumo ao que determina a Constituição

Federal: educação pública e de qualidade para todos, “visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”. A construção de um Ensino Médio que caminhe nessa direção, porém, irá requerer que sejam ouvidos os professores que estão nas salas de aula, representantes do movimento estudantil e educadores, mais do que economistas e administradores neoliberais “especialistas em educação”.

Exemplos de como o ensino de química pode contribuir para a formação cidadã não faltam neste número de *Química Nova na Escola*. Em vários artigos se vê como a contextualização do conhecimento químico promove sua aproximação com a realidade dos estudantes. Fundamentadas em referenciais cognitivistas e humanistas, a contextualização e a interdisciplinaridade são tendências crescentes no ensino de Química, como mostra o artigo “Teorias de aprendizagem no ensino de Química: uma revisão de literatura a partir de artigos da revista *Química Nova na Escola*”. Outro artigo exemplifica como a contextualização pode ser feita em variadas situações: no caso em questão, a realidade de comunidades rurais é relacionada a conteúdos químicos, como se descreve em “Relato de uma experiência pedagógica no ensino de Química: estudo das propriedades dos agrotóxicos utilizados em uma comunidade rural”. Para que o professor se aproprie desse tipo de abordagem, que favorece o pensamento crítico e a participação coletiva dos alunos, existem instrumentos como o que é descrito no artigo “O Arco de Magueres como oportunidade para a aprendizagem problematizadora e ativa no ensino de Química”. A contextualização não precisa ficar restrita a questões locais: problemas como o aquecimento global e os desafios científicos e tecnológicos para sua mitigação podem também ser levados para a sala de aula. Para esse fim, o artigo “Redução Eletroquímica de CO<sub>2</sub>: refazendo nossas pegadas de carbono” fornece subsídios úteis para educadores e estudantes. A escolha por um ou outro tema depende, é claro, da realidade da escola. Nesse sentido, é importante considerar recursos que estejam disponíveis na região. Por exemplo, o ensino experimental dos conceitos de ácido e base pode ser facilitado recorrendo-se à vegetação local, como nos mostram os autores de “Produção de indicadores ácido-base naturais em solução e em papel a partir de extratos de plantas com potencial aplicação no ensino de Química”. Além disso, a formação cidadã inclui discutir as relações entre Química e sociedade – como, por exemplo, as questões de gênero associadas ao fazer científico e tecnológico. A esse respeito, o artigo “Julia Hall e o desenvolvimento

do processo Hall-Hérault: o Efeito Matilda na história da indústria química” oferece interessantes possibilidades de discussão. Para atingir os objetivos que estamos delineando aqui, cabe ao professor refletir não apenas sobre os conteúdos, mas também sobre as interações que ocorrem em sala de aula, como demonstra o artigo “Interações discursivas em situações de ensino de Química: em busca de oportunizar novos significados a quem apreende conceitos científicos”. A formação de professores que explorem novas formas de gerar essas interações e reflexões entre os estudantes tem

nas tecnologias da informação e comunicação uma fonte de valiosos recursos, conforme se ilustra no artigo “Podcasts para o ensino de Química”.

Que a leitura deste número de *QNEsc* seja proveitosa a toda comunidade de educadores em Química!

*Paulo Alves Porto*  
*Salete Linhares Queiroz*  
*Editores de QNEsc*





## Relato de uma experiência pedagógica no ensino de Química: estudo das propriedades dos agrotóxicos utilizados em uma comunidade rural

Claudemir L. da Silva, José A. O. Chagas, Alex L. G. Loiola e Francisco R. L. Caldas

O presente trabalho discute a importância do ensino de química como ferramenta de compreensão da realidade em que estamos inseridos. Essa experiência foi vivenciada por um aluno do ensino médio de uma escola pública, morador de uma comunidade rural do Nordeste brasileiro. O objetivo foi contribuir para o ensino da temática agrotóxicos no ensino de química de uma forma contextualizada, promovendo a apropriação crítica dos conteúdos curriculares de forma conjunta com a compreensão de problemas da realidade, possibilitando a formação de um sujeito mais crítico, capaz de atuar como cidadão na sociedade de forma reflexiva e autônoma, e contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

► ensino de química, agrotóxicos, meio ambiente ◀

Recebido em 05/11/2021, aceito em 24/05/2022

93

A ciência e a tecnologia alcançaram na contemporaneidade um grau de importância fundamental para o desenvolvimento das sociedades (Pinheiro *et al.*, 2007). Essa importância se faz presente notadamente no desenvolvimento econômico em seus diversos ramos: agricultura, indústria pesada, serviços, comunicações, mas também na própria educação, cultura e lazer. No entanto, o aumento da utilização massiva dos produtos científico-tecnológicos para ampliar as possibilidades da intervenção humanas na natureza, visando a geração de riqueza e o aumento da qualidade de vida das populações, não pode se dar sem os devidos questionamentos sobre as consequências que o emprego dessas tecnologias pode acarretar para bem-estar dos seres humanos e a vida em sociedade. É importante destacar que o questionamento sobre as consequências da utilização massiva dos produtos técnico-científicos para a vida humana e o meio ambiente não pode ser feita prescindindo da ciência, ou seja, como uma crítica de “fora” do ambiente científico, mas é fruto exatamente da possibilidade criada pelo desenvolvimento científico. É a postura crítica do fazer científico que deve possibilitar utilizar os conhecimentos científicos para fazer uma análise criteriosa dos impactos do uso da

Podemos dizer que a função principal da escola é possibilitar que cada sujeito possa se apropriar adequadamente do desenvolvimento cultural e técnico-científico que o torne apto a compreender as mudanças e o desenvolvimento histórico, econômico e material do seu próprio tempo (Saviani, 2013).

tecnologia na sociedade. A ciência como tal, no seu estágio contemporâneo de desenvolvimento, é fruto de um processo histórico e social. E como qualquer construção cultural, saber consolidado no processo histórico, para se desenvolver precisa que cada novo indivíduo da nossa sociedade se aproprie, dentro das suas possibilidades sociais e individuais, desse bem cultural. Esse processo de formação científica, de apropriação e participação da cultura científica é feito por meio da escola, a instituição que por excelência é encarregada da formação dos novos sujeitos. Podemos dizer que a função principal da escola é possibilitar que cada sujeito possa se apropriar adequadamente do desenvolvimento cultural e técnico-científico que o torne apto a compreender as mudanças e o desenvolvimento histórico, econômico e material do seu próprio tempo (Saviani, 2013).

Quando pensamos no trabalho de ensino de uma disciplina como Química no Ensino Médio, devemos ter em consideração que os conteúdos curriculares trabalhados com os estudantes são fundamentais para estes compreendam, por um lado, a construção histórica do desenvolvimento científico dos conhecimentos dessa disciplina e, por outro, que a apropriação desses conhecimentos é componente

fundamental para a compreensão do estado do desenvolvimento científico e tecnológico atual. A apropriação dos conhecimentos da Química é também de fundamental importância para o próprio exercício da cidadania e a formação para o mundo do trabalho. A apropriação desses conhecimentos pelos estudantes é condição necessária para a resolução de problemas práticos postos pela realidade, bem como para uma atuação consciente como cidadão, seja no exercício profissional ou como cidadão que pode contribuir no debate público sobre determinados problemas a partir de conhecimentos de base científica.

Reflexões sobre o uso da temática “Agrotóxicos” como mote para favorecer um ensino de Química mais contextualizado na educação básica já foram desenvolvidas por alguns pesquisadores que trabalham na área de ensino dessa disciplina. O trabalho desenvolvido por Cavalcanti *et al.* (2010) trata de uma intervenção pedagógica em três turmas do Ensino Médio nas quais o eixo norteador do trabalho educativo com os conteúdos de Química foi o tema “Agrotóxicos”. Braibante e Zappe (2012) apresentaram uma relação dos conteúdos da disciplina de Química nos três anos do Ensino Médio em que os professores podem envolver a temática dos agrotóxicos. Buffolo e Rodrigues (2015) relataram a elaboração de uma sequência didática com o propósito de possibilitar aos estudantes do Ensino Médio, por meio do tema agrotóxicos, se apropriarem dos conhecimentos de Química e compreenderem os aspectos sociais, econômicos, ambientais e políticos envolvidos nesse tema. Nessa mesma perspectiva, Mello e Fonseca (2018) descreveram a elaboração de uma sequência didática e aplicação de um jogo com estudantes do 3º ano do Ensino Médio em que a temática de trabalho é “agrotóxico” e suas relações com aspectos socioeconômicos e ambientais.

**Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU têm o propósito de mobilizar ações governamentais e da sociedade civil visando alterar as intervenções humanas no meio ambiente, bem como fomentar relações sociais e econômicas mais justas, de forma que possamos alcançar um desenvolvimento da sociedade preservando o patrimônio natural, a biodiversidade e alcançando maior justiça social.**

### Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e a educação

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU têm o propósito de mobilizar ações governamentais e da sociedade civil visando alterar as intervenções humanas no meio ambiente, bem como fomentar relações sociais e econômicas mais justas, de forma que possamos alcançar um desenvolvimento da sociedade preservando o patrimônio natural, a biodiversidade e alcançando maior justiça social. A ONU estabeleceu 17 ODS: 1 - Erradicação da pobreza; 2 - Fome zero e agricultura sustentável; 3 - Saúde e bem-estar; 4 - Educação de qualidade; 5 - Igualdade de gênero; 6 - Água potável e saneamento; 7 - Energia limpa e acessível; 8 - Trabalho decente e crescimento econômico; 9 - Indústria, inovação e infraestrutura; 10 - Redução das desigualdades; 11 - Cidade e comunidade sustentáveis; 12 - Consumo e

produção responsáveis; 13 - Ação contra a mudança global do clima; 14 - Vida na água; 15 - Vida terrestre; 16 - Paz, justiça e instituições eficazes; e 17 - Parcerias e meios de implantação.

O presente trabalho tem relação com os seguintes ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável; 3 - Saúde e bem-estar; 4 - Educação de qualidade; 6 - Água potável e saneamento; 9 - Indústria, inovação e infraestrutura; 12 - Consumo e produção responsáveis. Dentro do ODS 2, a meta 2.3 estabelece que até o ano de 2030 devemos “dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos, particularmente das mulheres, povos indígenas, agricultores familiares [...]”, e a meta 2.4 estabelece que até 2030 possamos “garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas [...]”. Compreendemos que essas metas colocam um papel muito relevante para a formulação de políticas públicas e pesquisas interdisciplinares aplicadas. É interdisciplinar, pois o aumento da produtividade agrícola demanda estudos na área de melhoramento de solo, seleção das colheitas mais adequadas para a região, bem como o melhoramento genético dessas colheitas e todo o conjunto de defensivos agrícolas para amenizar os ataques de pragas, mas que, ao mesmo tempo, sejam compatíveis com a preservação dos ecossistemas.

Pesquisas químicas realizadas em laboratórios de universidades e empresas privadas são fundamentais para o desenvolvimento dos defensivos agrícolas. Por outro lado, investigações como a desenvolvida no presente trabalho são fundamentais para buscar mensurar os possíveis impactos que o uso de defensivos agrícolas nas colheitas pode causar na saúde humana e nos ecossistemas. Então a pesquisa química aplicada dentro desse ODS pode ter uma dupla função: no desenvolvimento de defensivos que aumentem a produtividade e que diminuam as possibilidades de ataques de pragas às lavouras e, por outro lado, buscando mensurar os possíveis impactos para a vida e o bem-estar humano (ODS 3) e do ecossistema e assim ser um ponto fundamental para a tomada de decisão e formulação de políticas governamentais para essa área. O ODS 4 - Educação de Qualidade estabelece as metas mais gerais relacionadas ao acesso à educação de qualidade, o aumento da escolarização, a promoção da igualdade de gênero e, aliado a isso, estabelece também metas relacionadas ao desenvolvimento de conhecimentos e habilidades importantes para o trabalho, empreendedorismo e para promover o desenvolvimento sustentável. Duas metas dentro do ODS 4 são particularmente ligadas a esse trabalho. A meta 4.4 estabelece para até 2030 “[...] aumentar substancialmente o número de jovens e adultos que tenham

habilidades relevantes, inclusive competências técnicas e profissionais, para emprego, trabalho decente e empreendedorismo” e a meta 4.7 estabelece para até 2030 “[...] garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis [...]”.

Os conteúdos trabalhados na disciplina de Química são fundamentais para a formação científica e cultural dos sujeitos. São esses conteúdos que fornecem uma formação científica básica para que os estudantes do Ensino Médio tenham conhecimento do próprio estágio de desenvolvimento científico e tecnológico que a nossa sociedade desenvolveu e tenham condições de empregar esses conhecimentos no trabalho e resolver problemas postos pela realidade. No entanto, além das atividades de ensino em sala de aula, os estudantes devem ser estimulados a resolver problemas da realidade em que estão inseridos, utilizando conhecimentos e métodos científicos.

O envolvimento de estudantes da educação básica nas atividades de pesquisa é fundamental para o desenvolvimento de uma mentalidade científica dos estudantes e uma experiência mais profunda de aprendizagem. Segundo Cavalcanti *et al.* (2010, p. 31), “Um dos maiores desafios do ensino de Química, nas escolas de nível fundamental e médio, é construir uma ponte entre o conhecimento escolar e o mundo cotidiano dos estudantes.” Para construir essa ponte entre os conteúdos curriculares da disciplina de Química, que são fundamentais para a formação científica do estudante, e a realidade dos estudantes fora dos muros escolares, é necessário que os professores desenvolvam a capacidade de construir diálogo com os seus alunos para captar situações problema vivenciados por estes e que podem ser explorados e problematizados em sala de aula, de forma que esses estudantes consigam aplicar os conhecimentos teóricos trabalhados na disciplina para compreender situações problemas presentes na realidade em que esses sujeitos estão inseridos.

Um trabalho de pesquisa como o presente coloca o estudante em contato com uma situação real de investigação, que exige que ele mobilize os conhecimentos da disciplina de Química já consolidados, tenha que buscar se aprofundar nesses conhecimentos para dar conta de compreender e ser capaz de oferecer uma resposta para o problema. Além dos conhecimentos, exige que o estudante tenha contato com o método próprio do trabalho científico e tenha a experiência de formular hipóteses, construir um método de coleta e tratamento de informações, e possa verificar se os dados coletados fundamentam as hipóteses traçadas inicialmente. Essa produção crítica ajuda não somente os estudantes a

conhecerem mais profundamente a realidade, mas podem contribuir para que as pessoas que vivem naquele ambiente onde a pesquisa foi desenvolvida adquiram a consciência do uso adequado e dos riscos para a saúde, bem-estar humano e animal que a utilização dessas substâncias pode trazer.

### Percurso metodológico

O trabalho foi realizado a partir da iniciativa de um aluno do ensino médio do curso integrado de Edificações e com a participação de um aluno do curso superior de Engenharia Ambiental do IFCE campus Juazeiro do Norte. O aluno do ensino médio trouxe a problemática para a sala de aula durante as aulas de funções orgânicas com a discussão sobre agrotóxicos na disciplina de Química III. O aluno, residente no sítio do Caldeirão, localizado nas encostas da Chapada do Araripe, no Distrito de Santa Fé, a cerca de 20 km da cidade do Crato, relatou que na sua localidade muitos produtos químicos eram utilizados em cultivo de agricultura familiar, o que durante as aulas de funções orgânicas o levou a refletir quais seriam as propriedades químicas e os principais riscos à saúde e ao ambiente. A partir dessa reflexão, essa proposta metodológica foi planejada para estimar quais os principais agrotóxicos utilizados por essa comunidade rural e suas propriedades químicas e biológicas.

Foi realizado levantamento das substâncias utilizadas como agrotóxicos nos cultivos do sítio Caldeirão no período de junho de 2019 a agosto de 2019. Como um dos autores da pesquisa é residente na comunidade, isso facilitou o processo de coleta de dados pelo conjunto de informações

que ele possui sobre os produtores e os tipos de plantação. Adotamos como estratégia de coleta de dados uma entrevista simples com o objetivo de registrar os dados sobre o tipo de cultivar e o respectivo defensivo (agrotóxico) utilizado pelo produtor para aquele tipo de cultura. As seguintes informações foram coletadas e registradas: tipo de cultura, coordenadas da localidade e o nome comercial do agrotóxico. Essas informações estão sistematizadas na Tabela 1.

Os agrotóxicos descritos foram avaliados através de estudos *in silico* para obter as propriedades físico-químicas dos princípios ativos observados, suas estruturas químicas determinadas e propriedades descritas no programa ChemDraw® (Chemistry Drawing Tool PerkinElmer Informatics) e analisada a toxicidade teórica no Osiris Property Explorer® (Organic Chemistry Portal). O estudo *in silico* para a previsão de propriedades toxicológicas tem ganhado cada vez mais destaque, sendo utilizados como complemento aos estudos *in vitro* e *in vivo*, e tem como vantagem a rapidez na sua execução, o baixo custo e a capacidade de reduzir o uso de animais em ensaios de

Os conteúdos trabalhados na disciplina de Química são fundamentais para a formação científica e cultural dos sujeitos. São esses conteúdos que fornecem uma formação científica básica para que os estudantes do Ensino Médio tenham conhecimento do próprio estágio de desenvolvimento científico e tecnológico que a nossa sociedade desenvolveu e tenham condições de empregar esses conhecimentos no trabalho e resolver problemas postos pela realidade.



toxicidade. O estudo *in silico* representa uma ferramenta importante de simulações computacionais de propriedades que só seriam vistas anteriormente em modelos experimentais. O método *in silico* possui qualidades e deve ser continuado a ser desenvolvido, assim como métodos *in vitro*.

Os dados obtidos foram tabulados para descrever a toxicidade e características químicas dos compostos discutidos. Após o levantamento dos dados, as informações foram discutidas correlacionando as estruturas químicas com suas propriedades toxicológicas.

## Resultados e discussão

Os agrotóxicos são agentes químicos ou quaisquer substâncias ou mistura de substâncias destinadas à prevenção, à destruição ou ao controle de qualquer praga (Braguini, 2005). O objetivo de classificar os agrotóxicos quanto a sua toxicidade é distinguir os de maior e de menor periculosidade. No Brasil, a definição tem servido apenas para se definir a comunicação da toxicidade no rótulo dos compostos químicos, devendo ser utilizado o insumo apenas em condições específicas e bastante controladas, especialmente os de maior periculosidade (Garcia *et al.*, 2005). Muitas comunidades rurais utilizam essas substâncias sem obedecer às recomendações necessárias, constituindo um problema de saúde pública e um problema ambiental. Além disso, mesmo em condições de uso recomendadas pelos fornecedores, essas substâncias possuem um grau de toxicidade elevada. O uso crônico pode desencadear problemas de saúde e é discutível também como essas substâncias orgânicas se distribuem no meio ambiente.

No atual modelo dominante de agricultura, a monocultura, os agrotóxicos são utilizados com o objetivo de controlar doenças e aumentar significativamente a produção agrícola, o que tem sido eficiente para tais finalidades. Porém, dependendo de sua composição química e da concentração, os insumos lançados ao meio ambiente podem causar diversos impactos negativos sobre os ecossistemas e, conseqüentemente, ao homem e animais. O Brasil possui um clima tropical, o que favorece a produção de três tipos de culturas diferentes durante o ano. Por ser o segundo maior fornecedor mundial de produtos agrícolas, a falta de conhecimento sobre o composto químico torna-se de fato um risco, a não utilização de equipamentos de segurança e a excessiva dosagem contribuem de forma significativa para que ocorram cada vez mais contaminações dentro e fora do campo. O uso excessivo e inadequado de agrotóxicos é de fato um problema ambiental e de saúde pública. Os efeitos causados pela exposição direta e indireta aos compostos químicos podem variar a partir do grau de toxicidade do composto, tempo de exposição, dose e via de exposição (Brasil, 2018).

Dependendo da natureza química e da concentração, os agrotóxicos lançados no ambiente podem causar danos diversos à biota a eles expostos. Embora, na maioria dos casos, esses compostos não sejam capazes de provocar efeitos agudos e imediatos, podem, por outro lado, reduzir a sobrevivência desses organismos através de lesões crônicas que se manifestam, a médio e longo prazo, como desordens fisiológicas em diferentes tecidos e órgãos, ou como alterações genéticas (Kruger, 2009). O decreto nº 4.074/2002 é responsável por regulamentar a lei dos agrotóxicos: de acordo com o decreto, os agrotóxicos, seus componentes e afins só poderão ser produzidos, manipulados, importados, exportados, comercializados e utilizados no território nacional se previamente registrados no órgão federal competente, atendidas as diretrizes e exigências dos órgãos federais, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério da Saúde (MS) (Brasil, 1989). Cabe a esses órgãos federais, respectivamente, avaliar e fornecer: dossiê agrônômico que trata quanto a sua eficiência no campo; dossiê ambiental a respeito de sua ecotoxicologia; e dossiê toxicológico que avalia o grau de toxicidade do agroquímico para a população (Anvisa, 2018).

Para avaliar a distribuição dessas moléculas no ambiente e seu grau de toxicidade podemos utilizar recursos computacionais. A modelagem *in silico* é uma das alternativas aos testes de toxicidade no âmbito da toxicologia computacional, ciência na qual se aplicam modelos computacionais e matemáticos para a predição de efeitos adversos, e para o melhor entendimento do(s) mecanismo(s) através do(s) qual(is) uma determinada substância provoca o dano, o que, na definição mais abrangente de outros autores, inclui os modelos de predição de exposição interna e externa, organização de dados toxicológicos e atribuição de peso às evidências de toxicidade (Santos, 2011). O estudo de toxicidade das moléculas a fim de identificar de forma mais precisa o seu grau de toxicidade é um importante recurso para garantir a saúde pública das comunidades. Os insumos químicos que são utilizados em larga escala no Brasil podem ser submetidos a modelos computacionais que identifiquem os seus riscos à saúde. Segundo as perspectivas agrícolas da *Food and Agriculture Organization* (FAO) das Nações Unidas em 2015, o Brasil, com a quarta maior superfície agrícola do mundo, é o segundo maior fornecedor mundial de alimentos e produtos agrícolas (FAO, 2015). A modelagem *in silico* pode ser baseada em diferentes princípios metodológicos ou da combinação destes, tais como (Q)SAR [(Quantitative) Structure-Activity Relationships], formação de categorias, análise de tendência, métodos de extrapolação, etc., e que são aplicados em softwares de agências como a USEPA, OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) e Comissão Europeia (Santos, 2011). O propósito básico de classificar os agrotóxicos é distinguir

No atual modelo dominante de agricultura, a monocultura, os agrotóxicos são utilizados com o objetivo de controlar doenças e aumentar significativamente a produção agrícola, o que tem sido eficiente para tais finalidades.



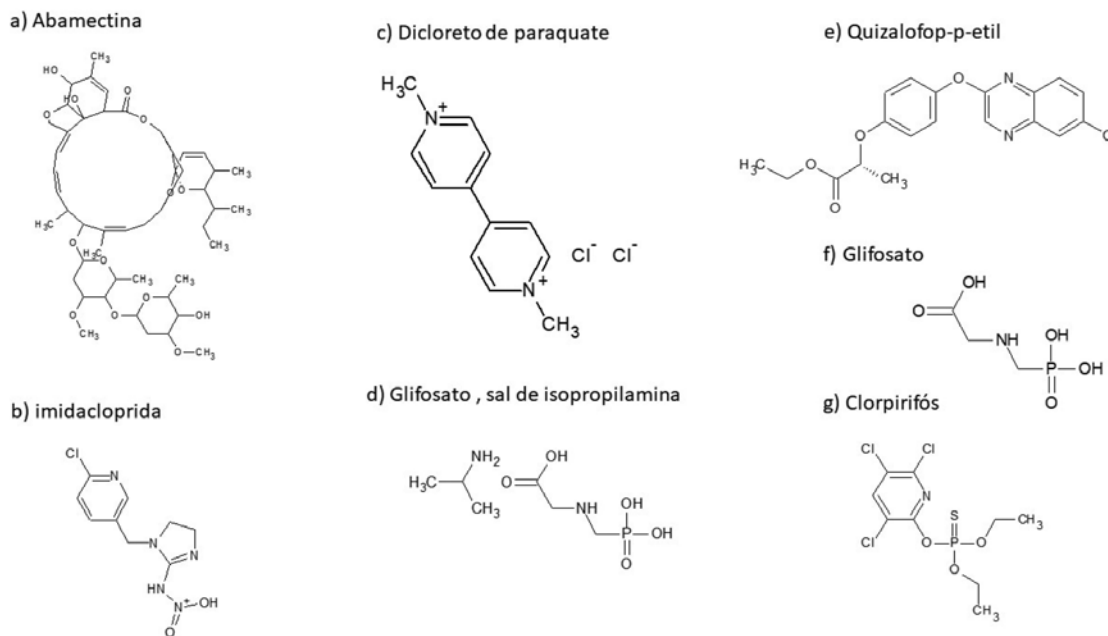


Figura 1: Estruturas químicas dos agrotóxicos.

entre os de maior e os de menor periculosidade. O emprego de agrotóxicos só deveria se dar sob condições bastante controladas, especialmente os de maior periculosidade, ficando evidente a importância de estudos que identifiquem de forma mais precisa possível o grau de toxicidade de produtos químicos que são utilizados em larga escala no Brasil e a utilização de modelos computacionais que possam vir a auxiliar na classificação toxicológica de agrotóxicos de forma que se obtenha maior eficiência no processo de registro dos compostos.

Com a obtenção dos nomes comerciais dos agrotóxicos utilizados no sítio Caldeirão, foi pesquisado o seu princípio ativo correspondente, cujas moléculas estão representadas na Figura 1.

Após o levantamento dos dados, pode-se organizar as informações mediante os conteúdos discutidos na Química do ensino médio, como estrutura química, polaridade, forças intermoleculares, funções orgânicas, solubilidade, correlacionando com propriedades biológicas como a bioacumulação e toxicidade. Para nortear as discussões foi organizado o Quadro 1.

Quadro 1: Conteúdo para discussão.

Característica	Conteúdo
Estrutura química	Reconhecimento das principais funções orgânicas, polaridade, forças intermoleculares.
Solubilidade	Migração no ambiente
Coefficiente de partição/lipossolubilidade	Absorção pelos organismos vivos
Massa molar	Propriedades físicas, volatilidade
Toxicidade	Segurança e risco biológico

As estruturas químicas dos compostos permitem a previsão do seu destino no ambiente a partir de suas propriedades moleculares. Vários processos como dissolução da água, dissociação das espécies, volatilização, retenção em solos e em sedimentos, degradação química ou biológica, absorção pelas plantas e efeitos nos seres vivos, podem ser relacionados às características químicas, físicas e biológicas que estão intimamente ligadas (Mamy *et al.*, 2015).

Na Tabela 1 constam as culturas cultivadas no sítio Caldeirão com sua localização geográfica e características como coeficiente de partição, solubilidade em água e peso molecular. Esses são dados importantes para a distribuição dos compostos orgânicos no meio ambiente.

Compostos com elevado coeficiente de partição tendem a se distribuir em locais mais lipofílicos, com maior adsorção à matéria orgânica, e possuir menor solubilidade em água. Essa propriedade também é importante para entendermos o potencial de absorção pelos seres vivos: quanto maior o coeficiente de partição, mais facilmente a substância é absorvida pelas membranas biológicas através de transporte passivo. Portanto, as propriedades químicas também contribuem para os efeitos toxicológicos.

O peso molecular também afeta várias características importantes, como ponto de fusão, ponto de ebulição, pressão de vapor e solubilidade dos compostos. Os grupos funcionais presentes nas moléculas são importantes, e suas características influenciam as propriedades físicas, pois alteram as forças intermoleculares envolvidas.

No Quadro 2 consta o perfil toxicológico das substâncias. Apenas imidacloprida, componente do produto Provado®, não apresentou nenhum risco toxicológico, o que deve ser analisado com cautela, já que é resultado de um modelo de estudo *in silico*. Para maior segurança deve ser confirmado em um modelo experimental *in vivo*, o que não isenta a necessidade de cuidados no manuseio, uso e estocagem.

Tabela 1: Culturas cultivadas no sítio Caldeirão com sua localização geográfica, e características químicas dos agrotóxicos utilizados como coeficiente de partição, solubilidade em água e peso molecular.

Cultura	Coordenadas da localidade	Nome Comercial®	Princípio Ativo	cLogP	Solubilidade	Peso Molecular
Maracujá	39° 21' 12" W / 7° 05' 09" S	KLORPAN	Clorpirifós	4,81	-5,46	349
Tomate Cereja	39° 20' 54" W / 7° 05' 11" S	PARADOX	Dicloreto de Paraquate	-6,53	-1,44	186
Feijão	39° 21' 29" W / 7° 05' 07" S	GLIFOSATO	Gifosato	-6,28	0,34	169
Mamão	39° 21' 24" W / 7° 05' 19" S	VERTIMEC	Abamectina	4,4	1,21	873,1
Milho	39° 21' 12" W / 7° 05' 10" S	ROUNDUP	Glifosato (Sal de Isopropilamina)	-6,28	0,34	169
Tomate	39° 21' 16" W / 7° 05' 08" S	PROVADO	Imidacloprida	-0,34	-2,39	255
Milho	39° 21' 38" W / 7° 05' 56" S	TARGA	Quizalofop-P-etil	3,7	-5,58	372

Após a análise dos resultados obtidos nos softwares, as características físico-químicas representam a forma como os referidos compostos vêm a interagir com o ecossistema

no qual estão em contato. Com as características toxicológicas são perceptíveis os principais impactos negativos que o contato, seja direto ou indireto, com o referido composto

Quadro 2: Efeitos toxicológicos dos princípios ativos utilizados na comunidade.

Princípio Ativo	Nome IUPAC	Mutagênico	Tumorigênico	Irritante	Efeito no Sistema Reprodutor
Clorpirifós	O,O-dietil-O-3,5,6-tricloropiridina-2-ol fosforotioato	Sim	Sim	Sim	Sim
Dicloreto de Paraquate	1,1'-dimetil-4,4'-bipiridina-dicloreto	Sim	Não	Não	Não
Glifosato	N-(fosfonometil)glicina	Sim	Sim	Não	Sim
Abamectina	(1'R,2R,3S,4'S,6S,8'R,10'E,12'S,13'S,14'E,16'E,20'R,21'R,24'S)-2-butan-2-il-21',24'-dihidroxi-12'-[(2R,4S,5S,6S)-5-[(2S,4S,5S,6S)-5-hidroxi-4-metoxi-6-metiloxan-2-yl]oxi-3,11',13',22'-tetrametilespiro[2,3-dihidropiran-6,6'-3,7,19-trioxa tetraciclo[15.6.1.14,8.020,24]pentacosa-10,14,16,22-tetraeno]-2'-one;(1'R,2R,3S,4'S,6S,8'R,10'E,12'S,13'S,14'E,16'E,20'R,21'R,24'S)-21',24'-dihidroxi-12'-[(2R,4S,5S,6S)-5-[(2S,4S,5S,6S)-5-hidroxi-4-metoxi-6-metiloxan-2-il]oxicodona-4-metoxi-6-metiloxano-2-il]oxicodona-3,11',13',22'-tetrametila-2-propan-2-ilspiro[2,3-dihidropiran-6,6'-3,7,19-trioxatetraciclo[15.6.1.14,8.020,24]pentacosa-10,14,16,22-tetraeno]-2'-ona	Sim	Não	Sim	Sim
Glifosato - Sal de Isopropilamina	Isopropilamônio N-(fosfonometil)glicinato	Sim	Sim	Não	Sim
Imidacloprida	1-((6-cloro-3-piridinil)metil)-4,5-dihidro-N-nitro-1H-imidazol-2-amina.	Não	Não	Não	Não
Quizalofop-P-etil	etil (R)-2-[4-(6-cloroquinoxalina-2-iloxi)fenoxi]propionato	Não	Não	Sim	Não

pode causar nos seres vivos, como desenvolvimento de mutações, aparecimento de tumores, irritações gerais e efeitos no sistema reprodutor, revelando que os agrotóxicos utilizados, na sua maioria, apresentam fortes riscos para a saúde das comunidades locais.

### Considerações finais

Uma das críticas que têm sido feitas reiteradamente ao ensino escolar é justamente o fato de grande parte do ensino dos conteúdos das disciplinas da educação básica estarem “distantes” da realidade vivenciada pelos estudantes. Esse ensino, muitas vezes desenvolvido como se os conteúdos disciplinares fossem uma sucessão de fatos, acontecimentos e teorias que não possuem conexão com a realidade contextual dos estudantes, faz com que o processo de ensino e aprendizagem seja percebido como estéril, como uma atividade burocrática que não tem relevância para compreender e resolver questões teóricas e práticas da vida para além dos muros da escola. Por isso a necessidade de desenvolver estratégias educativas que coloquem os estudantes em contato com problemas contextuais de natureza social, política, cultural, ambiental, ou seja, problemas que envolvem a vida em comunidade, e que esses problemas possam ser trabalhados à luz dos conhecimentos científicos desenvolvidos dentro de cada disciplina.

Tematizar o uso de agrotóxicos nas lavouras dentro da sala de aula é com certeza uma estratégia bastante relevante para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos da disciplina de Química para os estudantes do Ensino Médio e fomentar o desenvolvimento do pensamento científico, dado que o tema tem relação direta com os conhecimentos científicos da disciplina, o desenvolvimento industrial do setor químico e a utilização de produtos desse

setor numa atividade econômica essencial para os seres humanos, a agricultura. Mas trazer esse tema para a discussão com os estudantes favorece a compreensão da realidade que está para além dos conhecimentos da Química, pois essa problemática envolve múltiplas áreas do conhecimento e a consideração de diferentes perspectivas.

A exploração desse tema nas aulas, além de fomentar a apropriação crítica dos conteúdos curriculares da disciplina de Química, demonstra a importância dos conhecimentos da ciência química para a compreensão de problemas da realidade. Nesse sentido, o ensino de Química possibilita a formação de um sujeito mais crítico, capaz de atuar como cidadão na sociedade de forma reflexiva e autônoma e possa contribuir para a construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

### Agradecimentos

Ao IFCE pela concessão da bolsa de pesquisa PIBIC-Jr Edital 2019.

---

**Claudemir Lima da Silva** (claudemir1980lima@gmail.com), egresso do ensino médio integrado de Edificações do Instituto Federal do Ceará. Juazeiro do Norte, CE – BR. **José Allan de Oliveira Chagas** (joseallandeoliveira6@gmail.com), aluno do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto Federal do Ceará. Juazeiro do Norte, CE – BR. **Alex Lacerda Gomes Loiola** (alexgloiola@gmail.com), mestre em Educação Profissional e Tecnologia (PROFEPT) no Instituto Federal do Sertão Pernambucano, graduado em Pedagogia pela Universidade Estadual do Ceará. Servidor federal TAE (Técnico em Assuntos Educacionais) atuando na Coordenadoria de Pesquisa da Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação - Universidade Federal do Cariri. Juazeiro do Norte, CE – BR. **Francisco Rodrigo de Lemos Caldas** (rodrigo.lemos@ifce.edu.br), doutor em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Medicamentos (DITM- UFRPE), mestre em Bioprospecção Molecular (URCA) e licenciado em Química (UECE). Atualmente é professor do Instituto Federal do Ceará. Juazeiro do Norte, CE – BR.

### Referências

BRAIBANTE, M. E. F. e ZAPPE, J. A. A química dos agrotóxicos. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 1, p. 10-15, 2012.

BRAGUINI, W. L. Efeitos da deltametrina e do glifosato, sobre parâmetros do metabolismo energético mitocondrial, sobre membranas artificiais e naturais e experimentos *in vivo*. Curitiba, 2005. Tese. Universidade Federal do Paraná, PR, 2005.

BRASIL. Lei dos Agrotóxicos. LEI Nº 7.802, DE 11 DE JULHO DE 1989. Brasília, 2017. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7802.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7802.htm), acesso em set. 2021.

BUFFOLO, A. C. C. e RODRIGUES, M. A. Agrotóxicos: uma proposta socioambiental reflexiva no ensino de química sob a perspectiva CTS. *Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)*, v. 20, n. 1, p. 1-14, 2015.

CAVALCANTI, J. A.; FREITAS, J. C. R.; MELO, A. C. N. e FREITAS FILHO, J. R. Agrotóxicos: uma temática para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 31-36, 2010.

CHEMDRAW®. Chemistry Drawing Tool PerkinElmer Informatics. Disponível em: <https://chemdrawdirect.perkinelmer.cloud/js/sample/index.html>, acesso em set. 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/pt/>, acesso em set. 2021.

GARCIA, E. G.; BUSSACOS, M. A. e FISCHER, F. M. Harmonização e classificação toxicológica de agrotóxicos em 1992 no Brasil e a necessidade de prever os impactos da futura implantação do GHS. *Ciência & Saúde Coletiva*, n. 13 (Sup 2), p. 2279-2287, 2008.

KRUGER, R. A. Análise da toxicidade e da genotoxicidade de agrotóxicos utilizados na agricultura utilizando bioensaios com *allium cepa*. Novo Hamburgo, 2009. Dissertação. Centro Universitário Feevale, RS, 2009. Disponível em: <https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/29080.pdf>, acesso em set. 2021.

MAMY, L.; PATUREAU, D. e BARRIUSO, E. Prediction of the fate of organic compounds in the environment from their molecular properties: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 45, n. 12, p. 1277-1377, 2015.

MELLO, L. F. e FONSECA, E. M. D. Agrotóxicos no ensino de química: proposta contextualizada através de um jogo didático. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, Foz do Iguaçu, v. 2, n. 1, p. 76-90, 2018.

ORGANIC CHEMISTRY PORTAL. OSIRIS PROPERTY EXPLORER®. Disponível em: <https://www.organicchemistry.org/prog/peo/logS.html>, acesso em set. 2021.

ONU (Organização das Nações Unidas). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>, acesso em set. 2021.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F. e BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, v.13, n.

1, p. 71-84, 2007.

SANTOS, C. E. M. Toxicologia *in silico*: uma nova abordagem para análise do risco químico. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, v. 4, n.1, p. 47-63, 2011.

SAVIANI, D. Aberturas para a história da educação: do debate teórico-metodológico no campo da história ao debate sobre a construção do sistema nacional de educação no Brasil. Campinas: Autores Associados, 2013.

**Abstract:** *A case study in chemistry teaching: study of the properties of pesticides used in a rural community.* This study provides a context-based approach in chemistry teaching and presents scientific concepts by established contexts and relationships selected from daily life events. This report is based on experiences by a student at a public high school who lives in a rural community in northeastern Brazil. The present study aims to improve the teaching of pesticides in a contextualized way with a view to the formation of autonomous citizens and enriching teaching learning process. The idea of promoting appropriation in the curriculum contributes significantly to the learning of chemistry. It can enable the formation of a critical subject capable of acting reflectively and finally contributing to societal efforts towards sustainability.

**Keywords:** chemistry teaching, pesticides, environment



## Podcasts para o ensino de Química

**Bruno S. Leite**

A utilização das Tecnologias Digitais na educação tem contribuído para o processo de ensino e aprendizagem. Dentre as diversas tecnologias, o *podcasting* é um recurso importante que pode ser utilizado em sala de aula. Nesse sentido, esta pesquisa apresenta a apropriação do *podcasting* por 49 estudantes de um curso de licenciatura em Química de uma universidade pública. A atividade foi dividida em quatro etapas: (i) discussões teóricas sobre *podcasting* com os estudantes; (ii) elaboração dos *podcasts* para o ensino de Química; (iii) proposição de estratégias/atividades para utilização do *podcasting* no ensino de Química; (iv) apresentação de um seminário explicitando os objetivos do *podcasting* elaborado. Ao todo foram elaborados 16 *podcasts* pelos estudantes abordando diferentes conteúdos da Química. Os resultados mostram, além dos aspectos técnicos e demais propriedades do *podcasting*, que sua elaboração pode contribuir para o processo de construção do conhecimento dos estudantes.

► tecnologias digitais, *podcasting*, ensino de química ◀

Recebido em 05/01/2022, aceito em 22/06/2022

101

O impacto das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) na educação é, de fato, um aspecto particular de um fenômeno muito mais amplo, relacionado ao papel dessas tecnologias na sociedade atual. Muitas partes interessadas na sociedade dedicam seu tempo a melhorias contínuas na educação, especialmente por meio do uso das TDIC (Leite, 2015). É importante considerar que as TDIC são recursos que devem ser utilizadas como mediadoras no processo de ensino e aprendizagem, não podendo ser consideradas decisivas na construção do conhecimento pelos estudantes.

Nesse sentido, diversos Recursos Didáticos Digitais (RDD) têm sido utilizados no processo de ensino e aprendizagem. Os RDD são meios e aparatos que podem ser utilizados pelo professor para auxiliar o ensino e que utilizam diversas formas de expressão (texto, imagens, sons), para facilitar a construção do conhecimento dos estudantes. Um destes recursos é o *podcasting*. O *podcasting* surgiu em

2004, quando Adam Curry (um VJ) e Dave Winner (um programador) transmitiram o primeiro programa de rádio na web. Desde então, o *podcasting* rapidamente ganhou popularidade pela facilidade em criar e em publicar, começando a ser utilizado em diversos ambientes, inclusive na educação.

Destarte, esta pesquisa tem como objetivo descrever a elaboração de *podcasts* por estudantes do curso de licenciatura em Química de uma universidade pública federal na disciplina de “TIC no Ensino de Química”,

relatando os aspectos norteadores para sua elaboração e classificação, além das estratégias de aplicação propostas pelos futuros professores.

### *Podcasting*

O *podcasting* é um arquivo digital disponível on-line e que pode ser ouvido ou assistido em local e horário à sua escolha. Entretanto, é preciso esclarecer que *podcasting* vem do acrônimo das palavras *Public On Demand* (POD)

[...] esta pesquisa tem como objetivo descrever a elaboração de podcasts por estudantes do curso de licenciatura em Química de uma universidade pública federal na disciplina de “TIC no Ensino de Química”, relatando os aspectos norteadores para sua elaboração e classificação, além das estratégias de aplicação propostas pelos futuros professores.

e *broadcasting* (CASTING). Um erro comum é dizer que o *podcasting* surgiu da junção das palavras *iPod* (*mp3 player* da Apple) e *broadcasting* (transmissão em rede). É preciso também esclarecer que a série de arquivos publicados por *podcasting* é chamada de *Podcast* (embora este termo seja bastante utilizado como se tratasse de apenas um único *podcasting*). Neste artigo, será utilizado o termo *podcasts* (em inglês) para se referir a mais de um *podcasting* e *podcast* quando se tratar de uma série de publicações de um mesmo *podcaster*. Segundo Markman (2011), o *podcaster* é definido como alguém que cria e distribui *podcasting*, isto é, um produtor de conteúdo.

O termo *podcasting* pode ser descrito de forma resumida como uma emissão pública segundo uma demanda (Cochrane, 2005), ou seja, é um meio de publicar um conteúdo audiovisual na web podendo ser baixado diretamente da internet, desde que o usuário esteja subscrito nos vários agregadores, recebendo-o automaticamente. O que difere um *podcasting* de qualquer outro material audiovisual é a maneira com que ele é publicado e compartilhado. Os *podcasts* são usados para compartilhar conteúdos de vários meios de comunicação com o objetivo geral de o usuário ter o direito de usufruir de conteúdos devidamente programados no momento em que achar apropriado. Para Sansinadi, Wardhany e Winarko (2020), o uso do *podcasting* é uma forma prazerosa de ampliar o aprendizado, permitindo que estudantes e professores desenvolvam suas qualidades durante a aprendizagem.

O *podcasting* pode ser classificado em seis dimensões (Carvalho *et al.*, 2009; Leite, 2015): (1) formato (*audiocast*, *videocast*, *podcast* aprimorado/*enhanced podcast*, *screencast* e *animecast*); (2) tipo (expositivo, *feedback*, instrutivo, metáfora, educacional); (3) duração (curto, moderado e longo); (4) autoral; (5) estilo (formal e informal); (6) finalidade (informar, motivar, desafiar, explicar, sensibilizar, incentivar a questionar, analisar, resumir, refletir, etc.).

Uma das vantagens na elaboração de *podcasts* é que eles não apresentam elevados custos para sua produção, sendo preciso seguir três etapas: pré-produção (planejamento do tema abordado, criação do roteiro, etc.), produção (gravação) e pós-produção (edição e publicação) (Leite, 2015).

No ensino de Química encontram-se algumas aplicações de *podcasts*, por exemplo, na elaboração de *videocast* sobre células eletrolíticas (Leite *et al.*, 2010), na criação de atividades para aulas de Química (Bartle *et al.*, 2010), como instrumento de auxílio a favor do processo de ensino e aprendizagem da Química (Locatelli *et al.*, 2018) e na análise de suas potencialidades (Santos *et al.*, 2015). MacKenzie (2019) analisou a produção de *podcast* sobre Ciências publicados em inglês identificando que os *podcasts*

de Química representavam apenas 3% do total de *podcasts* sobre Ciências. Esse percentual é o mais baixo quando se compara com as outras áreas das Ciências (Biologia tem 14% do total, Física e astronomia 18%). Assim, discutir sobre a incorporação do *podcasting* para a área da Química pode se configurar como uma boa estratégia para conhecer ações que contribuam para o processo de ensino e aprendizagem e, conseqüentemente, para a construção do conhecimento químico.

Nesse sentido, a elaboração de *podcasting* por licenciandos (futuros professores) evoca o potencial desse recurso: criar e disseminar o conhecimento adquirido por eles, sendo possível em suas futuras práticas pedagógicas trazer mobilidade para uma aula, pois é admissível utilizá-lo de forma presencial ou à distância, além de que, durante a elaboração do *podcasting*, é necessário o conhecimento sobre o conteúdo (químico) que será abordado, o que direcionará a estratégia que será aplicada para o uso do *podcasting* em sala de aula.

### Percurso metodológico

A pesquisa de natureza qualitativa (Lüdke e André, 2012) abrange uma abordagem descritiva e interpretativa das propostas dos *podcasts* pelos sujeitos investigados. A partir de um estudo de caso, em que um acontecimento específico (ou contexto) é pesquisado detalhadamente, busca-se avaliar descritivamente as propostas apresentadas.

Nesse sentido, a pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas: (1) Discussões sobre *podcasting* com os estudantes da licenciatura em Química. Nesse momento, foram discutidas as características do *podcasting* (origem, tipos, aplicação, etc.), além de sua inserção na educação e como o *podcasting* pode contribuir no processo de ensino e aprendizagem; (2) Elaboração de *podcasting* para o ensino de Química. Nessa etapa, os estudantes produziram *podcasts* envolvendo conteúdos da Química. A escolha do conteúdo foi livre, desde que envolvesse a Química; (3) Proposição de estratégias e/ou atividades para utilização do *podcasting* produzido para o ensino de Química. Os estudantes entregaram uma proposição de estratégia/atividade envolvendo o *podcasting* elaborado para ser aplicado no ensino médio. Cabe destacar que o estilo de atividade elaborada e os conteúdos envolvidos na proposta foram de escolha livre pelos estudantes; (4) Os estudantes apresentaram um seminário explicitando os objetivos da proposta do *podcasting* elaborado para o ensino de Química, justificando o uso das imagens, sons ou textos, além de destacarem como os conceitos químicos seriam introduzidos em sua futura prática docente. Esse momento foi gravado utilizando o *Google Meet*. O tempo máximo para apresentação do seminário foi

No ensino de Química encontram-se algumas aplicações de *podcasts*, por exemplo, na elaboração de *videocast* sobre células eletrolíticas (Leite *et al.*, 2010), na criação de atividades para aulas de Química (Bartle *et al.*, 2010), como instrumento de auxílio a favor do processo de ensino e aprendizagem da Química (Locatelli *et al.*, 2018) e na análise de suas potencialidades (Santos *et al.*, 2015).

de dez (10) minutos, excetuando-se o tempo de exibição de cada *podcasting*. Ainda nesse momento, o professor realizou intervenções sobre as propostas produzidas levando em consideração os argumentos apresentados.

Os seminários ocorreram com a participação do pesquisador, que se baseou na “escuta sensível” proposta por Barbier (2002). De maneira geral, a escuta sensível pretende compreender o sentido que existe em uma situação ou uma prática, a partir de uma abordagem rogeriana (humanística). A partir das gravações realizou-se a transcrição das falas e foram analisadas as interlocuções dos sujeitos quanto à potencialidade das propostas em contribuir para o ensino de Química.

Como unidade de análise da pesquisa participaram quarenta e nove (49) estudantes do curso de licenciatura em Química de uma universidade federal em Pernambuco. A pesquisa foi realizada na disciplina “Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Química (TICEQ)” em dois semestres distintos, sendo o semestre 1 com vinte e dois (22) estudantes e o semestre 2 com vinte e sete (27). Para garantir o anonimato dos participantes, retirou-se dados que poderiam identificá-los. Nesse contexto, utilizou-se  $E_N$  para representar a fala do discente, em que  $N = 1, 2, 3, \dots 49$ . Os estudantes de  $E_1$  a  $E_{22}$  cursaram a disciplina no semestre 1, já os demais ( $E_{23}$  a  $E_{49}$ ) cursaram no semestre 2. Cabe ressaltar que a disciplina é ofertada no segundo período do curso, assim esses estudantes têm pouca familiaridade com os aspectos didático-pedagógicos do ensino da Química (o que pode consequentemente afetar a proposta desenvolvida) e ainda estão “conhecendo” as disciplinas do curso de Química (podendo afetar a profundidade teórico-conceitual dos conteúdos abordados na Química).

## Resultados e Discussão

Na presente seção, apresenta-se os resultados alcançados durante o processo de elaboração dos *podcasts* pelos estudantes. Serão discutidas as estratégias/atividades propostas pelos estudantes (Etapa 3) para utilização do *podcasting* elaborado (Etapa 2), relacionando com algumas percepções dos estudantes obtidas durante os seminários (Etapa 4). As discussões relativas ao *podcasting* (Etapa 1) foram realizadas durante as aulas da disciplina TICEQ, na forma de aula expositiva dialógica, não sendo foco de discussão neste artigo.

### Podcasts elaborados para o ensino de Química

O processo de elaboração dos *podcasts* ocorreu após as aulas teóricas ministradas pelo professor da disciplina TICEQ sobre o *podcasting* (Etapa 1). Os estudantes tiveram seis (6) semanas para produzirem os *podcasts* e posteriormente apresentarem o seminário (Etapa 4).

Os seminários ocorreram com a participação do pesquisador, que se baseou na “escuta sensível” proposta por Barbier (2002). De maneira geral, a escuta sensível pretende compreender o sentido que existe em uma situação ou uma prática, a partir de uma abordagem rogeriana (humanística).

Para a elaboração da atividade foram formados dezesseis (16) grupos, sendo quinze (15) trios e um (1) grupo com quatro (4) estudantes, totalizando 16 propostas de atividade com o *podcasting*. Os grupos formados ficaram livres para a escolha do conteúdo a ser abordado no *podcasting*. Contudo, o professor da disciplina solicitou que o conteúdo fosse direcionado aos estudantes do ensino médio.

O *podcasting* se configura como um recurso tecnológico que pode contribuir para a transformação da aprendizagem. Além disso, as potencialidades que o *podcasting* permite em contexto de sala de aula são inúmeras. Deal (2007) destaca algumas: a produ-

ção e distribuição de aulas para revisão, a utilização como material suplementar (adicional), a produção pelos próprios estudantes (como parte de uma atividade avaliativa ou formativa) e o desenvolvimento de habilidades dos estudantes. Nesse contexto, os *podcasts* produzidos por cada grupo de estudantes apresentam características que foram atribuídas segundo a classificação de Leite (2015) e são elencadas no Quadro 1.

A maioria dos *podcasts* elaborados pelos grupos (87,5%) foi no formato *videocast* (tipo de *podcasting* que se refere à distribuição de vídeos); apenas 12,5% foram no formato de *enhanced podcast* (tipo de *podcasting* que contém informações multimídia, como slides, fotos, imagens, vídeos curtos, etc.). 87,5% dos *podcasts* foram do tipo informativo, ou seja, tratam da apresentação de um determinado conteúdo ou uma síntese do conteúdo a ser ensinado (Carvalho *et al.*, 2009; Leite, 2015). Esse tipo também inclui o resumo de uma obra, de um artigo, de uma teoria.

Em relação à duração dos *podcasts*, observa-se que 56,25% foram curtos, isto é, com duração de até 5 minutos e 43,75% moderados, com tempo de duração entre 6 e 15 minutos. Ao tratarmos do estilo dos *podcasts* produzidos pelos estudantes, os dados revelam que 62,5% foram informais e 37,5% formais. O estilo depende de como o *podcasting* é apresentado. Aponta-se também que os estudantes tiveram como objetivo na produção dos *podcasts* informar (68,75%), questionar (25%), explicar (12,5%), analisar (6,25%) e sintetizar (6,25%) a temática abordada.

É importante destacar que todos os grupos na etapa de pré-produção do *podcasting* elaboraram um roteiro para guiá-los durante a etapa de produção do *podcasting*. Não existem fórmulas prontas para o roteiro, mas é possível “inferir alguns pontos que sejam importantes na elaboração de um roteiro para o podcast” (Leite, 2015, p. 320). Nesse sentido, o modelo de roteiro utilizado pelos estudantes consistia em organizar as informações em duas colunas. Na primeira coluna, estão disponíveis as informações referentes às imagens do *podcasting*, isto é, o que será visualizado. Já a segunda coluna continha a descrição dos sons e diálogos que serão utilizados no *podcasting* (Figura 1).

Quadro 1: Classificação dos podcasts.

Nome do <i>podcasting</i>	Tipo	Formato	Duração	Autor	Estilo	Finalidade
Conhecendo os Modelos atômicos	Informativo	<i>Videocast</i>	Curto	E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub> e E <sub>3</sub>	Formal	Informar
Solubilidade	Informativo	<i>Videocast</i>	Moderado	E <sub>4</sub> , E <sub>5</sub> e E <sub>6</sub>	Formal	Informar
Eletrodo revestido	Informativo	<i>Videocast</i>	Moderado	E <sub>7</sub> , E <sub>8</sub> e E <sub>9</sub>	Informal	Informar
Ondas eletromagnéticas	Informativo	<i>Videocast</i>	Curto	E <sub>10</sub> , E <sub>11</sub> e E <sub>12</sub>	Informal	Questionar
Propriedades coligativas	Informativo	<i>Enhanced podcast</i>	Curto	E <sub>13</sub> , E <sub>14</sub> e E <sub>15</sub>	Informal	Explicar
Telequímicas	Informativo	<i>Videocast</i>	Moderado	E <sub>16</sub> , E <sub>17</sub> e E <sub>18</sub>	Informal	Explicar
Química descomplicada: neutralização	Informativo	<i>Videocast</i>	Moderado	E <sub>19</sub> , E <sub>20</sub> , E <sub>21</sub> e E <sub>22</sub>	Formal	Questionar
Entendendo a chuva ácida e seus efeitos	Informativo	<i>Videocast</i>	Curto	E <sub>23</sub> , E <sub>24</sub> e E <sub>25</sub>	Informal	Informar / Analisar
Substâncias e misturas, por que álcool 70°?	Educacional	<i>Enhanced podcast</i>	Curto	E <sub>26</sub> , E <sub>27</sub> e E <sub>28</sub>	Informal	Informar
Modelos atômicos	Informativo	<i>Videocast</i>	Curto	E <sub>29</sub> , E <sub>30</sub> e E <sub>31</sub>	Formal	Informar
Matéria e suas transformações	Informativo	<i>Videocast</i>	Moderado	E <sub>32</sub> , E <sub>33</sub> e E <sub>34</sub>	Formal	Informar / Sintetizar
Osmose	Informativo	<i>Videocast</i>	Curto	E <sub>35</sub> , E <sub>36</sub> e E <sub>37</sub>	Informal	Questionar
Descoquímica	Informativo	<i>Videocast</i>	Moderado	E <sub>38</sub> , E <sub>39</sub> e E <sub>40</sub>	Informal	Informar
Química em casa	Informativo	<i>Videocast</i>	Curto	E <sub>41</sub> , E <sub>42</sub> e E <sub>43</sub>	Informal	Informar
Bomba atômica	Informativo/ Educacional	<i>Videocast</i>	Curto	E <sub>44</sub> , E <sub>45</sub> e E <sub>46</sub>	Informal	Informar/ Questionar
Reações químicas: do violeta para o incolor	Educacional	<i>Videocast</i>	Moderado	E <sub>47</sub> , E <sub>48</sub> e E <sub>49</sub>	Formal	Informar

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

### Estratégias/atividades propostas pelos estudantes para o uso de *podcasting* no ensino de Química

Nesta seção, apresenta-se as propostas dos estudantes referentes aos *podcasts* produzidos para serem utilizados no ensino de Química (Etapa 3). Algumas propostas dos estudantes se mostraram mais detalhadas e coerentes para uma possível aplicação em sala de aula, enquanto em outras faltavam elementos para compreensão de sua execução. Em relação às propostas foi solicitado que os grupos enviassem uma sinopse do *podcasting* produzido, isto é, uma descrição sintética da ideia do *podcasting*, deixando claro o que seria abordado. O Quadro 2 descreve as sinopses enviadas pelos estudantes, respeitando o formato de escrita, inclusive mantendo erros de digitação e gramaticais.

Para melhor discussão das propostas, nesta seção foram

agregadas algumas falas dos estudantes registradas durante os seminários (Etapa 4), na qual expressavam suas percepções quanto à aplicação e importância das propostas.

As estratégias/atividades apresentadas pelos grupos foram classificadas segundo três características: (I) **uso do *podcasting* antes da aula**: em que o aluno deveria assistir ao *podcasting* antes do professor ministrar o assunto; (II) **uso do *podcasting* depois da aula**: o estudante deveria ver o conteúdo abordado no *podcasting* após o professor discutir o assunto em sala de aula como revisão ou como um aprofundamento do conteúdo; (III) **uso do *podcasting* durante a aula**: consistia na utilização do *podcasting* em algum momento da aula. Optou-se por apresentar uma proposta de cada característica para atender o limite de páginas da revista. O critério de escolha foi baseado nas propostas que



Modelo de Roteiro para um *podcasting*  
(Nome do Podcast)

Imagens	Som/ diálogos
Apresentação do Podcast Imagem do apresentador	Som Ambiente. Apresentador: Olá, sejam bem-vindos, eu sou o Bruno e este é Podcast de Química; Nele estaremos abordando as Ligações Química, vamos lá.
Video transition (VT)	
Imagens do Laboratório de química  Imagem do Apresentador	Som Ambiente.  Apresentador: Ligações em que há transferência de elétrons entre as espécies químicas, podem ser chamadas de Ligações Iônicas. Esse tipo de ligação ocorre em ter Metais e ametais, por exemplo, o Sódio é um metal e o cloro é um Ametal. Observe:
(VT)	
.....	.....
Créditos: PQ – Podcast Química Apresentação: Edição: Imagens: Áudio: Agradecimentos: Realização:	

Figura 1: Modelo de roteiro para um *podcasting*. Fonte: Extraído de Leite (2015, p. 321).

apresentassem maior número de detalhes na explicação da estratégia/atividade e que apresentaram maiores discussões na turma.

A primeira característica (uso antes da aula) foi observada em 37,5% das propostas dos estudantes. A segunda (uso depois da aula) foi a que apresentou maior número de propostas de estratégias/atividades pelos estudantes, com 50%. A terceira característica (uso durante a aula) apresentou o menor número de propostas, apenas 12,5%.

Em relação à primeira característica, o Grupo 9 (G9) sugeriu que o uso do *podcasting* ocorresse antes de iniciar o conteúdo, detalhando as ações que o professor deveria realizar para que os estudantes vissem o *enhanced podcast*, em que, além do *enhanced podcast*, os estudantes deveriam receber um texto (artigo científico) para que pudessem entender a diferença entre substâncias e misturas. Segundo E<sub>27</sub>, o “artigo científico seria um adicional ao *podcasting*, a ideia é que o aluno visse o *podcasting* e lesse o artigo antes de ter a aula com o professor”. Complementando a fala de E<sub>27</sub>, E<sub>28</sub> afirmou que: “ao ter contato com esses dois materiais o aluno já teria uma noção da discussão que vai ocorrer na sala de aula sobre o álcool 70”.

A estratégia proposta pelo G2 foi abordar o assunto sobre solubilidade depois da aula sobre o conteúdo, uma vez que havia atividades experimentais para serem realizadas. Segundo E<sub>5</sub>, a “intenção era que o aluno visse nosso *podcasting* depois de assistir à aula do professor e pudesse realizar a experiência em casa”. Para E<sub>4</sub>, “o *podcasting*

busca informar o aluno sobre o que é solubilidade revisando o conceito e realizando a prática”.

Na terceira categoria, o G16 apresentou como proposta a utilização do *podcasting* durante a aula. A estratégia consistia na visualização do experimento no momento em que o professor estivesse explicando o conteúdo. Um dos participantes do grupo explicou: “a proposta é que o estudante observasse o experimento enquanto o professor explicava na sala de aula, não sendo preciso ir para o laboratório

para comprovar” (E<sub>47</sub>). Na visão de E<sub>49</sub>, “o experimento é atrativo e a estratégia de mostrar na hora da aula chamaria a atenção dos alunos. Seria algo divertido e atrativo, aproximando os alunos da realidade laboratorial”. Cabe ressaltar que o número pequeno de propostas dessa categoria (apenas dois *podcasts*) pode estar relacionado à formação dos licenciandos, uma vez que a disciplina de TICEQ é ofertada no primeiro ano do curso e as disciplinas voltadas para as questões pedagógicas do ensino de Química iniciam apenas no segundo ano do curso (a partir do quarto período), o que pode influenciar a proposição das estratégias didáticas dos licenciandos para utilização do *podcasting* em sua futura prática docente. A Figura 2 apresenta imagens dos três *podcasts* discutidos anteriormente.

Durante as apresentações dos seminários, o professor da disciplina fez diversas intervenções com perguntas que variavam de acordo com a apresentação; contudo, dois questionamentos foram feitos a todos os grupos. O primeiro deles foi: “O *podcasting* produzido por vocês [estudantes] pode promover alguma melhoria na aprendizagem dos estudantes?”; e o segundo: “Quais as vantagens de utilizar esse *podcasting*?”.

Durante as apresentações dos seminários, o professor da disciplina fez diversas intervenções com perguntas que variavam de acordo com a apresentação; contudo, dois questionamentos foram feitos a todos os grupos. O primeiro deles foi: “O *podcasting* produzido por vocês [estudantes]

Quadro 2: Sinopses dos podcasts elaborados pelos estudantes.

Grupos	Sinopse
G1 - Conhecendo os modelos atômicos	Nesse <i>podcast</i> , abordamos os modelos atômicos, explicando cada proposta de modelo desde a mais antiga até a mais aceita nos dias atuais.
G2 - Solubilidade	O CAST-Química irá falar sobre solubilidade e suas características apresentando alguns exemplos.
G3 - Eletrodo revestido	O <i>podcasting</i> comenta a utilização do aço na confecção de vários equipamentos, usando como exemplo uma reforma de um balanço de uma praça, vendo a parte prática da reforma, com foco no uso da solda com eletrodo revestido e comentando algumas reações que ocorrem durante essa operação, falando também um breve relato do início da soldagem.
G4 - Ondas eletromagnéticas	De uma forma prática e bem simplificada o <i>podcasting</i> explica um assunto químico com o intuito de ensinar e prender a atenção de todas as faixas de aluno.
G5 - Propriedades coligativas	Neste <i>podcast</i> é abordado um panorama geral e introdutório do que são as propriedades coligativas e como elas estão presentes na vida cotidiana.
G6 - Telequímics@s	Neste <i>podcasting</i> de programa de TV infantil, os coloridos Telequímics@s brincam e se divertem na Terra dos Teletubbies. O episódio de hoje retrata sobre o conceito de densidade, depois que Dipsi observa um arco-íris na janela e é questionado sobre a construção do mesmo, contando com a participação das professoras E <sub>16</sub> , E <sub>17</sub> e E <sub>18</sub> .
G7 - Química descomplicada	O <i>podcasting</i> desenvolvido pela Química Descomplicada faz ênfase aos tipos de Reações de Neutralização, conceituando e dando dicas para prova do ENEM.
G8 - Entendendo a chuva ácida e seus efeitos	O objetivo desse <i>podcasting</i> é explicar a ocorrência e as consequências do fenômeno da chuva ácida através de um experimento simples. Outro objetivo associado é levar o espectador a questionar acerca desse tema, de forma a construir conhecimentos que poderão ser úteis para o vestibular ou estudar esse conteúdo de Química. Um material informativo que se torna útil também para professores utilizarem em suas aulas.
G9 - Substâncias e misturas, por que álcool 70°?	O <i>podcasting</i> de hoje nos explica o que são substâncias e mistura na tentativa de explicar o porquê do álcool apresentar a seguinte nomenclatura: Álcool 70°.
G10 - Modelos atômicos	Abordar o ensino de Química de maneira clara e objetiva sob o tema Modelos Atômicos.
G11 - Matéria e suas transformações	O <i>VideoCast</i> apresentado aborda o assunto de “Matéria e suas Transformações” da área de Química a fim de evidenciar e dinamizar o ensino da química através das Tecnologias da Informação e Comunicação.
G12 - Osmose	Apresentação do assunto osmose, através de um experimento, que pode fazer em casa.
G13 - Descoquímica	A química dos saneantes tem sido bastante estudada em tempos de covid-19. Segundo a OMS este vírus é capaz de permanecer ativo por horas em diferentes superfícies, podendo chegar a dias. Desse modo, umas das formas de combate tem sido o uso de agentes químicos saneantes que são empregados na higienização de mãos, objetos e superfícies. Mas como isso funciona? Que tipo de interação química acontece entre o vírus e as substâncias?
G14 - Química em casa	A proposta do experimento é observar os efeitos da pressão atmosférica, comportamento dos gases com a variação da temperatura e entender como isso acontece no nosso dia a dia.
G-15 Bomba atômica	Este <i>podcasting</i> tem como objetivo apresentar como funciona uma bomba atômica, ao demonstrar por meio de imagens o processo de reação em cadeia provocadas pela fissão nuclear dos átomos, e quais são os principais elementos químicos que ela contém. Ademais, o <i>podcasting</i> traz uma breve definição da bomba atômica, e o apresenta em um contexto histórico no período da Segunda Guerra Mundial, e quais foram os efeitos causados por ela no bombardeio atômico nas cidades de Hiroshima e Nagasaki em 1945.
G16 - Reações químicas: do violeta para o incolor	Trata-se de um <i>VideoCast</i> que apresenta a química e o seu objeto de estudo que é a matéria e as suas propriedades, as suas transformações e, principalmente, as reações químicas. São utilizados materiais para experimento com permanganato de potássio e as variações das suas cores no processo de reação química e a equação química da reação e por fim a utilidade do seu estudo e prática para o benefício da sociedade.

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

pode promover alguma melhoria na aprendizagem dos estudantes?”; e o segundo: “Quais as vantagens de utilizar esse *podcasting*?”.

Em relação ao primeiro questionamento, todos afirmaram que sim, destacando-se alguns pontos em comum:

**(1) Apoio na compreensão do conteúdo abordado.** Algumas falas foram “Sim. O *podcasting* é bem específico e

*isso ajuda o estudante a aprender melhor*” (E<sub>7</sub>); “*com certeza ajuda. O [podcasting] osmose auxilia a entender o tema de forma introdutória, mas clara, assim os estudantes do 2º ano vão poder aprender o assunto*” (E<sub>36</sub>); e “*Eu acho que sim. Ao mostrar os mecanismos das reações de forma detalhada, o aluno vai logo entender o assunto e aprender rapidinho*” (E<sub>48</sub>).



Figura 2: Imagens dos Podcasts produzidos pelos grupos G9, G2 e G16, respectivamente.

(2) **Material de revisão e consulta.** Para alguns estudantes, o *podcasting* é um RDD que pode ser utilizado para consultar e aprofundar o conhecimento em determinado assunto, assim favorecendo a aprendizagem. Algumas respostas foram: “*Sim. Ele [o podcasting] pode ser usado para revisar o assunto, pois já está resumido e explicando o assunto*” (E<sub>33</sub>); “*Sim. O aluno que pegar esse podcasting irá ter uma noção sobre o assunto, é uma forma de revisar as propriedades coligativas, já que tem muita coisa nesse conteúdo para aprender*” (E<sub>13</sub>); e “*ele é bom para revisar a evolução dos modelos [atômicos] aprendendo o que mudou de um para outro*” (E<sub>3</sub>).

(3) **Utilização de diferentes mídias subsidia a aprendizagem dos conteúdos.** Os estudantes consideraram que o uso de diferentes tipos de mídias (texto, imagens, sons, vídeos) no *podcasting* auxilia a aprendizagem do assunto abordado, conforme exposto por E<sub>23</sub>: “*eu acho que ajuda na aprendizagem sim, pois tem muita imagens que explicam o assunto, a gente colocou legendas que ajudam a compreender*” e por E<sub>9</sub>: “*ele promove a aprendizagem de qualquer aluno, as imagens do uso real impacta e não tem como não aprender vendo como ocorre o processo*”.

Em relação ao questionamento “Quais as vantagens de utilizar esse podcasting?”, os estudantes apresentaram inúmeras respostas. Sintetiza-se aqui algumas que apresentavam ideias próximas em relação a qual tipo de vantagem poderia ocorrer:

- a. Vantagem da contextualização.** A contextualização no ensino de Química significa oportunizar ao estudante uma abordagem dos conteúdos que utilize fatos do cotidiano (Wartha *et al.*, 2013). Uma das vantagens descritas pelos estudantes está relacionada à possível contextualização que pode ocorrer no *podcasting*, por exemplo: “*Eu acho que trazer para o dia a dia, contextualizando o assunto*” (E<sub>7</sub>); “*compreender o que acontece na nossa vida diária de forma científica é uma vantagem*” (E<sub>24</sub>); e “*ao propor falar de pressão, de gases que estão presentes no dia a dia nosso, é uma vantagem enorme pro aluno aprender*” (E<sub>42</sub>).
- b. Vantagem da ubiquidade.** A ubiquidade tem como princípio permitir a qualquer um aprender em qualquer lugar e a qualquer momento. Nesse sentido, os estudantes destacaram “*a vantagem de ter o conteúdo baixado no celular e assistir onde eu quiser*” (E<sub>16</sub>) e “*[a vantagem é que] o aluno vai poder ver o podcasting em qualquer lugar, na hora que quiser, como quiser, tá ali sempre disponível para ele usar*” (E<sub>19</sub>).

**c. Vantagem do conteúdo.** Os estudantes argumentaram que uma das vantagens do *podcasting* elaborado por eles referia-se a ter acesso ao conteúdo para aprenderem. Algumas falas foram: “*a maior vantagem para mim é que o podcasting permite acesso ao conteúdo para aprender*” (E<sub>2</sub>); “*o conteúdo da química de forma compacta e clara é um benefício que nosso podcasting traz*” (E<sub>7</sub>); e “*o fato de ter o conteúdo que será ensinado já ajuda o aluno a estudar*” (E<sub>44</sub>).

**d. Outras vantagens.** Os estudantes também mencionaram em suas respostas “interatividade”, “praticidade”, “ativação do imaginário”, “provocar emoções”, “observar os fenômenos”, “fortalecer os estudos” como vantagens do *podcasting* elaborado.

A produção dos *podcasts* possibilitou aos estudantes o desenvolvimento de certa autonomia, ao requerer deles a organização de ideias sobre o que iriam produzir. Além disso, o *podcasting*, ao demonstrar grande potencial para a educação, pode ser utilizado de forma síncrona ou assíncrona, presencial ou virtual, pode explorar abordagens interdisciplinares e apresentam grande flexibilidade. Sua preparação requer atenção concentrada e consciência da importância do material a ser preparado e para quem será preparado.

Os dados coletados durante os seminários demonstraram uma postura favorável dos estudantes para a elaboração e utilização de *podcasting* no ensino de Química. Além disso, a forma como o *podcasting* pode ser produzido (não necessita de altos custos para sua produção, nem de equipamentos de ponta) contribui para maior motivação por parte dos desenvolvedores (professores e estudantes), que não precisam do auxílio de um especialista.

### Considerações finais

Neste artigo foi analisado o desenvolvimento de *podcasts* para o ensino de Química por 49 estudantes do segundo período do curso de licenciatura em Química de duas turmas distintas. Discutiu-se sobre os *podcasts* produzidos por eles e suas percepções de como o *podcasting* pode contribuir para a aprendizagem e quais as vantagens de sua utilização em sala de aula.

A partir dos resultados, acredita-se que o *podcasting* pode promover boas práticas de ensino, corroborando os achados de outras pesquisas (Bartle *et al.*, 2010; Leite *et al.*, 2017; Locatelli *et al.*, 2018). A elaboração dos *podcasts* permitiu identificar a importância de os estudantes/autores produzirem

seus materiais didáticos para uma futura prática docente. O processo de elaboração do *podcasting* contribuiu não só para identificar o papel desse RDD no processo de ensino e aprendizagem, mas também para apontar o fato de que sua elaboração promove o engajamento e amplia as possibilidades de práticas pedagógicas no contexto educacional. Considera-se que os *podcasts* elaborados pelos estudantes podem ser utilizados em diferentes níveis de ensino e com diferentes conteúdos, dependendo da intenção e propósito da aula.

Os *podcasts* se configuram como RDD que possibilitam a construção do conhecimento, seja em sala de aula ou de forma ubíqua (considerando os preceitos da aprendizagem móvel). As contribuições que os *podcasts* podem promover ao processo de ensino e aprendizagem da Química são diversas. Eles já fazem parte do dia a dia dos estudantes e, como professores (ou futuros professores), é preciso aprender a lidar com eles. É desejável que os professores

utilizem as potencialidades dos *podcasts* para a construção do conhecimento dos seus estudantes e que estes possam aprender os conteúdos de seu interesse de modo dinâmico, ativo e atual. O *podcasting* certamente representa um exemplo de desenvolvimento das TDIC e sua utilização servirá como estímulo e oportunidade para abordagens inovadoras na Educação.

Por fim, nossa perspectiva é que este trabalho possa incentivar outros professores a elaborarem e utilizarem *podcasts* com seus estudantes, de modo a contribuir para o ensino de Química.

---

**Bruno Silva Leite** (brunoleite@ufrpe.br), licenciado em Química e mestre em Ensino das Ciências pela UFRPE. Doutor em Química pela Universidade Federal de Pernambuco. É professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE, onde coordena o Laboratório para Educação Ubíqua e Tecnológica no Ensino de Química (LEUTEQ). Recife, PE – BR.

## Referências

BARBIER, R. *Escuta sensível na formação de profissionais de saúde. Anais da Conferência na Escola Superior de Ciências da Saúde - FEPECS, SES-GDF*. Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.barbier-rd.nom.fr/ESCUTASENSIVEL.PDF>, acesso em set. 2021.

BARIN, C. S.; SAIDELLES, T.; ELLEN SOHN, R. M. e SANTOS, L. M. A. Práticas pedagógicas inovadoras: o uso do podcast na perspectiva da sala de aula invertida. *RENOTE*, v. 17, n. 3, p. 518-526, 2019.

BARTLE, E.; LONGNECKER, N. e PEGRUM, M. Can creating podcasts be a useful assignment in a large undergraduate chemistry class? *Proceedings of the 16th UniServe Science Annual Conference, 2010*, p. 104-107. Sydney: The University of Sydney, 2010.

CARVALHO, A. A. A.; AGUIAR, C. e MACIEL, R. A Taxonomy of Podcasts and its Application to Higher Education. In: *ALT-C 2009 "In dreams begins responsibility" - choice, evidence and change. Conference Proceedings*, p. 132-140. Manchester, 2009.

COCHRANE, T. *Podcast: Do it yourself guide*. Indianapolis: Wiley, 2005.

DEAL, A. *A teaching with technology white paper: Podcasting*. Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon, 2007.

LEITE, B. S. *Tecnologias no ensino de química: teoria de prática na formação docente*. Curitiba: Appris, 2015.

LEITE, B. S.; LEÃO, M. B. C. e ANDRADE, S. A. Videocast: uma abordagem sobre pilhas eletrolíticas no ensino de química. *Revista Tecnologias na Educação*, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2010.

LEITE, Q. S. S.; ARANHA, S. D. G. e LEITE, B. S. A produção

de podcasts por estudantes do ensino médio sobre a língua portuguesa e a comunicação verbal. *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica*, v. 17, n. 2, p. 44-64, 2017.

LOCATELLI, A.; GELLER, R.; TRENTIN, M. A. S. e BERNIERI, J. O software Audacity como ferramenta no ensino de Química. *RENOTE*, v. 16, n. 2, p. 434-443, 2018.

LUDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas*. São Paulo: E.P.U., 2012.

MACKENZIE, L. E. Science podcasts: analysis of global production and output from 2004 to 2018. *Royal Society open science*, v. 6, n. 1, p. 180932, 2019.

MARKMAN, K. M. Doing radio, making friends, and having fun: Exploring the motivations of independent audio podcasters. *New Media & Society*, v. 14, n. 4, p. 547-565, 2011.

SANTOS, J. P. S.; LEÃO, M. B. C. e VASCONCELOS, F. C. G. C. Análise das Concepções de Licenciandos em Química sobre o uso do Podcasting como recurso didático. *Revista Tecnologias na Educação*, n. 12, 2015.

SANSINADI, I. T.; WARDHANY, D. S. e WINARKO. Podcast usage: expanding English learning of undergraduate student at Universitas Ahmad Dahlan. *English Education: Journal of English Teaching and Research*, v. 5, n. 1, p. 13-24, 2020.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L. e BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

## Para saber mais

LEITE, B. S. (Org.). *Tecnologias digitais na educação: da formação à aplicação*. São Paulo: Livraria da Física, 2022.

**Abstract:** *Podcasts for chemistry teaching.* The use of Digital Technologies in education contributes to the teaching and learning process. Among the various technologies, podcasting is an important resource that can be used in the classroom. In this sense, this research presents the appropriation of podcasting by 49 students from a degree course in Chemistry at a public university. The activity was divided into four moments: (i) theoretical discussions about podcasting with students; (ii) elaboration of podcasts for Chemistry teaching; (iii) proposition of strategies/activities for the use of podcasting in Chemistry teaching; (iv) presentation of a seminar explaining the objectives of the developed podcasting. In all, 16 podcasts were prepared by students covering different contents of Chemistry. The results show, in addition to the technical aspects and other properties of podcasting, that its development can contribute to the knowledge construction process of students.

**Keywords:** digital technologies, podcasting, chemistry teaching.



## Redução Eletroquímica de CO<sub>2</sub>: Refazendo Nossas Pegadas de Carbono

Nicolas A. Ishiki, Fabio H. B. Lima e Edson A. Ticianelli

O assunto ‘mudanças climáticas’ é, atualmente, um dos mais discutidos no mundo inteiro. As emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), originado principalmente por atividades antropogênicas, têm sido vinculadas ao aumento da temperatura média do planeta, em função do efeito estufa. Entre algumas alternativas para a mitigação dessa problemática global, como a utilização de energias renováveis, a redução eletroquímica de CO<sub>2</sub> (RECO<sub>2</sub>) tem demonstrado grande potencial para a atenuação desses efeitos, como uma segunda chance para refazermos nossas pegadas de carbono. Este artigo define o que é a RECO<sub>2</sub>, cuja principal característica é gerar moléculas com valor agregado para a indústria química e de combustíveis, enquanto atua no controle das alterações do clima. De forma resumida, serão introduzidos conceitos importantes da técnica, alguns resultados recentes e aplicações promissoras.

► redução eletroquímica de CO<sub>2</sub>, mudanças climáticas, conversão de energia ◀

Recebido em 08/03/2022, aceito em 06/06/2022

109

Com o início da ciência moderna no século XVI, o ser humano desafiava a natureza a fim de compreendê-la. Foi nos colocando como alheios ao meio ambiente em que vivemos que hoje nos deparamos com situações de nítidos desequilíbrios ambientais, como, por exemplo, aqueles trazidos pela queima de combustíveis fósseis. Enquanto nos preocupávamos com o esgotamento do petróleo ainda na virada deste século, e também com o fato de não ser uma energia renovável, fomos confrontados com problemas como a poluição e o aquecimento global. Esses fatores foram acentuados nos últimos anos devido, principalmente, à emissão de altas concentrações de gases como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera.

Atualmente estamos lidando com as consequências dessas atividades e, assim, palavras como “sustentabilidade” e “ciência verde” tornaram-se chamariz para indústrias e projetos de pesquisa. Não só aprendemos a aprender com a própria natureza, como também tentamos nos inspirar nela e imitá-la.

Entretanto, os eficientes processos naturais são o resultado de anos e anos de evolução e adaptação, fazendo com que a mimetização seja uma tarefa nada fácil. Quando pensamos nas transformações do CO<sub>2</sub>, o desafio se torna ainda maior,

*Assim como o vapor de água e outros gases, o CO<sub>2</sub> tem o papel fundamental de absorver a energia emitida pelo Sol, a partir de ondas eletromagnéticas que penetram parcialmente a atmosfera da Terra. Nesse processo, a energia é aproveitada para manter a temperatura do planeta, enquanto a parte que não foi absorvida diretamente atinge a superfície da Terra e reflete novamente para a atmosfera, descrevendo o equilíbrio que conhecemos como efeito estufa.*

pois, com as propriedades físico-químicas em nossas condições ambientais, este gás é a substância à base de carbono mais estável na natureza (Hori, 2008). Assim como o vapor de água e outros gases, o CO<sub>2</sub> tem o papel fundamental de absorver a energia emitida pelo Sol, a partir de ondas eletromagnéticas que penetram parcialmente a atmosfera da Terra. Nesse processo, a energia é aproveitada para manter a temperatura do planeta, enquanto a parte que não foi absorvida diretamente atinge a superfície da

Terra e reflete novamente para a atmosfera, descrevendo o equilíbrio que conhecemos como efeito estufa. Tendo em vista esse efeito, é indiscutível o fato de que houve um aumento de temperatura em paralelo ao aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, como mostra a Figura 1, construída a partir de dados extraídos do site da NASA (NASA, 2022).



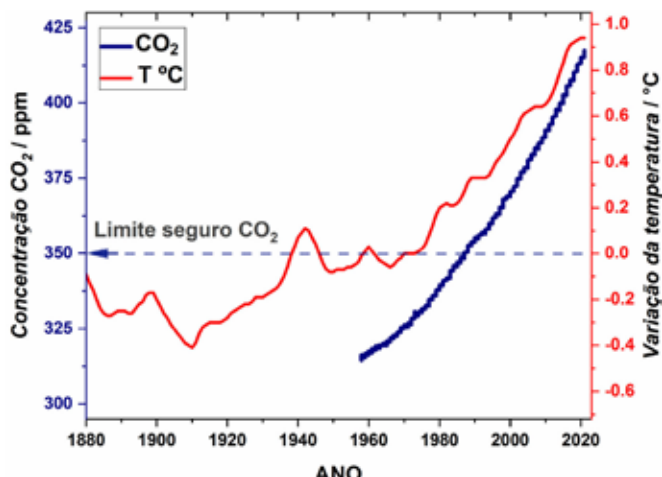


Figura 1: Concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera e variação da temperatura média global durante os anos.

Assim como muitos especialistas vêm nos alertando há bastante tempo (Quadro 1), atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis para transformação de energia química em térmica, têm liberado uma quantidade exagerada de CO<sub>2</sub> no ar, levando ao aumento da temperatura global por efeito estufa. Os últimos relatórios parciais do IPCC (IPCC, 2021) (do inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change*), órgão que reúne especialistas em diversas áreas para avaliar a ciência relacionada à mudança climática, já indicaram que o aumento de temperatura atingido atualmente é irreversível mesmo se pararmos as emissões, nos restando apenas atenuar as consequências. Uma das

Quadro 1: De Fourier a Sawyer, os nomes da ciência que estudaram o dióxido de carbono

Grandes nomes da ciência já estudaram esse tema desde o século XIX. O francês Joseph Fourier analisou o efeito estufa (mesmo sem utilizar o termo) a partir de radiação no infravermelho do Sol (Fourier, 1827), mas a descoberta de que a absorção desse tipo de radiação ocorre, principalmente, pelas moléculas de CO<sub>2</sub> e vapor de água, foi de John Tyndall (Tyndall, 1861). A relação da variação de temperatura na Terra com a concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico foi descrita por Svante Arrhenius, ganhador do prêmio Nobel de 1903 (Arrhenius, 1896).

Um olhar mais crítico foi lançado apenas no século XX pelo cientista Guy Stewart Callendar, cujo resultado de trabalhos incessantes sobre a influência do CO<sub>2</sub> nas variações do clima ficou conhecido como “efeito Callendar” (Fleming, 2007). Esse efeito estabelece a teoria de que a mudança climática global pode ser atribuída a um efeito estufa aumentado, que ocorre devido aos elevados níveis de dióxido de carbono na atmosfera decorrente da sua emissão por fontes antropogênicas, principalmente a queima de combustíveis fósseis. Com base nesse legado, o assunto foi retomado em tom de alerta em um artigo da revista *Nature* em 1972, publicado pelo cientista atmosférico J. S. Sawyer (Sawyer, 1972). Assim como outros trabalhos da época (Bolin e Bischof, 1970), os estudos permitiram realizar previsões preocupantes sobre o aumento da temperatura média do planeta e da concentração de CO<sub>2</sub>, que tem como limite seguro o valor de 350 ppm (partes por milhão) na atmosfera. Atualmente, o valor está em 417 ppm.

principais formas de colocar em prática soluções de caráter global tem sido a de estabelecer acordos em reuniões promovidas pela UNFCCC (do inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change*), que é uma entidade das Nações Unidas encarregada de apoiar uma reação global à ameaça das alterações do clima. O Protocolo de Quioto (1997) e o Acordo de Paris (2015) são exemplos conhecidos dos resultados dessas reuniões, e demonstram que um maior esforço ainda deve ser feito. Além disso, nas conferências anuais das partes da convenção do clima (também conhecidas como COP), muito se deixa a desejar no que se refere à real ambição de mitigação das variações do clima, assim como também muitos países deixam de assinar tratados importantes.

Com a pandemia de covid-19 causada pelo novo coronavírus, a Organização Mundial da Saúde (OMS) sugeriu quarentena com isolamento total para evitar sobrecargas nos hospitais. Por conta disso, alguns estudos recentes demonstraram uma considerável diminuição da emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera em consequência do menor número de automóveis em circulação e da pausa total ou parcial de algumas indústrias. Um importante trabalho de 2020, efetuado durante o primeiro ano de pandemia, constatou que, apenas no primeiro semestre daquele ano, houve uma redução de 8,8% da emissão global de CO<sub>2</sub> comparada ao mesmo período de 2019 (Liu *et al.*, 2020). Essa porcentagem representa, aproximadamente, 1,551 Gt (Gigatoneladas) de CO<sub>2</sub> a menos na atmosfera, ou 1.551.000.000.000 kg. No Brasil, os autores identificaram uma diferença de -31,3% em abril de 2020 em comparação ao mesmo mês do ano anterior.

Caminhando rumo a cumprir um dos papéis da ciência, o de atender as demandas da sociedade, algumas técnicas têm sido utilizadas na tentativa de mitigar essa problemática global de caráter econômico, ambiental, político e social. Um dos exemplos é a chamada captura e armazenamento de carbono, em que o CO<sub>2</sub> é capturado diretamente na origem, seguindo-se de compressão, transporte e armazenamento permanente (D’Alessandro *et al.*, 2010). Uma alternativa mais atraente para o destino final da molécula de CO<sub>2</sub> é sua transformação direta em outras substâncias com maior valor agregado, que pode ser realizada a partir de sínteses tendo como reagente inicial a própria molécula através de reduções químicas, biológicas ou fotocatalíticas (Mikkelsen *et al.*, 2010). Outra possibilidade interessante, em alta nos últimos anos, é a redução eletroquímica, inspirada em um bem conhecido processo da natureza: a fotossíntese.

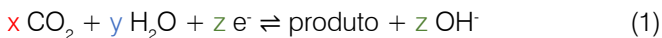
### Redução Eletroquímica de CO<sub>2</sub>

A redução eletroquímica de CO<sub>2</sub> (RECO<sub>2</sub>) é uma reação redox similar a uma das etapas da fotossíntese (Quadro 2), na qual a molécula de CO<sub>2</sub> recebe elétrons para se transformar em um produto diferente. Quando realizada em meio aquoso e pH neutro, há também reações envolvendo prótons da água

O chamado ciclo de Calvin no processo da fotossíntese, também conhecido como a fase escura, é aquele no qual a molécula de CO<sub>2</sub> passa por reações químicas envolvendo transferências eletrônicas para formar ligações C-C e C-H, com o armazenamento de energia química. Para que a reação ocorra, é necessário que o CO<sub>2</sub> atravesse pequenos espaços entre as folhas das árvores, difunda-se nas células, para então se encontrar com as famosas organelas chamadas de cloroplastos, organizadas como uma grande área verde. Quem de fato faz o papel principal nesse processo é a enzima RuBisCO (ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase), que se encontra dentro dos cloroplastos. A RuBisCO irá realizar a fixação do CO<sub>2</sub> por meio de atrações eletrostáticas, para enfim iniciar-se a conversão de energia e a transformação da molécula-alvo (Volk, 2008).

Através da fotossíntese, as plantas atuam como principais reguladoras naturais de CO<sub>2</sub> na atmosfera, absorvendo a substância durante a vida e liberando-a quando sofrem decomposição. Quando essa capacidade de absorção é ultrapassada com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, há um acréscimo na temperatura devido ao efeito estufa. Por equilíbrio termodinâmico haverá também maior concentração de vapor de água, que absorve energia assim como o CO<sub>2</sub>, amplificando o aquecimento da atmosfera (Sawyer, 1972). Sendo assim, o estudo de técnicas como a redução eletroquímica, inspirada em um processo natural capaz de captar até 200 Gt (giga-toneladas) por ano de CO<sub>2</sub> (DuBois, 2006), é de grande interesse científico e econômico.

e liberação de hidroxilas, além do produto desejado, como mostra a equação 1 genérica:



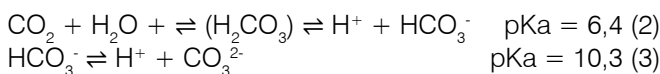
A partir de múltiplas etapas de transferências de prótons e elétrons, uma série de produtos podem ser obtidos (Figura 2); outras variáveis serão discutidas no decorrer do texto. Esses produtos podem ser classificados quanto à protonação da molécula de CO<sub>2</sub> e à quantidade de carbonos, como detalhado na Tabela 1. A partir da tabela também podemos observar o potencial termodinâmico da reação redox para cada produto, determinados em referência ao eletrodo padrão de hidrogênio (EPH) em pH 7 (Hori, 2008). Nesse caso, observa-se que apenas a redução para íon formiato (metanoato) não

obedece à equação 1, pois nesse pH a espécie iônica citada é favorecida em relação a seu par protonado, ou seja, o ácido fórmico (ácido metanoico).



Figura 2: Produtos da redução eletroquímica de CO<sub>2</sub>.

De acordo com os valores da Tabela 1, é possível notar que os potenciais são todos próximos, o que poderia gerar uma grande competição entre os produtos durante a reação. Entretanto, é válido lembrar que estamos nos referindo ao potencial termodinâmico, que não se correlaciona com a velocidade das reações, ou que não sofre influência de fatores cinéticos. O maior problema para a RECO<sub>2</sub> é justamente o fato de que a reação de evolução de hidrogênio (REH), além de possuir potencial termodinâmico próximo ao das outras reações, é favorecida cineticamente em um eletrólito aquoso, devido à presença majoritária de moléculas de água. Além disso, borbulhando-se CO<sub>2</sub> reagente até a saturação de uma solução aquosa, há a formação de um equilíbrio CO<sub>2</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, capaz de gerar prótons e diminuir o pH do meio, como mostram as equações 2 e 3.



### Eletrólitos

Em células eletroquímicas é necessário que haja um meio, normalmente líquido, que seja capaz de regularizar a carga do sistema de acordo com as transferências eletrônicas que

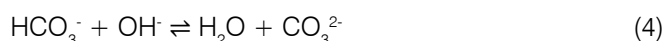
Tabela 1: Reações que estão envolvidas na redução eletroquímica de CO<sub>2</sub>.

Grupo	Equação Redox	Nome	Potencial / V
H <sub>2</sub>	2 H <sub>2</sub> O + 2 e <sup>-</sup> ⇌ H <sub>2</sub> + 2 OH <sup>-</sup>	Hidrogênio	-0,41
C <sub>1</sub>	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + 2 e <sup>-</sup> ⇌ HCOO <sup>-</sup> + OH <sup>-</sup>	Íon formiato	-0,43
	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + 2 e <sup>-</sup> ⇌ CO + 2 OH <sup>-</sup>	Monóxido de carbono	-0,52
C <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O + 8 e <sup>-</sup> ⇌ CH <sub>4</sub> + 8 OH <sup>-</sup>	Metano	-0,25
	2 CO <sub>2</sub> + 8 H <sub>2</sub> O + 12 e <sup>-</sup> ⇌ C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> + 12 OH <sup>-</sup>	Eteno	-0,34
	2 CO <sub>2</sub> + 9 H <sub>2</sub> O + 12 e <sup>-</sup> ⇌ C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH + 12 OH <sup>-</sup>	Etanol	-0,33
	3 CO <sub>2</sub> + 13 H <sub>2</sub> O + 18 e <sup>-</sup> ⇌ C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH + 18 OH <sup>-</sup>	Propanol	-0,32



ocorrem no eletrodo, sobre o qual falaremos mais adiante. Para que o eletrólito cumpra sua função, é necessário que haja algum carreador de carga iônica, usualmente obtido a partir da dissociação de sais iônicos, ácidos ou bases em água. A escolha do eletrólito é essencial tanto para a eficiência da reação, quanto para a seletividade a um desejado produto. Embora haja também estudos com eletrólitos não aquosos como solventes orgânicos e líquidos iônicos, na maioria dos trabalhos encontrados na literatura utiliza-se eletrólito aquoso, e esse será o foco do presente artigo. É ao menos interessante refletirmos que, nesses casos, outros mecanismos podem atuar durante as reações, abrindo a possibilidade de formação de diferentes produtos se considerarmos, por exemplo, a ausência de prótons para hidrogenação.

Tendo em vista os equilíbrios expressos nas equações 2 e 3, é possível modular o pH da solução saturada com  $\text{CO}_2$  a partir da concentração do eletrólito utilizado. Uma solução formada inicialmente pelo íon hidrogenocarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), oriundo de  $\text{KHCO}_3$ , por exemplo, em concentração de  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ , possui um pH próximo de 8,5, e se torna 6,8 após a saturação com  $\text{CO}_2$  (Chen *et al.*, 2017). Entretanto, quando a concentração inicial de  $\text{HCO}_3^-$  é de  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , a variação é de 8,4 para 7,2 quando saturada com  $\text{CO}_2$ . Na  $\text{RECO}_2$ , um pH próximo do neutro é normalmente almejado, pois, em meio alcalino, o  $\text{CO}_2$  não é estável, predominando as espécies  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ , enquanto em meio ácido há maior concentração de prótons, o que favorece a REH (Hori, 2008). Outras variáveis também precisam ser levadas em conta, já que, assim como vimos na Tabela 1, tanto a  $\text{RECO}_2$  como a REH tendem a liberar  $\text{OH}^-$ , alterando drasticamente o pH próximo à superfície do eletrodo, além de reagir com o íon  $\text{HCO}_3^-$  do eletrólito (Hori *et al.*, 1989), conforme mostra a equação 4:



Adicionalmente, é possível modular as reações e a seletividade para algum produto dependendo do cátion utilizado. Cátions menores são indicados para a produção de hidrogênio (com supressão da  $\text{RECO}_2$ ), enquanto os maiores favorecem maior formação de produtos com dois ou mais carbonos ( $\text{C}_{2+}$ ). Isso significa que, utilizando uma solução de hidrogenocarbonato de lítio ( $\text{LiHCO}_3$ ), haverá maior produção de  $\text{H}_2$ , enquanto usando íon céσιο ( $\text{Cs}^+$ ), que é maior, a formação de produtos  $\text{C}_{2+}$ , como eteno e álcoois, será favorecida. Embora não haja ainda uma explicação satisfatória para esse efeito, uma possível descrição envolve o fato de que íons grandes, como o  $\text{Cs}^+$ , possuem uma fraca hidratação e, conseqüentemente, maior adsorção específica no eletrodo, o que acaba influenciando diretamente o potencial do plano externo de Helmholtz (PEH), isto é, repelindo cargas positivas como  $\text{H}^+$ , que levariam à REH ou a produtos mais hidrogenados. Contrariamente, o

Para que o eletrólito cumpra sua função, é necessário que haja algum carreador de carga iônica, usualmente obtido a partir da dissociação de sais iônicos, ácidos ou bases em água.

íon  $\text{Li}^+$  é fortemente hidratado e sua carga é neutralizada de maneira mais eficaz, possivelmente nem se adsorvendo na superfície (Hori, 2008). Outros autores propuseram, mais recentemente e com base em cálculos teóricos, que o efeito se deve à maior estabilização dos intermediários da reação pelo cátion (Resasco *et al.*, 2017). Esse e outros efeitos do eletrólito estão esquematizados na Figura 3.

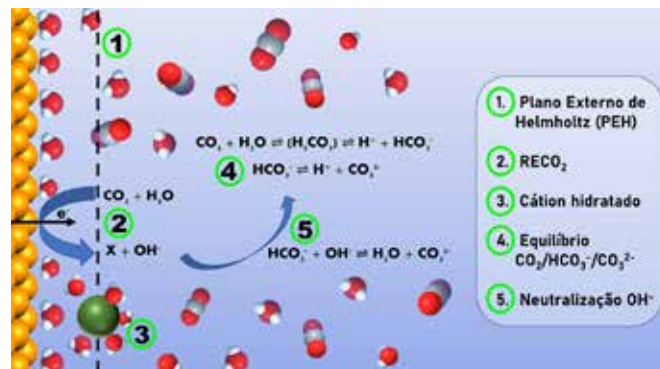


Figura 3: Efeitos do eletrólito na redução eletroquímica de  $\text{CO}_2$ .

## Eletrodos

Em um processo de redução, os eletrodos são os responsáveis pela transferência eletrônica para os reagentes presentes no eletrólito. Uma célula de estudo usual é composta por três eletrodos: trabalho, referência e contra. O contraeletrodo e o eletrodo de referência são normalmente compostos por materiais/sistemas otimizados, a fim de minimizar qualquer outra variável que possa influenciar nos resultados dos experimentos. O foco é dado principalmente para o eletrodo de trabalho, que neste artigo será referido apenas como eletrodo, ou como eletrocatalisador, quando se tratar mais especificamente da superfície catalítica na qual ocorre a reação. Veremos mais adiante que, em condições práticas, apenas dois eletrodos são utilizados, cátodo e ânodo.

Embora inúmeros materiais, com muitas composições diferentes, já tenham sido estudados como eletrocatalisadores, nos anos 1990 uma importante base foi estabelecida

para alguns materiais metálicos (Hori *et al.*, 1994). Como mostra a Tabela 2, diferentes produtos principais podem ser formados, indicando que os metais podem ser separados em quatro grupos distintos que levam a diferentes mecanismos reacionais. Apesar de

muito já ter se desenvolvido a respeito das possíveis rotas de reação, as discussões permanecem até hoje (Hori, 2008; Göttle e Koper, 2016). Resumidamente, a seletividade para um dado produto é dependente das interações da superfície com as moléculas intermediárias envolvidas no processo. A força de ligação de um determinado intermediário pode ser mais efetiva em certo metal, por exemplo, ou a superfície metálica pode possuir maior afinidade para a redução da água em comparação à redução de  $\text{CO}_2$ .



Tabela 2: Produtos majoritários a partir da redução eletroquímica de CO<sub>2</sub> em meio aquoso para diferentes metais.

Grupo de metais	Produto(s) majoritário(s)
Grupo I (Ni, Fe, Pt e Ti)	H <sub>2</sub>
Grupo II (Pb, Hg, In, Sn, Cd e Tl)	HCOO <sup>-</sup>
Grupo III (Au, Ag, Zn, Pd e Ga)	CO
Grupo IV (Cu)	CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> , HCOO <sup>-</sup> , C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH, CO

Um grande destaque pode ser dado para o grupo IV, composto apenas pelo metal cobre (Cu), o qual demonstra capacidade de formação de produtos com maior valor agregado, como hidrocarbonetos e álcoois, mas com baixa seletividade. Dessa maneira, já é possível imaginar que esse metal foi amplamente estudado nos últimos anos para a RECO<sub>2</sub>, gerando um grande número de artigos publicados a partir de diversas variações, elaboradas principalmente em materiais à base de cobre. Além dos metais puros, muitas outras composições de materiais já foram avaliadas para melhorar a seletividade, incluindo a junção de metais para a formação de ligas e intermetálicos (Xie *et al.*, 2021) e a dopagem de metais com ametais, como boro (Zhou *et al.*, 2018), enxofre (Shinagawa *et al.*, 2018), nitrogênio (Liang *et al.*, 2018) e, principalmente, oxigênio, para a formação de óxidos ou vacâncias na superfície (Velasco-Vélez *et al.*, 2019). Além disso, também já foram investigadas: as interações da superfície com moléculas orgânicas adicionadas no eletrólito, em alguns casos resultando em uma capacidade de funcionalização da superfície; a utilização de complexos moleculares; além de materiais totalmente livres de metais (Nam *et al.*, 2020).

Recentemente, alguns autores apresentaram as perspectivas para a manipulação de materiais já estabelecidos para aprimorar as propriedades, ou a utilização de novas metodologias para melhorar a efetividade da RECO<sub>2</sub> (Nam *et al.*, 2020), sendo elas:

- Inibição seletiva de sítios superficiais do eletrodo, para o controle e obtenção dos produtos de interesse;
- Estabilização da microestrutura do eletrodo, para bloquear transformações da superfície durante a RECO<sub>2</sub>;
- Promoção de interações de segunda esfera de coordenação, para o controle das interações com os intermediários (inspirados em enzimas);
- Catálise tandem, isto é, promoção do acoplamento de várias reações em um mesmo sistema;
- Controle da concentração efetiva de prótons na interface, para promover maior eficiência para produtos C<sub>2+</sub>.

Um grande destaque pode ser dado para o grupo IV, composto apenas pelo metal cobre (Cu), o qual demonstra capacidade de formação de produtos com maior valor agregado, como hidrocarbonetos e álcoois, mas com baixa seletividade.

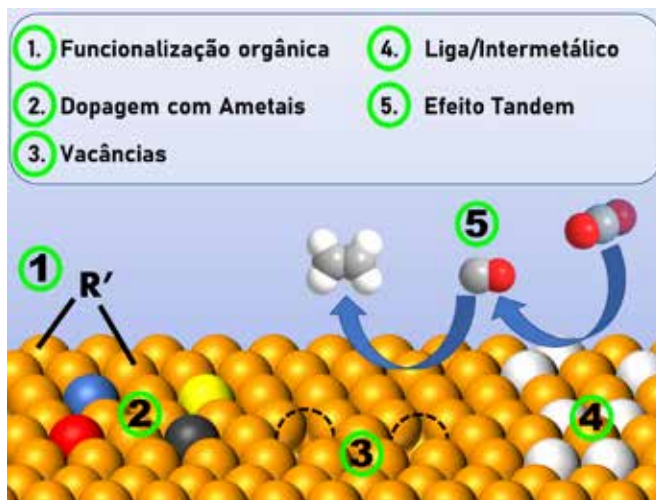


Figura 4: Efeitos de eletrocatalisadores na redução eletroquímica de CO<sub>2</sub>.

Algumas das principais alterações no eletrodo conhecidas estão representadas graficamente no esquema da Figura 4.

### Aplicações

Antes de discutirmos as aplicações da RECO<sub>2</sub>, é necessário falar sobre o rendimento e a eficiência das reações do processo eletroquímico propriamente dito. Nas reações eletroquímicas usualmente utilizamos a corrente aplicada para sua quantificação (lei de Faraday), sendo possível distinguir, na maioria dos casos, entre as correntes capacitiva e faradaica, isto é, de carregamento capacitivo das vizinhanças da superfície polarizada e de transferência eletrônica que induz a transformação química do CO<sub>2</sub> reagente no eletrodo, respectivamente. Um método utilizado é o cálculo da eficiência faradaica (EF) (equação 5), em que definimos a eficiência para a formação de um determinado produto levando em consideração o número de elétrons necessários para formar uma molécula de interesse, partindo da molécula de CO<sub>2</sub>.

$$\text{Eficiência Faradaica (EF)} = \frac{F \times n \times e^-}{Q} \times 100 \quad (5)$$

Onde: **F**: Constante de Faraday (96.485 C mol<sup>-1</sup>); **n**: número de mols de produto obtido; **e**: número de elétrons necessários para a transformação do CO<sub>2</sub> no produto em análise; e **Q**: carga total aplicada (C), que pode ser obtida pela multiplicação da corrente (A) pelo tempo (s) para um processo efetuado a corrente constante.

Um exemplo de cálculo da EF é o seguinte: suponhamos que se tenha aplicado durante o experimento uma carga total de Q = 1.000 C. Através de uma técnica de quantificação, como por exemplo cromatografia gasosa (pode ser líquida, a depender da fase em que se encontra o

produto), foram obtidos  $n = 0,000302$  mol de eteno ( $C_2H_4$ ) e  $n = 0,003109$  mol de hidrogênio ( $H_2$ ). Devemos lembrar que, de acordo com a Tabela 1, são necessários 2 elétrons para produzir  $H_2$  e 12 elétrons para  $C_2H_4$ . Substituindo na equação 5, obtém-se uma eficiência aproximada de 35% para  $C_2H_4$  e 60% para  $H_2$ . Um olhar atento permite observar que a soma das eficiências não atingiu 100%; este é um resultado relativamente comum, em que podem estar embutidos erros como de aproximação dos valores ou da sensibilidade da curva de calibração construída para a quantificação. Entretanto, o que normalmente ocorre é que os 5% restantes são de produtos que não foram detectados pela técnica utilizada, como produtos líquidos no exemplo dado, ou também devido à pequena quantidade formada.

Maior eficiência faradaica para determinado produto é apenas uma das variáveis na  $RECO_2$ , pois a magnitude de corrente é o que realmente vai definir a quantidade de moléculas de produtos formadas. Para aproximar a técnica de uma possível aplicação prática, uma corrente alta e estável é desejável. Nesse ponto, é possível utilizar eletrolisadores com apenas dois eletrodos, similares às células a combustível (Villullas *et al.*, 2002), mas consumindo energia elétrica ao invés de produzi-la (Figura 5). Nesse tipo de sistema há o eletrodo de trabalho (cátodo) e outro de carga oposta, que atua simultaneamente como referência e contraeletrodo (ânodo), além de normalmente ser utilizada alta área de superfície em ambos. Alguns autores já estão realizando análises técnico-econômicas (Verma *et al.*, 2016; Jouny *et al.*, 2018), relacionando os valores de eficiência, da corrente obtida em função da diferença de potencial dos eletrodos e do preço e da estabilidade dos materiais utilizados na composição dos eletrocatalisadores, para saber as possibilidades de implantação em larga escala – considerando também, entre outros fatores, o custo da energia elétrica usada para a eletrólise. É interessante ressaltar também a possibilidade de uma coeletrólise, isto é, formação de  $O_2$  a partir da eletro-oxidação da água no eletrodo oposto à  $RECO_2$  (Herranz *et al.*, 2020). A eficiência dessa reação deve levar em consideração o material a ser utilizado no ânodo, que também interfere no balanço econômico e na viabilidade de aplicação.

As reduções eletroquímicas de  $CO_2$  para produtos como CO e  $HCOO^-/HCOOH$  são atualmente as mais economicamente viáveis, enquanto que produtos  $C_{2+}$  como  $C_2H_4$ ,  $C_2H_5OH$  e  $C_3H_7OH$ , que possuem maior dimensão e valor de mercado, poderão ser bastante promissores em condições futuras (Jouny *et al.*, 2018). Embora o custo de eletricidade seja menos relevante para produtos com dois elétrons (Jin *et al.*, 2021), há resultados recentes com eletrolisadores que levam à formação de outras moléculas, como eteno e etanol, com correntes e estabilidades consideráveis (Ozden *et al.*, 2020; Robb *et al.*, 2022). Ainda assim, há uma vasta

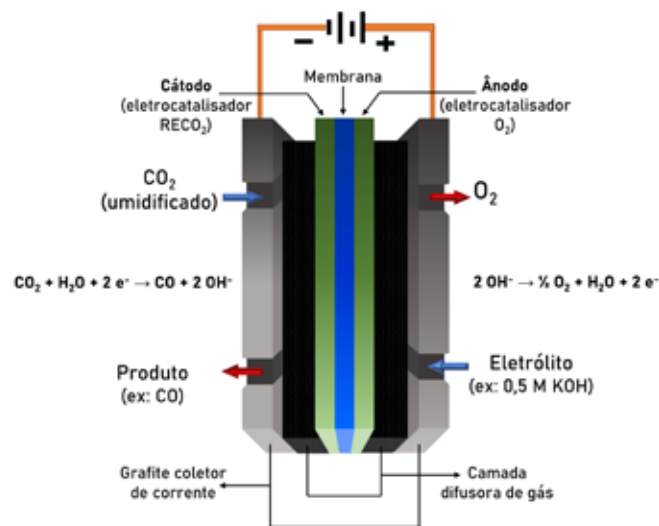


Figura 5: Esquema ilustrativo de um tipo de eletrolisador de  $CO_2$ .

gama de possibilidades de pesquisas na área, pois não há ainda uma condição padrão para conduzir a reação de redução do  $CO_2$ .

### Considerações finais

Visto que o mundo está diante de uma situação delicada a respeito das mudanças climáticas, uma ação global capaz de envolver um número significativo de autoridades internacionais, visando a tomada das necessárias ações para o controle das emissões de  $CO_2$ , deveria ser implementada urgentemente. Nesse contexto, a  $RECO_2$  tem demonstrado ser uma grande aliada na mitigação desse problema, atuando como uma poderosa ferramenta para gerar produtos químicos e combustíveis, enquanto age na redução da emissão de  $CO_2$  e consequentemente na redução das alterações climáticas. Nesse sentido, a eletricidade necessária para o processo eletrolítico associado à  $RECO_2$  deve ser provida por fontes renováveis, como energia solar ou eólica. Além disso, por se tratar de uma reação que converte energia elétrica em energia química, esta última pode ser utilizada para o armazenamento de energia a ser

usada caso o suprimento de energia elétrica não consiga atender a demanda em horários de pico, usando para isso um sistema de reconversão de energia química/elétrica, como é o caso das células a combustível. Atualmente já existem células eletrolíticas comerciais para a promoção da  $RECO_2$  com potencial para serem implementadas em escala industrial (Verma *et al.*, 2016). Em contrapartida, as análises técnico-econômicas mostram que muito ainda precisa ser desenvolvido e otimizado, especialmente para se obter produtos com maior valor de mercado como são os casos dos hidrocarbonetos e dos álcoois (Jouny *et al.*, 2018; Herranz *et al.*, 2020).

Maior eficiência faradaica para determinado produto é apenas uma das variáveis na  $RECO_2$ , pois a magnitude de corrente é o que realmente vai definir a quantidade de moléculas de produtos formadas. Para aproximar a técnica de uma possível aplicação prática, uma corrente alta e estável é desejável.

Assim como qualquer tecnologia, para viabilizar progressos na área é necessário investimento, uma vez que o processo global envolve múltiplas etapas, como a captura do CO<sub>2</sub>, o seu armazenamento e o que pode ser considerado um dos principais fatores limitantes para a aplicação em larga escala, isto é, a redução eletroquímica. Esta última deve envolver ainda estudos de ciência fundamental em relação às reações eletroquímicas que ocorrem na interface, cuja eficiência é dependente da composição do material eletrônico e da velocidade de transferência eletrônica no processo reacional, entre outros fenômenos. É interessante pontuarmos a importância que possui a ciência de base, realizada principalmente por pesquisadores e especialistas das áreas de química, física e biologia, entre outras. Muitas vezes as áreas básicas acabam sendo esquecidas por não serem focadas em aplicações diretas, mas são imprescindíveis para a definição dos passos da linha tecnológica. Podemos fazer relações com baterias (Bocchi *et al.*, 2000), por exemplo, sobre as quais, há poucas décadas, as pesquisas eram majoritariamente voltadas

aos estudos mais fundamentais, mas que atualmente são tecnologias presentes no nosso dia-a-dia, particularmente no caso das baterias de íon lítio. O mais fantástico dessa relação é que, até hoje, se publica uma enormidade de trabalhos sobre as várias etapas referentes aos materiais e processos utilizados nesses sistemas, mostrando o quanto a ciência é dinâmica e quão importante são, de maneira complementar, todas as áreas do conhecimento.

## Referências

ARRHENIUS, S. On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, v. 41, p. 237-279, 1896.

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C. e BIAGGIO, S. R. Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental. *Química Nova na Escola*, v. 11, p. 3-9, 2000.

BOLIN, B. e BISCHOF, W. Variations of the carbon dioxide content of the atmosphere in the northern hemisphere. *Tellus*, v. 22, n. 4, p. 431-442, 1970.

CHEN, C.; ZHANG, B.; ZHONG, J. e CHENG, Z. Selective electrochemical CO<sub>2</sub> reduction over highly porous gold films. *Journal of Materials Chemistry A*, v. 5, n. 41, p. 21955-21964, 2017.

D'ALESSANDRO, D. M.; SMIT, B. e LONG, J. R. Carbon dioxide capture: Prospects for new materials. *Angewandte Chemie - International Edition*, v. 49, n. 35, p. 6058-6082, 2010.

DUBOIS, D. L. Electrochemical reactions of carbon dioxide. In: BARD, A.; STRATMANN, M.; MACDONALD, D. e SCHMUKI, P. *Encyclopedia of electrochemistry*. Weinheim: Wiley-VCH, v. 6, p. 202-225, 2006.

FLEMING, J. R. *The Callendar Effect*. Massachusetts: American Meteorological Society, 2007.

FOURIER, J. B. J. Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires. *Memoires de l'Academie Royale des Sciences de l'Institute de France*, v. 7, p. 570-604, 1827.

GÖTTLE, A. J. e KOPER, M. T. M. Proton-coupled electron transfer in the electrocatalysis of CO<sub>2</sub> reduction: prediction of sequential vs. concerted pathways using DFT. *Chemical Science*, v. 8, n. 1, p. 458-465, 2016.

HERRANZ, J.; PATRU, A.; FABBRI, E. e SCHMIDT, T. J. Co-electrolysis of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O: From electrode reactions to cell-level development. *Current Opinion in Electrochemistry*, v. 23, p. 89-95, 2020.

HORI, Y. Electrochemical CO<sub>2</sub> reduction on metal electrodes. In: VAYENAS, C. G.;

WHITE, R. E. e GAMBOA-ALDECO, M. E. (eds.). *Modern*

**Nicolas de Andrade Ishiki** (nicolasishiki@gmail.com), licenciado em Química pela Universidade Estadual Paulista, mestre e doutorando em Ciências (Físico-Química) pelo IQSC da Universidade de São Paulo. São Carlos, SP – BR. **Fabio Henrique Barros de Lima** (fabiohbl@iqsc.usp.br), bacharel em Química e doutor em Ciências (Físico-Química) pelo IQSC da Universidade de São Paulo. Atualmente é Professor Associado no Departamento de Físico-Química do IQSC-USP. São Carlos, SP – BR. **Edson Antonio Ticianelli** (edsont@iqsc.usp.br), bacharel em Química, mestre e doutor em Físico-Química, ambos pela Universidade de São Paulo. Atualmente é Professor Titular no Departamento de Físico-Química do IQSC-USP. São Carlos, SP – BR.

*aspects of electrochemistry*. New York: Springer US, v. 42, p. 89-189, 2008.

HORI, Y.; MURATA, A. e TAKAHASHI, R. Formation of hydrocarbons in the electrochemical reduction of carbon dioxide at a copper electrode in aqueous solution. *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions 1: Physical Chemistry in Condensed Phases*, v. 85, n. 8, p. 2309-2326, 1989.

HORI, Y.; WAKEBE, H.; TSUKAMOTO, T. e KOGA, O. Electrocatalytic process of CO selectivity in electrochemical reduction of CO<sub>2</sub> at metal electrodes in aqueous media. *Electrochimica Acta*, v. 39, n. 11-12, p. 1833-1839, 1994.

IPCC. *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

JIN, S.; HAO, Z.; ZHANG, K.; YAN, Z. e CHEN, J. Advances and Challenges for the Electrochemical Reduction of CO<sub>2</sub> to CO: From Fundamentals to Industrialization. *Angewandte Chemie*, v. 133, n. 38, p. 20795-20816, 2021.

JOUNY, M.; LUC, W. e JIAO, F. General Techno-Economic Analysis of CO<sub>2</sub> Electrolysis Systems. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, v. 57, n. 6, p. 2165-2177, 2018.

LIANG, Z.-Q.; ZHUANG, T.-T.; SEIFITOKALDANI, A.; LI, J.; HUANG, C.-W.; TAN, C.-W.; TAN, C.-S.; LI, Y.; DE LUNA, P.; DINH, C. T.; HU, Y.; XIAO, Q.; HSIEH, P.-L.; WANG, Y.; LI, F.; QUINTERO-BERMUDEZ, R.; ZHOU, Y.; CHEN, P.; PANG, Y.; LO, S.-C.; CHEN, L.-J.; TAN, H.; XU, Z.; ZHAO, S.; SINTON, D. e SARGENT, E. H. Copper-on-nitride enhances the stable electrosynthesis of multi-carbon products from CO<sub>2</sub>. *Nature Communications*, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2018.

LIU, Z.; CIAIS, P.; DENG, Z.; LEI, R.; DAVIS, S. J.; FENG, S.; ZHENG, B.; CUI, D.; DOU, X.; ZHU, B.; GUO, R.; KE, P.; SUN, T.; LU, C.; HE, P.; WANG, Y.; YUE, X.; WANG, Y.; LEI, Y.; ZHOU, H.; CAI, Z.; WU, Y.; GUO, R.; HAN, T.; XUE, J.; BOUCHER, O.; BOUCHER, E.; CHEVALLIER, F.; TANAKA, K.; WEI, Y.; ZHONG, H.; KANG, C.; ZANG, N.; CHEN, B.; XI, F.; LIU, M.; BRÉON, F.-M.; LU, Y.; ZANG, Q.; GUAN, D.; GONG, P.; KAMMEN, D. M.; HE, B. e SCHELLNHUBER, H. J. Near-real-time monitoring of global CO<sub>2</sub> emissions reveals the



effects of the COVID-19 pandemic. *Nature Communications*, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2020.

MIKKELSEN, M.; JØRGENSEN, M. e KREBS, F. C. The teraton challenge. A review of fixation and transformation of carbon dioxide. *Energy and Environmental Science*, v. 3, p. 43-81, 2010.

NAM, D-H.; DE LUNA, P.; ROSAS-HERNÁNDEZ, A.; THEVENON, A.; LI, FENGWANG, LI.; AGAPIE, T.; PETERS, J. C.; SHEKHAH, O.; EDDAOUDI, M. e SARGENT, E. H.. Molecular enhancement of heterogeneous CO<sub>2</sub> reduction. *Nature Materials*, v. 19, p. 266-276, 2020.

NASA Global Climate Change. Disponível em: <https://climate.nasa.gov>. Acesso em fev. 2022.

OZDEN, A.; LI, F.; DE ARQUER, P. G.; ROSAS-HERNÁNDEZ, A.; THEVENON, A.; WANG, Y.; HUNG, S-F.; WANG, X.; CHEN, B.; LI, J.; WICKS, J.; LUO, M.; WANG, Z.; AGAPIE, T.; PETERS, J. C.; SARGENT, E. H. e SINTON, D. High-rate and efficient ethylene electrocatalysis using a catalyst/promoter/transport layer. *ACS Energy Letters*, v. 5, n. 9, p. 2811-2818, 2020.

RESASCO, J.; CHEN, L. D.; CLARK, E.; TSAI, C.; HAHN, C.; JARAMILLO, T. F.; CHAN, K. e BELL, A. T. Promoter Effects of Alkali Metal Cations on the Electrochemical Reduction of Carbon Dioxide. *Journal of the American Chemical Society*, v. 139, n. 32, p. 11277-11287, 2017.

ROBB, A.; OZDEN, A.; MIAO, R. K.; O'BRIEN, C. P.; XU, Y.; GABARDO, C. M.; WANG, X.; ZHAO, N.; DE ARQUER, P. G.; SARGENT, E. H. e SINTON, D. Concentrated Ethanol Electrocatalysis from CO<sub>2</sub> via a Porous Hydrophobic Adlayer. *ACS Applied Materials & Interfaces*, v. 14, p. 4155-4162, 2022.

SAWYER, J. S. Man-made carbon dioxide and the "Greenhouse" Effect. *Nature*, v. 239, n. 1, p. 23-26, 1972.

SHINAGAWA, T.; LARRAZÁBAL, G. O.; MARTÍN, A. J. KRUMEICH, F. e PÉREZ-RAMÍREZ, J. Sulfur-Modified Copper Catalysts for the Electrochemical Reduction of Carbon Dioxide to Formate. *ACS Catalysis*, v. 8, n. 2, p. 837-844, 2018.

TYNDALL, J. The Bakerian Lecture: On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours, and on the Physical Connexion of Radiation, Absorption, and Conduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, v. 151, p. 1-36, 1861.

VELASCO-VÉLEZ, J-J.; JONES, T.; GAO, D.; CARBONIO, E.; ARRIGO, R.; HSU, C-J.; HUANG, Y-C.; DONG, C-L.; CHEN, J-M.; LEE, J-F.; STRASSER, P.; CUENYA, B. R.; SCHÖGL, R.; GERICKE-KNOP, A. e CHUANG, C-H. The role of the copper oxidation state in the electrocatalytic reduction of CO<sub>2</sub> into valuable hydrocarbons. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, Washington, v. 7, n. 1, p. 1485-1492, 2019.

VERMA, S.; KIM, B.; JHONG, H-R. M.; MA, S. e KENIS, P. J. A. A gross-margin model for defining technoeconomic benchmarks in the electroreduction of CO<sub>2</sub>. *ChemSusChem*, v. 9, n. 15, p. 1972-1979, 2016.

VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A. e GONZÁLEZ, E. R. Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis. *Química Nova na Escola*, v. 15, n. 6, p. 28-34, 2002.

VOLK, T. *CO<sub>2</sub> rising: The World's Greatest Environmental Challenge*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2008.

XIE, L.; LIANG, J.; PRIEST, C.; WANG, T.; DING, D.; WU, G. e LI, Q. Engineering the atomic arrangement of bimetallic catalysts for electrochemical CO<sub>2</sub> reduction. *Chemical Communications*, v. 57, n. 15, p. 1839-1854, 2021.

ZHOU, Y.; CHE, F.; LIU, M.; ZOU, C.; LIANG, Z.; DE LUNA, P.; YUAN, H.; LI, J.; WANG, Z.; XIE, H.; LI, H.; CHEN, P.; BLADT, E.; QUINTERO-BERMUDEZ, R.; SHAM, T-K.; BALS, S.; HOFKENS, J.; SINTON, D.; CHEN, G. e SARGENT, E. H. Dopant-induced electron localization drives CO<sub>2</sub> reduction to C<sub>2</sub> hydrocarbons. *Nature Chemistry*, v. 10, p. 974-980, 2018.

### Para saber mais

NASA. Climate Kids. Disponível em: <https://climatekids.nasa.gov/>, acesso em fev. 2022

**Abstract:** *Electrochemical CO<sub>2</sub> Reduction: Remaking Our Carbon Footprints.* The topic of 'climate change' is currently one of the most discussed worldwide. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions originating mainly from anthropogenic activities, have been related to the increase in the planet's average temperature due to the greenhouse effect. Among some alternatives for the mitigation of this global problem, such as the use of renewable energy, the electrochemical CO<sub>2</sub> reduction (eCO<sub>2</sub>R) has shown great potential for working on attenuating these effects, as a second chance to remake our carbon footprints. This paper defines what eCO<sub>2</sub>R is, whose main feature is to generate value-added molecules for the chemical and fuels industries, while act to control climate change. Briefly, important concepts of the technique, some recent results and promising applications will be introduced.

**Keywords:** electrochemical CO<sub>2</sub> reduction; climate change; energy conversion



# Julia Hall e o Desenvolvimento do Processo Hall-Hérault: o Efeito Matilda na História da Indústria Química

Lucas dos S. Fernandes

Julia Hall foi uma cientista que contribuiu para o desenvolvimento do processo de produção de alumínio denominado Hall-Hérault. No entanto, a criação do processo é atribuída apenas a Charles Hall (irmão de Julia Hall) e a Paul Héroult. A atribuição de contribuições científicas produzidas por mulheres a cientistas homens é chamada de efeito Matilda. O objetivo deste estudo é resgatar as contribuições de Julia Hall para o desenvolvimento do processo Hall-Hérault. Julia Hall auxiliou seu irmão, atuando em diversas frentes: executando, registrando, documentando e discutindo os experimentos realizados. Debates sobre episódios históricos, como o apresentado nesta pesquisa, podem contribuir para a superação de concepções sexistas que consideram a Ciência e a Tecnologia empreendimentos exclusivamente masculinos.

► Julia Hall, processo Hall-Hérault, alumínio ◀

Recebido em 12/11/2021, aceito em 23/01/2022

117

**A**o longo da História da Ciência e da Tecnologia, as contribuições femininas têm sido quase sempre omitidas, desacreditadas ou ainda creditadas a personagens masculinos (Alic, 1982). Para evidenciar essa situação recorrente, a historiadora da Ciência Margaret Rossiter cunhou, no início dos anos 1990, a expressão ‘efeito Matilda’ em homenagem à ativista, abolicionista e sufragista americana Matilda Joslyn Gage (1826-1898) (Rossiter, 1993).

Infelizmente, a História da Ciência e da Tecnologia é rica em exemplos de efeito Matilda. Facilmente podemos citar mulheres que tiveram suas contribuições científicas atribuídas a homens, tais como: Lise Meitner (fissão nuclear), Rosalind Franklin (estrutura do DNA), Chien Shiung Wu (violação da simetria de paridade), entre outras. Nesses exemplos, cientistas homens foram laureados com o Prêmio Nobel, enquanto as cientistas mulheres não receberam o devido reconhecimento por suas contribuições científicas (McGrayne, 2001).

A cientista norte-americana Julia Brainerd Hall (1859-1925) foi mais uma vítima do efeito Matilda. Julia Hall

contribuiu, como será apresentado posteriormente, para o desenvolvimento de um processo eletrolítico de produção de alumínio (Trescott, 1993). Esse processo ficou conhecido como Hall-Hérault, em alusão aos seus inventores reconhecidos: Charles M. Hall (irmão de Julia Hall) e Paul L. T. Héroult. Pesquisando de forma independente, Charles Hall (1863-1914), com o auxílio de Julia Hall, e Paul Héroult (1863-1914) desenvolveram um método eletrolítico semelhante para a produção de alumínio. Eles só descobriram que estavam trabalhando no mesmo projeto quando tentaram patentear o processo.

Graças ao trabalho de registro, documentação e testemunho de Julia Hall, Charles Hall sagrou-se vencedor na disputa pela patente do processo eletrolítico de produção de alumínio (Trescott, 1977). Posteriormente, Charles Hall fez fortuna ao fundar a empresa predecessora da atual *Aluminum Company of America* (ALCOA).

Apesar da sua importância, o nome e as contribuições de Julia Hall foram apagados, tanto por Charles Hall como por seus biógrafos, da história do desenvolvimento do processo

Infelizmente, a História da Ciência e da Tecnologia é rica em exemplos de efeito Matilda. Facilmente podemos citar mulheres que tiveram suas contribuições científicas atribuídas a homens, tais como: Lise Meitner (fissão nuclear), Rosalind Franklin (estrutura do DNA), Chien Shiung Wu (violação da simetria de paridade), entre outras.



eletrolítico de produção de alumínio (Trescott, 1979). O objetivo deste estudo é resgatar as contribuições de Julia Hall para o desenvolvimento do processo Hall-Hérault. A partir desse objetivo, espera-se colaborar para a construção de uma História da Ciência e da Tecnologia mais comprometida com a equidade de gênero.

Além disso, “A vida e a época dos grandes e não tão grandes cientistas geralmente são cheias de incidentes e questões interessantes e atraentes sobre os quais os alunos podem ler, debater e reencenar” (Matthews, 2015, p. 110, tradução nossa). Dessa forma, utilização de episódios históricos, como o apresentado neste estudo, dentro de uma estratégia didática bem orientada, pode contribuir para a construção de visões adequadas sobre o desenvolvimento científico e tecnológico por parte de professores e estudantes (Porto, 2010).

Além desta introdução e das considerações finais, este trabalho está dividido em outras quatro partes. Na primeira, apresenta-se um esboço biográfico de Julia Hall. A segunda discute as funções desempenhadas por ela no desenvolvimento do processo Hall-Hérault. Na terceira parte é apresentado o contexto da descoberta do processo eletrolítico de produção de alumínio desenvolvido independentemente por Charles Hall e Paul Héroult. A quarta discute como o efeito Matilda invisibilizou, ao menos parcialmente, as contribuições científicas de Julia Hall.

### Esboço Biográfico de Julia Hall

Julia Brainerd Hall nasceu em 11 de novembro do ano de 1859 na Federação das Índias Ocidentais, atual Jamaica. Nesse período, seus pais haviam deixado o estado de Ohio, Estados Unidos, e atuavam como missionários religiosos na então colônia do Reino Unido. Após o nascimento de Julia, seus pais regressaram a Ohio, onde se estabeleceram definitivamente. Julia Hall foi a quarta de um total de sete filhos do casal Hall (Trescott, 1981).

A formação científica de Julia Hall ocorreu no tradicional *Oberlin College*, que conferia o grau de Bacharel em Artes. Para os homens, essa formação chamava-se Curso Clássico, e para as mulheres, Curso Literário. Esses cursos diferiam em alguns aspectos: (1) o Curso Clássico envolvia aulas de Grego e Latim; (2) ao final de cada semestre, os alunos do Curso Clássico realizavam exames retóricos; (3) o Curso Clássico conferia o grau de Bacharel em Artes, e o Curso Literário, por sua vez, concedia apenas o diploma (*Oberlin College*, 1916). Julia Hall concluiu o Curso Literário em 1881, enquanto seu irmão Charles completou o Curso Clássico em 1885. A formação acadêmica de Julia e Charles Hall foi praticamente a mesma, contudo ela cursou mais disciplinas científicas do que ele (Trescott, 1977).

Após concluir o Curso Literário, Julia Hall dedicou-se aos cuidados de suas duas irmãs mais novas e de sua mãe,

que estava seriamente doente desde o início da década de 1880. (Trescott, 1981). Simultaneamente, ela passou a colaborar com as pesquisas de Charles Hall sobre a obtenção eletrolítica de alumínio, que eram realizadas, desde 1882, em um depósito de madeira nos fundos da casa em que eles viviam em Oberlin, Ohio.

O desenvolvimento do processo eletrolítico de produção de alumínio foi concluído no início de 1886. Daí em diante, os esforços dos irmãos Hall foram direcionados para o pedido da patente, que só foi concedida em 1889. Em 1888, Charles Hall, o empresário do ramo metalúrgico Alfred E. Hunt (1855-1899) e um grupo de investidores fundaram a *Pittsburgh Reduction Company*, empresa predecessora da ALCOA. Os lucros com as ações da ALCOA foram divididos entre Charles e Julia Hall de forma extremamente desigual. Por volta de 1914, enquanto ele ganhava em torno de \$ 170.000 anuais, ela recebia \$ 8.000 (Martin, 2011).

Entre outros prêmios e honrarias científicas, Charles Hall foi agraciado, em 1911, com a Medalha Perkins “por suas invenções e descobertas em conexão com a fabricação de alumínio” (Perkin Medal, 1911, p. 143). A entrega da medalha foi realizada durante uma cerimônia em Nova Iorque. Em seu discurso

de agradecimento, em vez de citar as contribuições de Julia Hall, Charles Hall optou por mencionar de forma genérica o envolvimento de sua família nas invenções que levaram ao estabelecimento da *Pittsburgh Reduction Company*.

Em 1914, Charles Hall faleceu, e três anos depois Julia Hall mudou-se para Rochester, Nova Iorque, onde viveu até a sua morte em quatro de setembro de 1926. Assim como Charles Hall, Julia Hall nunca se casou ou teve filhos.

### Julia Hall e o Desenvolvimento do Processo Hall-Hérault

As contribuições de Julia Hall para o desenvolvimento do processo Hall-Hérault foram e ainda são frequentemente omitidas. Contudo, ela desempenhou funções fundamentais para que esse processo fosse desenvolvido e se tornasse uma das realizações mais importantes e lucrativas da história da indústria química (Trescott, 1979).

Numa série de estudos publicados desde a década de 1970, Martha M. Trescott, pesquisadora estadunidense sobre a participação das mulheres na Ciência e Engenharia, definiu algumas funções desempenhadas por Julia Hall no desenvolvimento do processo de obtenção eletrolítica de alumínio (Quadro 1). Entre outras funções, Julia Hall auxiliou a execução dos experimentos, escreveu notas de laboratório e aconselhou Charles Hall nos negócios que deram origem à *Pittsburgh Reduction Company* (Bowden, 1997).

Em um documento sobre a pesquisa liderada por seu irmão, Julia Hall afirmou que, quando Charles Hall começou

O objetivo deste estudo é resgatar as contribuições de Julia Hall para o desenvolvimento do processo Hall-Hérault. A partir desse objetivo, espera-se colaborar para a construção de uma História da Ciência e da Tecnologia mais comprometida com a equidade de gênero.

Quadro 1: Funções desempenhadas por Julia Hall no desenvolvimento do processo Hall-Hérault.

Funções	Descrição das atividades desempenhadas por Julia Hall
Testemunha	Presenciando todos os experimentos realizados por Charles Hall. Testemunhando a favor do irmão durante o processo pela patente relativa ao processo eletrolítico de produção de alumínio.
Auxiliar de laboratório	Auxiliando Charles Hall durante a realização dos experimentos.
Interlocutora científica	Discutindo ideias com Charles Hall sobre a condução dos experimentos de produção de alumínio em termos teóricos e técnicos.
Captadora de recursos	Contatando amigos e familiares para financiar a pesquisa.
Gerente comercial	Prospectando possíveis clientes interessados no processo de obtenção do alumínio e na comercialização da técnica de produção.
Secretária executiva	Documentando cartas e escritos de Charles Hall sobre o processo eletrolítico de obtenção de alumínio. Anotando todos os passos seguidos por seu irmão durante os experimentos. Cuidando da correspondência e demais escritos do irmão relativos à pesquisa com alumínio.
Agente de inovação	Auxiliando no procedimento de depósito da patente do processo de produção de alumínio.
Escritora	Redigindo um documento histórico (História da Invenção do Alumínio por C. M. Hall) decisivo para que Charles Hall obtivesse a patente sobre o processo de obtenção eletrolítica de alumínio.

Fonte: Elaborado a partir dos estudos de Martha Trescott (TRESKOTT, 1993; 1981; 1979; 1977).

a fazer os experimentos decisivos para sua descoberta, ela o auxiliou lavando a alumina, entre outras atividades de laboratório (Hall, 1887). Mais adiante, no mesmo documento, ela escreveu: “Na terça-feira, 23 de fevereiro de 1886, uma semana após fazer seu primeiro experimento, meu irmão Charles conduziu um experimento bem sucedido no qual ele produziu alumínio...” (Hall, 1887, p. 3, tradução nossa). Por fim, ela ainda afirmou “Eu testemunhei o experimento, vi a mistura depois ser derramada, após ser resfriada, surgiu dela um

As funções desempenhadas por Julia Hall poderiam colocá-la numa posição de coinventora do processo eletrolítico de obtenção de alumínio juntamente com seu irmão Charles Hall (Trescott, 1979; Bowden, 1997). No entanto, há pesquisadores que discordam desse posicionamento e minimizam as contribuições dela, afirmando que não há evidências para afirmar que os irmãos Hall foram colaboradores científicos (Craig, 2019; Phillips, 1999).

número de pequenos glóbulos de alumínio...” (Hall, 1887, p. 3, tradução nossa).

O documento produzido por Julia Hall, no qual ela narra em detalhes a descoberta do irmão, é uma fonte válida de informações, tendo em vista que foi utilizado como evidência durante o litígio pela patente do processo eletrolítico de produção de alumínio vencido por Charles Hall. Nessa ação judicial, Julia Hall ainda atuou como testemunha prestando um depoimento oral a favor do irmão (Trescott, 1979).

Além dessas funções de natureza profissional, Julia Hall ainda era a responsável pelos afazeres domésticos da casa onde vivia com seu irmão e demais membros da família Hall (Smith, 1988). Dessa forma, ela garantia a seu irmão as condições básicas para que ele se concentrasse apenas na pesquisa científica que começou a desenvolver nos fundos de casa.

As funções desempenhadas por Julia Hall poderiam colocá-la numa posição de coinventora do processo eletrolítico de obtenção de alumínio juntamente com seu irmão Charles Hall (Trescott, 1979; Bowden, 1997). No entanto, há pesquisadores que discordam desse posicionamento e minimizam as contribuições dela, afirmando que não há evidências para afirmar que os irmãos Hall foram colaboradores científicos (Craig, 2019; Phillips, 1999).

No entanto, é bastante provável que Julia Hall tenha colaborado nas pesquisas de seu irmão levando em consideração os seguintes pontos: (1) Julia e Charles Hall sempre foram próximos do ponto de vista afetivo; (2) durante o desenvolvimento do processo eletrolítico de produção de alumínio ambos moravam na mesma casa e frequentavam o laboratório instalado nos fundos; (3) Julia tinha formação científica na área de Química; (4) há indícios de que Julia e Charles Hall discutiam ideias científicas durante os experimentos empreendidos por ele; (5) Julia Hall produziu uma memória detalhada sobre os experimentos levados a cabo por Charles Hall com o auxílio dela (Hall, 1887).

Charles Hall foi o idealizador e líder do projeto de pesquisa desde o princípio. Contudo, a presença de Julia Hall no laboratório auxiliando, documentando e registrando todos os passos da pesquisa, além de outras funções, não

pode ser desprezada. Não se sabe exatamente a extensão da colaboração científica entre os irmãos Hall (Smith, 1988); contudo, a completa omissão do nome e das contribuições de Julia Hall é, no mínimo, injusta e precisa ser corrigida.

### Charles Hall e o processo de produção de alumínio

Por ser um metal altamente reativo, o alumínio não é encontrado de forma pura na natureza, mas sempre combinado com outros elementos químicos. Dentre os minerais mais



abundantes que contêm alumínio, destaca-se a bauxita, formada por aproximadamente 50% de alumina (óxido de alumínio,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) (Grjotheim *et al.*, 1982).

O alumínio foi descoberto em 1825, pelo físico e químico dinamarquês Hans Christian Ørsted (1777-1851). Contudo, os estudos sobre esse metal só começaram quando o químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882), utilizando a mesma técnica de Ørsted, produziu alumínio em 1827 (Peixoto, 2001). A produção comercial de alumínio iniciou-se em 1854 na França. Porém, até o último quarto do século XIX, não havia um processo químico adequado para obter esse metal em larga escala (Grjotheim *et al.*, 1982).

O interesse de Charles Hall pelo alumínio começou durante as aulas de Química no *Oberlin College*, onde ele conheceu o professor Frank Fanning Jewett (1844-1926). Jewett havia estudado na Alemanha e estava entusiasmado com as possíveis aplicações do alumínio. A partir do incentivo de Jewett, Charles Hall direcionou suas pesquisas para o desenvolvimento de um processo eletroquímico para a produção de alumínio (Craig, 1986).

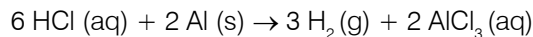
Inicialmente Hall e Jewett realizaram experimentos de redução. O fracasso desses experimentos os direcionou para uma abordagem diferente: a eletrólise. Após construírem uma bateria elétrica, eles realizaram a eletrólise do fluoreto de alumínio ( $\text{AlF}_3$ ) em meio aquoso; contudo, eles produziram hidróxido de alumínio [ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ] em vez do metal (Craig, 1986).

Baseando-se nas experiências eletrolíticas de outros pesquisadores da época, Hall e Jewett decidiram realizar a eletrólise ígnea utilizando sais fundidos. No entanto, fundir esses sais envolvia temperaturas muito altas (aproximadamente  $1500^\circ\text{C}$ ), quase inatingíveis utilizando o forno instalado no laboratório improvisado nos fundos da residência da família Hall. A solução para esse problema seria encontrar um sal que pudesse ser misturado ao óxido de alumínio para baixar o ponto de fusão da mistura (Smith, 1988).

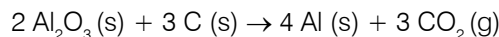
Após alguns testes malsucedidos, Hall teve a ideia de utilizar criolita sintética, fluoreto duplo de sódio e alumínio ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ). Segundo as anotações de Julia Hall, depois de mais testes, no dia vinte e três de fevereiro de 1886, Charles Hall obteve sucesso (Hall, 1887). Ele montou um sistema formado por um cadinho de grafite posicionado sobre um cadinho de argila. O cadinho de grafite continha uma mistura de criolita fundida, óxido de alumínio e fluoreto de alumínio ( $\text{AlF}_3$ ). Em seguida, ele mergulhou nessa mistura dois eletrodos de grafite que estavam ligados a uma bateria cuja corrente elétrica passou por esse sistema durante algumas horas.

Após resfriar o sistema, Charles e Julia Hall observaram que foram depositados, no eletrodo negativo, pequenos glóbulos prateados (Craig, 1986; Beck, 2014).

Posteriormente esses glóbulos foram identificados por meio da reação química com ácido clorídrico (HCl):



Os resultados confirmaram que o experimento eletrolítico realizado por Charles Hall produziu alumínio, segundo a seguinte reação eletroquímica global:



A partir desse ponto, a empreitada de Charles Hall entrava em uma nova fase. Pelo menos três grandes desafios eram iminentes: (1) aperfeiçoar o processo e torná-lo mais eficiente e barato; (2) adaptar o processo para produzir alumínio em larga escala; (3) patentear o processo.

Os dois primeiros desafios foram superados rapidamente a partir da realização de mais testes utilizando equipamentos mais potentes e reagentes puros. O terceiro desafio mostrou-se mais difícil, pois Hall pediu a patente apenas em 9 de julho de 1886. Nesse período, outro pedido de patente, protocolado pelo cientista francês Paul Héroult para o mesmo processo, já estava em andamento na França desde 23 de abril de 1886 (Martin, 2011).

A principal diferença entre os processos eletrolíticos desenvolvidos por Hall e Héroult era a utilização de tetracloroaluminato de sódio ( $\text{NaAlCl}_4$ ) misturado à criolita fundida pelo francês (Grjotheim *et al.*, 1982). Héroult pode ter chegado ao processo eletrolítico de produção de alumínio antes de Hall, mas não conseguiu demonstrar isso para o comitê que avaliou os pedidos de patente. O método desenvolvido por Charles Hall era melhor para produzir

alumínio puro; por outro lado, o processo elaborado por Héroult era mais adequado para produzir ligas metálicas de alumínio (Smith, 1988). Em termos práticos, o processo eletrolítico é basicamente o mesmo, por isso os nomes dos desenvolvedores foram unidos na denominação conhecida mundialmente: processo Hall-Héroult.

Julia Hall foi fundamental para que seu irmão fosse o vencedor no processo da patente. Além de testemunhar, ela anexou ao processo um documento de seis páginas no qual narra em detalhes os experimentos que levaram ao desenvolvimento do processo eletrolítico de produção de alumínio por Charles Hall em 23 de fevereiro de 1886, dois meses antes de Héroult protocolar seu pedido (Hall, 1887). O processo da patente se arrastou por mais alguns anos, até que a decisão favorável a Charles Hall veio em 2 de abril de 1889 (Craig, 2013).

Após esse episódio, Héroult perseguiu novos objetivos profissionais como inventor e obteve sucesso. Ele inventou

**Julia Hall foi fundamental para que seu irmão fosse o vencedor no processo da patente. Além de testemunhar, ela anexou ao processo um documento de seis páginas no qual narra em detalhes os experimentos que levaram ao desenvolvimento do processo eletrolítico de produção de alumínio por Charles Hall em 23 de fevereiro de 1886, dois meses antes de Héroult protocolar seu pedido (Hall, 1887).**



um forno industrial de arco elétrico para a produção de aço de alta qualidade, considerado um dos melhores da época (Smith, 1988).

Em 1888, antes de obter a patente, Charles Hall, Alfred Hunt e um grupo de investidores fundaram a *Pittsburgh Reduction Company*, empresa dedicada à produção de alumínio em larga escala. O sucesso da empresa gerou lucros extraordinários para seus fundadores. No ano de 1907, a empresa recebeu o nome de *Aluminum Company of America*, cujo acrônimo ALCOA é mais conhecido no Brasil (Smith, 1988).

Atualmente, a ALCOA é uma das maiores empresas do mundo no ramo da produção de alumínio. Apesar das novas tecnologias que automatizaram o processo Hall-Héroult ao longo do século XX, o método eletrolítico de produção de alumínio em larga escala permanece basicamente o mesmo (Grjotheim *et al.*, 1982).

Os caminhos de Hall e Héroult se cruzaram mais uma vez em 1911, durante a cerimônia de entrega da Medalha Perkins a Hall em Nova Iorque. Ambos discursaram durante o evento e trocaram cordialidades, demonstrando que não havia qualquer ressentimento decorrente do processo de depósito da patente vencido por Hall mais de duas décadas antes.

### Julia Hall e o Efeito Matilda

O episódio histórico apresentado neste estudo ilustra, de forma geral, o tratamento reservado às mulheres ao longo da História da Ciência e da Tecnologia. Muitas mulheres cientistas, como Julia Hall, foram completamente esquecidas ou tiveram suas produções científicas atribuídas a homens, geralmente colegas de trabalho, orientadores ou até maridos (McGrayne, 2001).

Diversos livros e artigos descrevem a história do processo Hall-Héroult, mas não citam o nome ou as contribuições de Julia Hall (Weller *et al.*, 2014; Prasad, 2000). Os poucos livros e artigos que citam seu nome apenas mencionam que ela colaborou com Charles Hall, mas não destacam quais foram as funções desempenhadas por ela (Rodgers, 2017; Beck, 2014). Dessa forma, faz-se necessário mostrar que Julia Hall foi imprescindível para o desenvolvimento do processo Hall-Héroult, desempenhando diversas funções, tais como: auxiliar de laboratório, secretária executiva e gerente comercial, entre outras destacadas no Quadro 1 (Trescott, 1979).

As contribuições científicas de Julia Hall foram quase apagadas, enquanto as de Charles Hall foram devidamente reconhecidas mundialmente e premiadas. Assim opera o efeito Matilda, ocultando as vozes femininas na Ciência e na Tecnologia e atribuindo suas contribuições exclusivamente a cientistas homens. A própria Matilda Gage

denunciou, no final do século XIX, no ensaio *Woman as an Inventor* (A Mulher como Inventora) a dificuldade encontrada para as mulheres serem reconhecidas como inventoras (Gage, 1883).

Nos últimos anos, denúncias de efeito Matilda promoveram mudanças, ainda incipientes, na literatura científica. Nesse sentido, algumas mulheres cientistas e suas respectivas contribuições foram incluídas em livros didáticos, tais como: Rosalind Franklin, Marie Curie e Lise Meitner. No entanto, essa mudança ainda é insuficiente diante das incontáveis mulheres que contribuíram significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico.

### Considerações finais

Nos últimos anos, iniciativas governamentais e privadas, no Brasil e no exterior, buscaram atrair mais mulheres para carreiras profissionais nos campos da Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). Essas iniciativas são importantes, mas para que as mulheres do presente se sintam atraídas para essas áreas é necessário destacar as contribuições científicas das mulheres do passado.

O episódio histórico relativo ao desenvolvimento do processo Hall-Héroult pode ser utilizado com fins didáticos para o ensino de conteúdos sobre eletroquímica, mas também para abordar questões de gênero dentro da História da Ciência e da Tecnologia. A integração entre conteúdos científicos e questões sociais no contexto didático é fundamental para que os estudantes analisem criticamente as diversas relações que podem ser estabelecidas entre a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente.

A utilização de casos históricos que envolvem as contribuições femininas em sala de aula pode contribuir para a construção de visões mais adequadas sobre o desenvolvimento científico e tecnológico, pois permite a superação de concepções sexistas que consideram a Ciência e a Tecnologia empreendimentos exclusivamente masculinos.

De uma forma geral, a imagem estereotipada da Ciência pensa o trabalho científico sendo realizado

por um homem, branco, heterossexual, de jaleco e óculos e completamente isolado no laboratório. Essa visão distorcida precisa ser ressignificada levando em consideração que o desenvolvimento científico e tecnológico foi e é construído coletivamente por seres humanos de diversas etnias, gêneros, classes sociais e orientações sexuais.

**Lucas Santos Fernandes** (lucas.fernandes@univaf.edu.br), licenciado em Química e mestre em Ensino de Ciências pela UFRPE, doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela UFBA/UEFS. É professor adjunto da Universidade Federal do Vale do São Francisco. São Raimundo Nonato, PI – BR.

## Referências

- ALIC, M. The History of Women in Science: A Women's Studies Course. *Women's Studies International Forum*, v. 5, n. 1, p. 75-81, 1982.
- BECK, T. R. Hall and Héroult and the Discovery of Aluminum Electrolysis. *The Electrochemical Society Interface*, v. 23, n. 2, p. 36-37, 2014.
- BOWDEN, M. E. *Chemical Achievers: The Human Face of the Chemical Sciences*. Philadelphia: Chemical Heritage Foundation, 1997.
- CRAIG, N. C. Early History of Aluminum Metallurgy. In: TOTTEN, G. E.; TIRYAKIOGLU, M.; KESSLER, O. (Orgs.). *Encyclopedia of Aluminum and Its Alloys*. Boca Raton: CRC Press, 2019.
- CRAIG, N. C. Charles M. Hall's Persistent Quest of Patents for Refining Aluminum Metal by Electrolysis. *Bulletin for the History of Chemistry*, v. 38, n. 1, p. 13-18, 2013.
- CRAIG, N. C. Charles Martin Hall - The Young Man, His Mentor, and His Metal. *Journal of Chemical Education*, v. 63, n. 7, p. 557-559, 1986.
- GAGE, M. J. Woman as an Inventor. *The North American Review*, v. 136, n. 318, p. 478-489, 1883.
- GRJOTHEIM, K.; KROHN, C.; MALINOVSKY, M.; MATIASOVSKY, K.; THONSTAD, J. *Aluminium Electrolysis: Fundamentals of the Hall-Héroult Process*. 2a. ed. Dusseldorf: Aluminium Verlag, 1982.
- HALL, J. *History of C. M. Hall's Aluminum Invention*. p. 1-6, 1887.
- MARTIN, D. F. The Race for Cheap Aluminum: Hall Versus Héroult. *Technology and Innovation*, v. 13, n. 3, p. 233-238, 2011.
- MACGRAYNE, S. B. *Nobel Prize Women in Science: Their Lives, Struggles, and Momentous Discoveries*. 2a. ed. Washington: Joseph Henry Press, 2001.
- MATTHEWS, M. R. *Science Teaching: The Contribution of History and Philosophy of Science*. 2a. ed. New York: Routledge, 2015.
- OBERLIN COLLEGE. *Quinquennial Catalog of the Officers and Graduates of Oberlin College*. Oberlin (OH): Oberlin College, 1916.
- PEIXOTO, E. M. A. Alumínio. *Química Nova na Escola*, v. 13, n. 1, p. 51, 2001.
- PERKIN MEDAL. *Industrial and Engineering Chemistry*, v. 3, n. 3, p. 143-151, 1911.
- PHILLIPS, E. A. Did Julia Hall Invent? *Invention & Technology*, v. 14, n. 3, n.p., 1999.
- PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P. e MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 159-180.
- PRASAD, S. Studies on the Hall-Héroult Aluminum Electrowinning Process. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 11, n. 3, p. 245-251, 2000.
- RODGERS, G. E. *Química Inorgânica Descritiva, de Coordenação e do Estado Sólido*. São Paulo: Cengage Learning: 2017.
- ROSSITER, M. The Matthew Matilda Effect in Science. *Social Studies of Science*, v. 23, p. 325-341, 1993.
- SMITH, G. D. *From Monopoly to Competition: The Transformations of ALCOA, 1888-1986*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- TRESCOTT, M. M. Women in the Intellectual Development of Engineering: A Study of Persistence and Systems Thought. In: KASS-SIMON, G.; FARNES, P. e NASH, D. (Orgs.). *Women of Science: Righting the Record*. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press, 1993. p. 147-187.
- TRESCOTT, M. M. *The Rise of the American Electrochemicals Industry, 1880-1910: Studies in the American Technological Environment*. Westport: Greenwood Press, 1981.
- TRESCOTT, M. M. Julia B. Hall and Aluminum. *Journal of Chemical Education*, v. 54, n. 1, p. 24-25, 1977.
- TRESCOTT, M. M. *Dynamos and Virgins Revisited: Women and Technological Change in History*. Metuchen, New Jersey: The Scarecrow Press, 1979.
- WELLER, M.; OVERTON, T.; ROURQUE, J. e ARMSTRONG, F. *Química Inorgânica*. 6a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

**Abstract:** *Julia Hall and the development of the Hall-Héroult Process: The Matilda effect in the history of the chemical industry.* Julia Hall was a scientist who contributed to the development of the aluminum production process called Hall-Héroult. However, the creation of the process is attributed only to Charles Hall (Julia's brother) and to Paul Héroult. The attribution of scientific contributions produced by women to male scientists is called the Matilda effect. The aim of this study is to rescue Julia Hall's contributions to the development of the Hall-Héroult process. Julia Hall helped her brother, acting on several fronts: executing, recording, documenting and discussing the experiments carried out. Debates on historical episodes, such as the one presented in this research, can contribute to overcoming sexist conceptions that consider Science and Technology to be exclusively male undertakings.

**Keywords:** Julia Hall, Hall-Héroult process, aluminum.

# Interações discursivas em situações de ensino de Química: em busca de oportunizar novos significados a quem apreende conceitos científicos

**Nicéa Q. Amauro, Paulo Vitor Teodoro, Ernanda A. de Gouveia e Marcos Fernandes-Sobrinho**

O presente artigo aponta reflexões de uma pesquisa que investigou como as ações do professor podem, potencialmente, contribuir com a construção de significados a partir de interações discursivas em aulas de Ciências/Química. A pesquisa foi realizada em um curso de formação de professores de Química, em uma Universidade Pública Federal localizada no Estado de Minas Gerais, Brasil. Apoiados no instrumento de Mortimer e Scott (2002), analisamos episódios ministrados em aulas simuladas pelos futuros professores. A análise dos dados nos permitiu considerar que as ações docentes em formação no contexto da sala de aula possuem características que se aproximam da intenção do professor em propor diferentes situações-problemas, em que os estudantes são levados à constante reflexão. Entretanto, os episódios se diferem no tipo da abordagem e nas ações efetivadas pelo professor em sala de aula.

► ensino de química, interações discursivas, formação de professores ◀

Recebido em 28/10/2021, aceito em 17/10/2022

123

Muito se tem discutido acerca das práticas docentes, das atividades didático-pedagógicas e dos problemas relacionados aos baixos rendimentos escolares enfrentados por estudantes de escolas brasileiras (Altarugio *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2017; Cipriani *et al.*, 2021). Com isso, pesquisas relacionadas a ações em sala de aula, considerando a importância que a caracterização do discurso tem assumido na Educação, tornam-se cada vez mais constantes no contexto do ensino de Ciências (Carrillo *et al.*, 2015; Cohen, 2015; Sessa e Trivelato, 2017; Ibraim e Justi, 2021; Oliveira, Cruz e Silva, 2021).

Nesse sentido, a educação científica atual deve instigar a construção e a reconstrução de significados, considerando a Ciência como forma viável de compreensão do mundo, capaz de favorecer ao indivíduo a apreensão de alfabetização científica, que o permita desenvolver habilidades à sua formação suficientemente crítica. Entretanto, o que se veicula em nossa sociedade é, geralmente, uma educação científica que não promove a criticidade e trabalho coletivo, cujo propósito está no viés de uma sociedade melhor, justa e igualitária (Silva *et al.*, 2017).

Assim, necessário se faz compreender o processo pelo qual os estudantes podem, por meio de interações discursivas, elaborar significados em aulas de Ciências (Mortimer e Scott, 2002; Bezerra, 2015; Sessa e Trivelato, 2017; Oliveira, Cruz e Silva, 2021).

Isso posto, no presente artigo, pautamos nossas objetivações em investigar como as ações do professor podem, potencialmente, contribuir com a construção de significados, a partir de interações discursivas em aulas de Ciências/Química.

[...] as literaturas nacional e internacional trazem estudos que têm investigado os interferentes que levam à construção de significados por meio de ações docentes na área de Ciências, bem como instrumentos e metodologias que podem ser úteis para a análise das interações discursivas em sala de aula.

## Corpo teórico de análise de interações discursivas

Mortimer e Scott (2002), Costas e Ferreira (2011), Santos *et al.* (2014), entre outros, sinalizam que o significado é construído a partir das situações vivenciadas pelos indivíduos, de sorte que, nesse sentido, as interações discursivas são consideradas constituintes do processo de construção de significados.

Desse modo, as literaturas nacional e internacional trazem estudos que têm investigado os interferentes que levam à construção de significados por meio de ações docentes na





área de Ciências, bem como instrumentos e metodologias que podem ser úteis para a análise das interações discursivas em sala de aula.

No contexto internacional, pesquisas em diferentes áreas do conhecimento também têm mostrado ações docentes para a identificação do processo de construção de significados em sala de aula. Por exemplo, Cazden (1997) mostra que as ações propostas por professores, em sala de aula, apresentam estruturas diferentes de participação, envolvendo tanto alunos quanto professores. Essas estruturas, segundo Cazden (1997), podem ser analisadas por meio das interações entre os envolvidos. Conforme mostram Edwards e Mercer (1994), as interações não podem se limitar às questões de conteúdo. De fato, além do conteúdo, conforme mostram Mortimer e Scott (2002), podemos observar o foco do ensino, os tipos de abordagem, as formas de interação e as ações de intervenção.

Kulatunga *et al.* (2013) investigaram os resultados da argumentação para a construção de significados em um grupo de estudantes da educação superior, na disciplina de Química Geral. A pesquisa mostrou que ações que incentivam a argumentação, por parte dos estudantes, são recursos que contribuem para a mediação do conhecimento, visando à construção de signos.

No entanto, os autores mostraram que, muitas vezes, os professores precisam orientar os discursos dos educandos, pois inicialmente são baseados em conhecimentos do senso comum. Isso sugere intervenções docentes constantes para que os discursos sejam sustentados com embasamento científico.

Kulatunga *et al.* (2013) mostram ainda que quando os estudantes trabalham em grupo, os argumentos formados são mais explicativos e próximos ao conhecimento científico, já que o discurso de um estudante corrobora com as expressões iniciadas por outros colegas ou ainda interpela possíveis argumentos sobre o tema em discussão.

Carrillo *et al.* (2015) discutem que a análise do discurso pode ser iniciada por meio de mediações didáticas que favoreçam a cooperação e o trabalho em equipe entre os estudantes. Os autores apontam que ações como essas possibilitam que os estudantes demonstrem ciclos discursivos capazes de verificar o desempenho crescente na construção de significados. Isso foi possível de ser notado em pesquisas realizadas por Carrillo *et al.* (2015), com estudantes do curso de Biologia da educação superior.

Já Mameli *et al.* (2015) utilizaram um *software* para identificar padrões discursivos em atividades cotidianas em sala de aula. A ferramenta realiza o levantamento de padrões discursivos por meio das informações solicitadas pelo professor, o que permite analisar as tendências das situações de ensino. Os principais padrões discursivos mais identificados foram aqueles que limitam a participação dos estudantes no processo de formação conceitual (geralmente

por ações autoritárias) e, também, aqueles em que os estudantes apresentam ideias sobre o que está sendo exposto, mas não sustentam o que é discursado (Mameli *et al.*, 2015).

No cenário brasileiro das publicações pertinentes às interações discursivas, Cohen (2015) investigou as interlocuções fundamentadas na perspectiva bakhtiniana, a partir de análise de textos, como resumos, resenhas e relatórios acadêmicos, produzidos por futuros professores da área de Ciências Naturais.

Sessa e Trivelato (2017) analisaram as interações discursivas em atividades de campo, com a participação de estudantes do Ensino Fundamental. O intuito foi possibilitar a construção de significados no Ensino de Biologia e verificar a contribuição do processo interativo para alfabetização científica. As autoras assumiram que na atividade de campo a construção de significados se faz pela incorporação do objeto no discurso, quer por sua presença como parte do cenário, quer como representação em expressões e gestos.

Sessa e Trivelato (2017) ainda consideraram que as atividades de campo contribuem para apropriação dos processos de construção de significados para além da análise verbal nas interações discursivas. Isso porque a incorporação do

elemento empírico, como recurso de apropriação de significados do movimento discursivo nas atividades de campo, terá sentido se a função de dirigir a atenção ao que é ‘observável’ e relevante for desempenhada por expressões e gestos (Sessa e Trivelato, 2017).

Silva (2015) investigou a análise de duas situações de ensino, a partir de atividades práticas

desenvolvidas com estudantes do Ensino Fundamental e o professor da respectiva turma. A autora percebeu que as intervenções pedagógicas, realizadas pela professora de Ciências, geralmente favorecem a incorporação de aspectos fundamentais das investigações científicas pelos estudantes, iniciando o processo de construção de significados.

Embora o ensino de Ciências não deva focar suas atividades apenas em proporcionar a aquisição de conceitos e habilidades experimentais pelos aprendizes, Silva (2015) considera fundamental possibilitar que os estudantes tenham compreensão acerca da natureza da Ciência, articulada com saberes científicos. A autora ressalta que os próprios estudantes elaboraram questões, planejaram e desenvolveram experimentos para testar suas hipóteses. Ações como essas são também apresentadas em outras pesquisas, como mostram Ibraim e Justi (2021), em que é possível o engajamento dos estudantes nas discussões em sala de aula, as quais favorecem o protagonismo estudantil em atividades docentes, possibilitando momentos de construção de novos conceitos em meio a interlocuções e debates entre colegas.

Desse modo, Silva (2015) afirma que a construção de significados pode ser alcançada por meio de atividades práticas ao longo dos processos de produção e legitimação

No cenário brasileiro das publicações pertinentes às interações discursivas, Cohen (2015) investigou as interlocuções fundamentadas na perspectiva bakhtiniana, a partir de análise de textos, como resumos, resenhas e relatórios acadêmicos, produzidos por futuros professores da área de Ciências Naturais.



dos saberes, que se apresentam como um potencial recurso à apropriação de aspectos constitutivos da análise dos fenômenos, na perspectiva da ciência escolar.

Diante das produções que enveredam sobre a elaboração de significados em sala de aula, percebemos que essas têm contribuído na tese de que o significado é construído a partir das situações de ensino vivenciadas pelos estudantes, em muitos casos, da educação básica (Mortimer e Scott, 2002; Cohen, 2015; Sessa e Trivelato, 2017; Silva, 2015; Oliveira *et al.*, 2021; Ibraim e Justi, 2021) e em disciplinas específicas (por exemplo, Química Geral) da educação superior (Kulatunga *et al.*, 2013; Carrillo *et al.*, 2015). Nesse sentido, a questão que ainda precisa ser investigada, destaca-se como o potencial deste trabalho: como futuros professores viabilizam situações de interação com os estudantes na produção de significados?

### Instrumento adotado para a análise de interações discursivas

Mortimer e Scott (2002) elaboraram um instrumento para analisar a forma como os docentes agem para conduzir as interações que podem resultar na construção de significados em aulas de Ciências. Utilizando as ideias construídas dentro da sala de aula, o docente pode orientar os estudantes para construção de novos significados, relacionando-os com os conhecimentos prévios já existentes em sua estrutura cognitiva.

Segundo Macedo e Mortimer (2000), discussões que permitem os estudantes se questionarem em sala de aula são fundamentais para a geração de novos significados. Na medida em que o professor cria um ambiente em que seja possível o embate de ideias, onde o próprio estudante conflita as ideias, inicie as interações que podem levar a novos significados.

Mas, para isso, é imprescindível mobilizar momentos em que os estudantes expressem as suas ideias e o posicionamento em relação ao conhecimento a ser elaborado.

A ferramenta, criada por Mortimer e Scott (2002) é baseada em três categorias: Focos de Ensino, Abordagem e Ações. A cada categoria, são incluídas características que visam o papel do docente em sala de aula. Na primeira categoria, *Foco de Ensino*, tem-se como aspectos de análises a intenção do professor e o conteúdo; na segunda, *Abordagem*, a análise é feita sobre a abordagem comunicativa; por fim, na terceira categoria, *Ações*, temos padrões de interação e intervenções do professor. O Quadro 1, elaborado por Mortimer e Scott (2002), evidencia os aspectos de análise da ferramenta.

As intenções do professor podem variar de acordo com o foco das aulas. Mortimer e Scott (2002) apontaram como possibilidades para as intenções do professor: criar um problema; explorar a visão dos estudantes; introduzir e desenvolver a ‘estória científica’; guiar os estudantes no

Quadro 1: Instrumento para analisar as interações e produção do significado em sala de aula

Aspectos de análise	
i. Foco do Ensino	1) Intenções do professor / 2. Conteúdo
ii. Abordagem	2) Abordagem comunicativa
iii. Ações	3) Padrões de interação / 4. Intervenções do professor

Fonte: Mortimer e Scott (2002, p. 285).

trabalho com as ideias científicas, dando suporte ao processo de internalização; conduzir os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso; sustentar o desenvolvimento da ‘estória científica’.

Em relação ao conteúdo, ainda no primeiro aspecto de análise, *Foco do Ensino*, Mortimer e Scott (2002) subdividiram em três possibilidades: a) Descrição, que enuncia um fenômeno; b) Explicação que necessita de modelos teóricos para se referir a um fenômeno ou sistema específico; c) Generalização, que desenvolve explicações independentes de um contexto específico.

A abordagem comunicativa, do segundo aspecto de análise, *Abordagem*, é central na estrutura analítica da ferramenta,

uma vez que fornece a perspectiva sobre como o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio das diferentes intervenções pedagógicas e que podem resultar em diferentes padrões de interação.

Os autores explicitam quatro classes de abordagem comunicativa: *discurso dialógico interativo*, quando o professor considera o que o estudante tem a dizer do

ponto de vista do próprio estudante e mais de uma ‘voz’ é considerada; *discurso de autoridade interativo*, quando o docente conduz os estudantes a alcançarem o ponto de vista do discurso científico escolar que está sendo elaborado; *discurso dialógico não-interativo*, que ocorre quando o professor reconsidera, na sua fala, vários pontos de vista; *discurso de autoridade não-interativo*, quando o docente apresenta um ponto de vista específico.

Em relação ao padrão de interação, *Ações*, Mortimer e Scott (2002) apontam que esse é analisado quando o docente e discentes alternam turnos de fala na sala de aula. O mais comum são as tríades I-R-A (Iniciação do professor, Resposta do aluno, Avaliação do professor) e I-R-F-R-F (Iniciação do professor, Resposta do aluno, *Feedback* [do professor ao aluno], Resposta do aluno, *Feedback*). Dependendo da condução da aula, o padrão de interação pode ser estabelecido em cadeias fechadas, àquelas que possuem uma avaliação final, ou em cadeias abertas, àquelas

que não possuem uma avaliação final. Nas cadeias abertas, o docente permite o prosseguimento da fala do estudante sem, necessariamente, fazer uma avaliação. Nesse caso, o padrão seria do tipo I-R-P-R-P-..., onde P significa uma ação discursiva do professor.

Ainda, no terceiro aspecto de análise, têm-se as *Intervenções*, que dependerão do foco do professor. O docente pode explorar as ideias dos discentes, introduzindo um novo termo. O professor também pode tornar os significados disponíveis para todos os estudantes da classe e, para isso, ele poderá repetir a ideia de um estudante para toda a turma. Por conseguinte, se o foco do professor for verificar que significados os estudantes estão atribuindo em situações específicas, ele terá a intervenção de checar o entendimento dos estudantes. Por fim, se o foco do docente for recapitular significados, o docente terá a intervenção de rever o progresso da “estória científica”.

Diante dessa breve apresentação da referida ferramenta apontamos, neste trabalho, os resultados de uma pesquisa realizada em uma disciplina pedagógica em um curso de formação de Professores de Ciências, com habilitação em Química, de uma Universidade no Estado de Minas Gerais. Na investigação, buscamos entender como o futuro professor pode agir em sala de aula para promover interações discursivas, visando à construção de significados por parte dos estudantes. Para isso, propusemos aos licenciandos que ministrassem aulas experimentais simuladas para os seus próprios colegas de curso.

### Percurso Metodológico

Para a realização da pesquisa, relatamos uma sequência de aulas de Ciências/Química em que 15 estudantes do curso de Licenciatura em Química ministraram aulas simuladas experimentais para os colegas de curso. Faz-se necessário destacar que os licenciandos ainda não haviam planejado e ministrado aulas de natureza experimental, para os colegas de curso, em semestres anteriores. Inclusive, este foi o primeiro contato dos licenciandos sobre as interações discursivas, as quais podem ser propiciadas em sala de aula.

Com o intuito de tornar possível a observação da dinâmica discursiva da aula em estudo e apropriação de todos os detalhes possíveis das aulas, fizemos a gravação em vídeo, já que essa é considerada uma efetiva forma de registro para a dinâmica discursiva (Martins, 2004). Cada estudante planejou e ministrou uma aula de 50 minutos.

As aulas foram filmadas e, posteriormente, transcritas para avaliação. Os licenciandos tiveram autonomia para escolher os possíveis temas e conteúdos a serem abordados durante a aula. No entanto, para este texto, optamos por apresentar dois episódios, sobre o tema “impressões digitais”, de uma das aulas ministradas, com as alternâncias de falas propostas e a busca por possibilitar a construção de

significados por parte dos colegas-estudantes. Justificamos esta opção pelo fato de serem episódios relevantes para este trabalho e, ainda, por representar grande parte das estruturas das aulas ministradas pelos licenciandos, levando em consideração os aspectos de análise descritos no Quadro 1. A transcrição das aulas é apresentada pelos turnos das falas do colega-professor, representado por *Prof.*, e dos colegas-estudantes, com nomes fictícios, *Álvaro*, *Lúcia*, *Breno*, *Ana* e *Cássio*.

### Resultados e discussão

A análise qualitativa realizada neste trabalho buscou investigar como o futuro professor pode agir em sala de aula para promover interações discursivas, visando à construção de significados por parte dos estudantes.

Os fragmentos escolhidos possuem uma sequência em que seus elementos podem ser analisados e discutidos dentro do contexto proposto. Destacamos, aqui, fragmentos do início da explicação do professor (Episódio 1) na qual é feita uma introdução acerca do assunto em questão.

#### Episódio 1

*Prof.: [...] Bom, considerando a aula passada que a gente tinha falado sobre impressões digitais. O que significa impressões?*

*Álvaro: Impressão é marcar alguma coisa.*

*Prof.: Digital dos dígitos aonde você digita. Dedilhar, tocar, digitalizar. A ação do toque realizada pelos dedos.*

*Prof.: Muito bem pessoal essa grande quantidade de óleos que a gente tem que está constantemente sendo renovada na nossa pele é capaz de deixar impressões em todos os materiais que a gente encosta, em todos os materiais que a gente tem contato. Então é possível da gente deixar esta quantidade de óleo no material?*

*Breno: sim, isso.*

*Prof.: Bom pessoal então com base nisso será que seria interessante, será que a gente conseguiria observar impressões digitais? Vamos desenhar uma digitalzinha aqui. É claro que vocês já devem ter visto algum seriado na televisão que balança os reagentes para conseguir umas pequenas impressões digitais, né?*

Do ponto de vista da estrutura analítica do instrumento de Mortimer e Socott (2002), o episódio mostra excertos de intenções do professor. Quando é apontado “*O que significa impressões? [...] essa quantidade de óleos que a gente tem que está constantemente sendo renovada na nossa pele [...]*”, podemos perceber que o professor tem a intenção de criar um problema, uma vez que tenta engajar os estudantes na temática da aula.

Faz-se necessário destacar que os licenciandos ainda não haviam planejado e ministrado aulas de natureza experimental, para os colegas de curso, em semestres anteriores. Inclusive, este foi o primeiro contato dos licenciandos sobre as interações discursivas, as quais podem ser propiciadas em sala de aula.

Em relação ao conteúdo, caracterizamos como generalização, pois as Impressões digitais foram generalizadas quando o professor diz “*Dedilhar, tocar, digitalizar! Pontas aos dedos a ação do toque realizada pelos dedos*”.

Por vezes, o professor *Prof.*, usou o quadro com esquemas sintéticos do que estava sendo explicado. As suas exposições foram feitas a partir do tema da aula e, na maioria das vezes, o assunto foi trabalhado de forma expositiva, sem espaços para o diálogo, considerada sem interação. As dimensões “interativa” e “sem interação” são definidas em relação a quantas pessoas estão falando, isto é, se apenas uma pessoa fala, não tem interação; se mais de uma pessoa fala, tem-se a abordagem interativa.

Assim, Mortimer e Scott (2002) apontam que, na abordagem interativa, o regente da aula conduz a aula sem espaços para verbalização por parte dos estudantes. No entanto, é importante pontuar que apresentamos um dos episódios presentes durante a aula, devido ao limite de extensão deste texto. Mas, em outros momentos da aula, houve manifestações dos estudantes, mas que não eram exploradas, privilegiando, assim, a abordagem comunicativa interativa (por haver falas dos discentes), mas de autoridade, uma vez que mais de uma pessoa expõe a fala, mas que não são levados em consideração os diferentes pontos de vista apresentados.

No que diz respeito aos padrões de interação, percebemos que o professor teve a iniciação com a fala (“*O que significa impressões?*”) - (I), em seguida o estudante *Álvaro* teve uma resposta (“*Impressão é marcar alguma coisa*”) – (R) e, por fim, o professor fez a avaliação (“*Digital dos dígitos aonde você digita*” [...] ) – (A). Notamos, então, que o padrão de interação, predominante no episódio foi o I-R-A.

Em relação ao quinto aspecto da análise, *Intervenções do Professor*, a forma de intervenção pedagógica do professor caracteriza como “compartilhando significados”, com o foco de tornar os significados disponíveis para todos os estudantes da classe. Podemos sintetizar a análise do episódio 1 no Quadro 2:

Quadro 2: Resultados da análise do episódio 1.

Intenções do professor	Criar um problema
Conteúdo	Generalização
Abordagem	Comunicativa de autoridade sem interação
Padrões de interação	I-R-A
Formas de intervenção	Compartilhando significados

Fonte: os autores (2022).

## Episódio 2

*Prof.: Conforme a gente viu na aula passada, o nosso*

*corpo tem muito óleo, principalmente na nossa pele né. É verdade que a gente tem muitos óleos na nossa pele?*

*Álvaro: É, sim...*

*Prof.: Por exemplo espinha, o que que é a espinha?*

*Lúcia: São as acnes, acnes.*

*Breno: espinha.*

*Álvaro: Aquele trenzinho amarelinho.*

*Prof.: O homem tem poros que formam buraquinho como se fosse uma pequena craterinha, como se fosse um pequeno vulcão que troca fluidos com o meio. É importante trocar fluidos com o meio?*

*Ana: Sim*

*Prof.: É importante, né! Se tá correndo, por exemplo, o suor, aí se correr o suor é que te refresca né? A função biológica do suor é você se refrescar.*

*Ana: Por isso a gente tá fresquinho o tempo todo.*

*Prof.: Manter a sua temperatura na sua temperatura,*

*Álvaro: Posso dizer?*

*Prof.: Claro!*

*Álvaro: Um menino passou no vestibular os colegas colocaram ele dentro do tambor cheio de piche. Aí a hora que ele sentou no meio fio, ele agachou e com o passar do tempo eles foram lá ver, ele tinha morrido. Acho que porque tampou os poros dele.*

*Prof.: Tampou os poros. Não só o menino, mas, por exemplo, lesma em casa, se tem muita lesma na sua casa, você vai ver que você consegue matar ela jogando uma pequena quantidade de sal. A lesma, comparada com outros animais, tem uma quantidade de água muito grande dentro dela e ao jogar o sal, acontece um fenômeno que se chama osmose. Na osmose transfere a água que está no interior para o meio externo através dos poros da pele, que são canaizinhos.*

Comparando os dois episódios, podemos notar que o episódio 2 mostrou mais oportunidades de fala para os estudantes. Talvez isso pode ter acontecido pelo fato de que no primeiro episódio

o professor *Prof.*, por ainda ser estudante de Licenciatura, poderia estar ansioso com a aula.

A intenção do professor no episódio 2, a partir dos excertos “*O que é espinha? O homem tem poros que formam buraquinho [...]. É importante trocar fluidos com o meio?*” é criar problemas e explorar a visão dos estudantes. Em relação ao conteúdo, caracterizamos como descrição, pois se refere, prioritariamente, à descrição de fenômenos.

Em relação à abordagem comunicativa, o professor conduz a interação discursiva por meio de perguntas e respostas, tendo por objetivo fazer com que os estudantes identifiquem a osmose. As explicações do conteúdo científico foram caracterizadas por uma exposição oral mediada por perguntas, uma vez que o professor conduz os estudantes a alcançarem o ponto de vista do discurso científico que está

sendo construído. Podemos destacar, portanto, o episódio, como interativo de autoridade.

Em certos momentos, surgiram interações dialógicas com o questionamento dos estudantes, por meio do uso de *feedbacks*, o que pode ser caracterizado como o padrão discursivo. Segundo Mortimer e Machado (2001), o professor fornece um *feedback* que auxilia o discente a elaborar mais sua resposta ou a ampliar o ponto central do aspecto que está sendo considerado, dando continuidade à interação. Ao fazê-lo, ele está construindo um conteúdo em que predomina o caráter dialógico, pois, assim, o aluno consegue elaborar e ampliar seus conhecimentos. No episódio 2, podemos apontar a seguinte sequência de padrões de interação: I-R-F-R-F-A.

O professor *Prof.* tentou padronizar os significados dando forma e selecionando as ideias que surgiam na tentativa de que os estudantes compreendessem os significados científicos. Com a participação mais efetiva dos discentes, no episódio 2, surgiram discussões de situações e questões que eles vivenciaram em seu cotidiano, favorecendo mais a dialogicidade na aula simulada.

Podemos sintetizar a análise do episódio 2 no Quadro 3:

Quadro 3: Resultados da análise do episódio 2.

Intenções do professor	Criar um problema/Explorar a visão dos estudantes
Conteúdo	Descrição
Abordagem	Comunicativo interativo de autoridade
Padrões de interação	I-R-F-R-F-A
Formas de intervenção	Dando forma aos significados/ Selecionando significados

Fonte: os autores (2022).

A professora universitária, responsável pela disciplina no curso de formação de professores de Ciências, compartilhou com os futuros professores os resultados da pesquisa. Eles puderam se apropriar do embasamento teórico sobre a produção de interações visando à construção de significados para estruturarem melhor suas ações em sala de aula. Maldaner (1999) explicita a necessidade do professor, ainda em formação, refletir sobre a sua própria prática pedagógica. Quando o professor em formação reflete sobre a sua prática pedagógica, certamente será capaz de criar e recriar conhecimentos próprios da respectiva profissão.

É preciso considerar que, na análise do episódio 1, evidenciamos a ausência de articulação das ideias apresentadas pelo futuro docente, com a elucidação dos conceitos científicos. No episódio 2, o professor trouxe discussões

que alcançavam conceitos científicos. Nos dois episódios, tentou sistematizar as discussões promovidas pelos discentes. É importante destacar que todos os licenciandos entregaram os seus planejamentos, antes de iniciar o ciclo das apresentações. Isso foi feito para que a apresentação e, conseqüentemente, a discussão, após a aula simulada, não comprometesse os nossos resultados. No entanto, foram percebidas que, as últimas apresentações, tiveram mais atualizações nos seus planejamentos iniciais, em relação aos primeiros grupos.

Verificamos que, durante a aula, as perguntas direcionadas aos discentes, em alguns momentos, já possuíam um discurso planejado, pronunciado, que não contribuiu para a formação de novos significados. Mesmo com as leituras, estudos e reflexões sobre as ações pedagógicas e habilidades que a docência exige, percebemos dificuldades que os futuros professores possuem de superar abordagens autoritárias.

### Considerações finais

No presente trabalho, analisamos dois episódios de aula simulada experimental, ministrada por um professor de Química em formação. Acreditamos que o espaço de formação docente é profícuo e necessário para discussões acerca da construção de significados. Percebemos que a apropriação do conhecimento acontece em determinadas relações no processo educativo, mediado pelo professor (em nossa pesquisa, um estudante do curso de formação de professores de Ciências/Química) e dos próprios colegas, como mostrado neste texto, em um processo simbiótico sinalizado pelas interações em sala de aula, e pelo envolvimento significativo dos estudantes com o conhecimento.

O instrumento utilizado para investigar os episódios se apresentou útil tanto para analisar, como para planejar o ensino dos assuntos propostos e discutidos durante as situações descritas, evidenciando interações em que o professor utiliza na produção de significados dos estudantes. Outro ponto que merece destaque, nesta investigação, refere-se

É preciso considerar que, na análise do episódio 1, evidenciamos a ausência de articulação das ideias apresentadas pelo futuro docente, com a elucidação dos conceitos científicos. No episódio 2, o professor trouxe discussões que alcançavam conceitos científicos. Nos dois episódios, tentou sistematizar as discussões promovidas pelos discentes.

ao fato de que o professor em formação inicial apresenta dificuldades relativas a propiciar espaços permissivos a interações entre os estudantes. As interações discursivas surgidas no decorrer da aula, ainda que com certas limitações, criaram episódios que possibilitaram a apropriação e compartilhamento de significados.

Nesse sentido, a intervenção e a participação do professor, durante o processo de interação discursiva, tornam-se importantes, pois, ao favorecerem o surgimento de ambientes argumentativos, auxiliam a construção do significado. No contexto deste trabalho, identificamos a substancial importância de ações como essa na formação de professores de



Ciências/Química. Se por um lado, licenciandos já possuíam um discurso prenunciado e que, de fato, não contribuí para a formação de novos significados; por outro, a imersão dos futuros professores em aulas que provocam discussões e reflexões sobre as suas próprias ações pedagógicas viabilizam caminhos para reflexões das abordagens, das possíveis interações e das intervenções em sala de aula. A partir disso, podemos ter elementos que subsidiam a superação de abordagens autoritárias.

Cabe ainda destacar que, sempre ao final de cada apresentação, a professora universitária fazia questões para que os licenciandos comparassem as suas próprias concepções antes e após o planejamento e apresentação das aulas. Todos esses dados estão gravados em vídeo. Assim, em pesquisas futuras, podemos revisitar esses materiais para possível investigação e análise.

Por fim, cumpre-nos destacar que favorecermos o emprego de interações discursivas em aulas de Ciências/Química, na perspectiva da ferramenta desenvolvida por Mortimer e Scott (2002) para planejarmos e avaliarmos a ação pedagógica do professor possibilita a ampliação tipológica de instrumentos pedagógicos acessíveis a docentes, na pesquisa

em Ensino de Ciências, dado que evidencia o foco do ensino, o tipo de abordagem, além de possíveis e diferentes formas de intervenções pelo professor.

## Agradecimentos

Ao apoio financeiro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano e à Universidade Federal de Uberlândia.

**Nicéa Quintino Amauro** (nicea.ufu@gmail.com), bacharel em Química pelo Instituto de Química de São Carlos e doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo. Uberlândia, MG – BR. **Paulo Vitor Teodoro** (paulovitor-teodoro@ufu.br), licenciado em Química e mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Uberlândia. É doutor em Educação em Ciências, pela Universidade de Brasília. Atualmente é professor no Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal da UFU. Ituiutaba, MG – BR. **Ernanda Alves de Gouveia** (ernandaalves@bol.com.br), licenciada em Química pela Universidade Federal de Uberlândia. Atualmente é servidora municipal em Uberlândia, MG - BR. **Marcos Fernandes Sobrinho** (marcos.fernandes@ifgoiano.edu.br), graduado em Física pela UFU, bacharel em Administração pela Faculdade de Administração de Brasília, mestre e doutor em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade de Brasília. Urutaí, GO - BR.

## Referências

ALTARUGIO, M. H.; DINIZ, M. L. e LOCATELLI, S. W. O debate como estratégia em aulas de Química. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 26-30, 2010.

BEZERRA, B. Letramentos acadêmicos e construção da identidade: a produção do artigo científico por alunos de graduação. *Linguagem em (Dis)curso – LemD*, v. 15, n. 1, p. 61-76, 2015.

CARRILLO, E. R.; CASTILLO, P. S.; SÁNCHEZ, L. B. e MARTINEZ, S. M. Discursive interactions between university students during a laboratory practice using SDIS-GSEQ. *Psychology*, v. 6, n. 1, p. 808-815, 2015.

CAZDEN, C. B. El discurso del aula. *La investigación de la enseñanza*, v. 3. Barcelona: Paidós, p. 627-709, 1997.

CIPRIANI, F. M.; MOREIRA, A. F. B. e CARIUS, A. C. Atuação docente na educação básica em tempo de pandemia. *Educação & Realidade*, v. 46, n. 2, p. 1-24, 2021.

COHEN, M. C. R. Interações discursivas na sala de aula de ciências: a construção de significados e a aprendizagem de conceitos científicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015. *Anais... Águas de Lindoia/SP*, 2015.

COSTAS, F. A. T. e FERREIRA, L. S. Sentido, significado e mediação em Vygotsky: implicações para a constituição do processo de leitura. *Revista Iberoamericana de Educación*, v. 55, n.7, p. 205-223, 2011.

EDWARDS, D. e MERCER, N. *El conocimiento compartido: El desarrollo de la comprensión em el aula*. Barcelona: Paidós, 1994.

IBRAIM, S. S. e JUSTI, R. Contribuições de ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação para a inserção de estudantes na prática científica de argumentar. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 1, p. 16-28, 2021.

KULATUNGA, U.; MOOG, R. S. e LEWIS, J. E. Argumentation and participation patterns in general chemistry peer-led sessions.

*Journal of Research in Science teaching*, n. 50, p. 1207–1231, 2013.

MACEDO, M. S. A. N. e MORTIMER, E. F. A dinâmica discursiva na sala de aula e a apropriação da escrita. *Educação e Sociedade*, v. 21, n.72, p. 153-173, 2000.

MALDANER, O. A. A pesquisa como perspectiva de formação continuada de professores de química. *Química Nova na Escola*, v. 9, n. 2, p. 289-293, 1999.

MAMELI, C.; MAZZONI, E. e MOLINARI, L. Patterns of discursive interactions in primary classrooms: an application of social network analysis. *Journal Research Papers in Education*, v. 30, n. 5, 546-566, 2015.

MARTINS, H. H. T. Metodologia qualitativa de pesquisa. *Educação e Pesquisa*, v. 30, n.2, p. 289-300, 2004.

MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. Elaboração de conflitos e anomalias em sala de aula. In: MORTIMER, E. F.; SMOLKA, A. L. (Orgs.). *Linguagem, cultura e cognição*. Belo Horizonte: Autêntica, p. 139-150, 2001.

MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

OLIVEIRA, F. S.; CRUZ, M. C. e SILVA, A. C. T. E. Argumentação sociocientífica em torno da implantação de uma usina termoelétrica em Sergipe. *Química Nova na Escola*, v. 43, n.2, p. 105-118, 2021.

SANTOS, B. F.; SANTOS, K. N. e SILVA, E. S. Interações discursivas em aulas de química ao redor de atividades experimentais: uma análise sociológica. *Revista Ensaio*, v. 16, n. 3, p. 227-246, 2014.

SESSA, P. S. e TRIVELATO, S. L. F. Interações dialógicas no ensino de Biologia: modos semióticos e o processo de construção de significados nas atividades de campo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 16, n. 2, p. 173-195, 2017.

SILVA, A. C. T. Interações discursivas e práticas epistêmicas

em salas de aula de ciências. *Revista Ensaio*, v.17, n. especial, p. 69-96, 2015.

SILVA, R. M. S.; SOUZA, P. V. T.; AMAURO, N. Q. e

CASTRO, P. A. As aulas de ciências/química do ensino médio:(re) pensando a sua finalidade. *Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade*, v. 10, p. 186-197, 2017.

**Abstract:** *Discursive interactions in chemistry teaching situations: seeking to provide new meanings to those who learn scientific concepts.* This article points out reflections from a research that investigated how the teacher's actions can potentially contribute to the construction of meanings from discursive interactions in Chemistry classes. The research was carried out together with a training course for Science teachers, with qualification in the subject of Chemistry, at a Federal Public University located in the State of Minas Gerais, Brazil. Based on Mortimer and Scott's (2002) instrument, we analyzed episodes taught in simulated classes by prospective teachers. Data analysis allowed us to consider that teacher training actions in the context of the classroom have characteristics that are close to the teacher's intention to propose different problem-situations, in which students are led to constant reflection. However, the episodes differ in the type of approach and actions carried out by the teacher in the classroom.

**Keywords:** chemistry teaching, discursive interactions, professional development of teachers.

## Resenha

### Estudos de caso: abordagem para o ensino de química.

Por: **Patrícia Fernanda de Oliveira Cabral**

Departamento de Química, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), campus Bauru.

O método de estudo de casos, consolidado em âmbito internacional e nacional como uma vertente da Aprendizagem Baseada em Problemas (em língua inglesa, *Problem Based Learning* – PBL), se apresenta como um recurso didático para o ensino de química, com o potencial de desenvolver diversas habilidades junto aos estudantes dos diferentes níveis de ensino, incluindo a compreensão dos conceitos químicos, a argumentação, o pensamento crítico, a tomada de decisão, dentre outras. O livro *Estudos de caso: abordagem para o ensino de química*, organizado por Salette Linhares Queiroz, pesquisadora pioneira na área no Brasil, e Carolina Sotério, doutoranda e coautora de dois textos da coletânea, apresenta dez estudos de caso para aplicação no ensino básico e no ensino superior. A elaboração e a aplicação das narrativas são tema de pesquisa há quase 20 anos pelo Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos (GPEQSC), da Universidade de São Paulo (USP), que oferece uma vasta produção de casos, da qual o presente livro é a publicação mais recente.

A obra está dividida no capítulo de apresentação, no qual as organizadoras definem os estudos de caso, apresentam suas características, de acordo com Clyde Herreid, e indicam as potencialidades dos casos apresentados. Nos capítulos seguintes, egressos do Programa de Pós-Graduação em Química do Instituto de Química de São Carlos e do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, ambos da USP, são os autores dos dez casos que abordam temáticas associadas principalmente à ciência e à tecnologia, bem como suas relações aos aspectos sociais.

O capítulo 1, *Férias mer-curiosas*, aborda a contaminação ambiental por meio do problema ocasionado pelo derramamento de mercúrio de um termômetro doméstico em uma piscina. No capítulo 2, *Quem dera fosse um verme*, e no capítulo 5, *Da casca ao plástico*, é abordada a problemática do descarte inadequado de plásticos pelo comércio e pelos consumidores, por meio da indicação de alternativas para a substituição dos canudos plásticos e da conscientização sobre o uso de materiais, como copos e talheres plásticos, respectivamente.

O capítulo 3, *Esmaltes: pintam a unha e o meio ambiente!*, aborda o problema do descarte inadequado dos vidros de esmaltes que contêm pequena quantidade do produto, o que impossibilita o uso e pode causar danos ao meio ambiente. O capítulo 4, *Vivendo e aprendendo sobre os cabelos naturais*, aborda as relações étnico-raciais a partir da problemática da transição capilar e a indicação dos produtos *no poo* e *low poo* para cabelos cacheados.

O capítulo 6, *El caso de papel*, aborda o problema da identificação

de cédulas de dinheiro falsificadas, utilizando o conhecimento químico. O capítulo 7, *Soro: do lixo ao luxo*, aborda a problemática do reaproveitamento do soro gerado como subproduto no processo de produção de queijos artesanais. O capítulo 8, *O bebê azul*, aborda o problema da contaminação por nitrato da água de um poço que abastece uma propriedade rural e que foi consumida por um bebê. O capítulo 9, *Índio na TV*, aborda a problemática da escassez do elemento índio para a produção de telas de cristal líquido (LCD). O capítulo 10, *Chama o Gilmar!*, aborda o problema da necessidade da indicação de novos retardantes de chamas na fabricação de espumas, por conta de potenciais malefícios à saúde humana.

Uma das contribuições do livro está pautada na organização dos capítulos segundo o padrão adotado pelo GPEQSC, que visa oferecer suporte teórico-metodológico aos professores para utilização das narrativas em sala de aula. Nesse sentido, a apresentação do texto dos casos é seguida pelos subtópicos: apontamentos didáticos, características do caso e contextualização do tema, fontes de inspiração na produção do caso, possíveis soluções para o problema, conteúdos de química em pauta, e para saber mais. Tal organização possibilita a leitura não-sequencial, de acordo com os objetivos educacionais pleiteados em determinado momento.

Outro ponto positivo reside na diversidade de abordagens, estratégias, recursos e técnicas de ensino que podem ser associados à aplicação dos estudos de caso, evidenciando a sua versatilidade. As características da obra em questão mostram a qualidade do trabalho desenvolvido como referência para aplicação de estudos de caso em diferentes situações de ensino e aprendizagem, como discussões pedagógicas em cursos de licenciatura e aplicação em disciplinas do curso de bacharelado em química e áreas afins, de acordo com a mobilização de conhecimentos mais elementares ou mais avançados. Há ainda a possibilidade de aplicação no ensino básico, já que alguns dos capítulos contam com apontamentos acerca das normativas vigentes, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Mais uma contribuição é a possibilidade de realização de *download* gratuito da obra via site do GPEQSC, facilitando o acesso.

Por fim, recomenda-se a leitura a todos os interessados na área de ensino de química, como professores, estudantes e pesquisadores, como um estímulo à criatividade no momento do planejamento de aulas centradas na resolução dos problemas, a fim de engajar os estudantes no processo de elaboração de soluções para problemas autênticos relacionados às situações do cotidiano.

Queiroz, S. L.; Sotério, C. (Org.). *Estudos de caso: abordagem para o ensino de química*. São Carlos: Diagrama, 2023. 125 p. ISBN: 978-65-86512-39-7 (Ebook).

Disponível em: <http://gpeqsc.iqsc.usp.br/files/2023/02/Estudos-de-caso-abordagem-para-o-ensino-de-quimica.pdf>

# Produção de Indicadores Ácido-Base Naturais em Solução e em Papel a Partir de Extratos de Plantas com Potencial Aplicação no Ensino de Química

Williana S. Oliveira, Paulo S. A. Sousa e Thiciana S. S. Cole

Uma alternativa de baixo custo para inserir a experimentação no ensino de Química é o uso de indicadores ácido-base naturais, produzidos a partir de tecidos vegetais de várias espécies de plantas. Nesta perspectiva, o presente trabalho investigou o potencial como indicador ácido-base em solução e em papel, dos extratos das flores da *Allamanda blanchetii*, *Delonix regia*, *Begonia cucullata*, *Hippeastrum puniceum*, *Asystasia gangetica* e *Ixora coccínea*, utilizando materiais e produtos de uso doméstico. Os resultados obtidos evidenciaram que, tanto os extratos alcoólicos quanto os papéis de pH, preparados a partir das espécies estudadas, se mostraram eficazes na identificação de ácidos e bases, representando uma alternativa de uso para alguns dos indicadores tradicionalmente utilizados. Enfatiza-se, ainda, que a propriedade como indicador ácido-base das espécies *B. cucullata*, *H. puniceum* e *A. gangetica* está sendo relatada pela primeira vez na literatura.

► indicadores ácido-base, indicadores naturais, ensino de química ◀

131

Recebido em 10/01/2022, aceito em 27/04/2022

O uso de atividades experimentais nas aulas de Química tem como objetivo tornar o processo de ensino-aprendizagem mais comunicativo e significativo, estimulando a participação dos alunos como sujeitos da própria aprendizagem por meio de atividades práticas (Andrade e Viana, 2017). Porém, para que isso aconteça é necessário que as atividades propostas sejam bem articuladas e fundamentadas, considerando as diferentes perspectivas de vida dos estudantes e o contexto social no qual estão inseridos, de forma que os conceitos científicos apresentados aos discentes possuam significância em relação aos conhecimentos prévios adquiridos ao longo de suas trajetórias de vida (Rocha e Vasconcelos, 2016).

Nesse contexto, em estudos como o de Galiuzzi *et al.* (2001), Giordan (1999) e Luca *et al.* (2018), a experimentação, aliada à contextualização, é apontada como uma estratégia para preencher as lacunas causadas pelo uso exclusivo de métodos tradicionais de ensino, muitas

vezes estruturados em atividades que levam o aluno a reter apenas informações, fórmulas e conhecimentos que não apenas limitam seu aprendizado, mas também contribuem para a falta de motivação para compreender e estudar a Química e tudo o que a ela se relaciona (Abreu e Maia, 2016).

Contudo, é importante destacar que muitas dificuldades enfrentadas para a realização dessas atividades estão associadas com muitos outros fatores, como: a falta de infraestrutura escolar, a carga horária reduzida, o número elevado de alunos por turma e até a inexistência de orientação pedagógica adequada. Além disso, ainda há a argumentação de alguns professores sobre não dispor de tempo para a elaboração de atividades práticas alternativas, dificultando a inserção destas nas aulas (Santos e Menezes, 2020).

Ainda abordando os desafios da experimentação, cabe ressaltar que a pandemia causada pelo novo coronavírus (covid-19) tornou o processo de ensino-aprendizagem ainda mais desafiador. De fato, com o primeiro caso de contaminação

[...] a experimentação, aliada à contextualização, é apontada como uma estratégia para preencher as lacunas causadas pelo uso exclusivo de métodos tradicionais de ensino, muitas vezes estruturados em atividades que levam o aluno a reter apenas informações, fórmulas e conhecimentos que não apenas limitam seu aprendizado, mas também contribuem para a falta de motivação para compreender e estudar a Química e tudo o que a ela se relaciona (Abreu e Maia, 2016).





confirmado no Brasil, em 26 de fevereiro de 2020, iniciou-se um processo alarmante de disseminação no país, ocasionando em uma rápida e preocupante expansão da doença, o que fez com que as instituições adotassem o ensino remoto como alternativa para dar continuidade às aulas, já que com a inexistência de vacina ou remédio, por ser um vírus ainda desconhecido, o distanciamento social foi indicado pelo Ministério da Saúde como uma das medidas mais eficazes de combate ao vírus (Brasil, 2020; Nicolini e Medeiros, 2021; Brasil, 2022).

Nesse cenário, uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos professores de Química diz respeito à realização de aulas práticas, essenciais para a assimilação de conteúdos e aplicação da teoria. Desse modo, os professores precisaram se reinventar e se adaptar a essa modalidade de ensino, na qual as atividades são mediadas pela tecnologia (Souza, 2020).

Em vista disso, uma alternativa viável e de baixo custo para viabilizar a experimentação é o uso de indicadores ácido-base naturais, produzidos a partir de pigmentos facilmente encontrados em tecidos vegetais de várias espécies de plantas. Esses indicadores de pH (potencial hidrogeniônico) são de fácil acesso e, segundo a literatura, despertam o interesse dos estudantes devido à coloração natural das substâncias químicas presentes nos tecidos vegetais de plantas e suas mudanças de cor em função do pH (Mota e Cleophas, 2014).

Diversos trabalhos têm evidenciado a importância dos indicadores de pH naturais para o ensino de diferentes aspectos da Química. Pereira e colaboradores (2017) realizaram atividades experimentais utilizando o extrato de repolho roxo para introduzir os conceitos de ácido, base, indicadores e escala de pH. Silva *et al.* (2018) investigaram o comportamento colorimétrico dos extratos de açafrão-da-terra (*Curcuma longa*), coleus-de-Java (*Solenostemon scutellarioides*), feijão-preto (*Phaseolus vulgaris*) e trapoeraba-roxa (*Tradescantia pallida purpurea*) para introdução ao tema ácido-base. Rodrigues e colaboradores (2019), fazendo uso de um novo indicador natural extraído da casca do fruto patauí (*Oenocarpus bataua* Mart.), buscaram propor alternativas para aulas práticas.

Outra técnica muito utilizada para investigar se uma solução apresenta caráter ácido ou básico é o uso de papel indicador, que, ao ser imerso na mesma, apresenta cores distintas para cada valor de pH. Conforme evidenciado no trabalho de Melo (2012), esse tipo de indicador também pode ser obtido a partir de corantes extraídos de plantas, podendo ser utilizado como uma ferramenta de baixo custo para, por exemplo, auxiliar os alunos no conhecimento dos processos de separação de misturas e conceitos relacionados a equilíbrio químico.

Uma das maiores vantagens do uso desses indicadores é o seu emprego em substituição a alguns indicadores sintéticos

que apresentam um alto custo no mercado, podendo ser usados no desenvolvimento de atividades experimentais como uma estratégia de ensino acessível. Esse tipo de metodologia também propicia ao professor e ao aluno ferramentas para estabelecer uma ligação entre os conhecimentos teóricos aprendidos em sala de aula e a sua aplicação prática por meio de um objeto atrativo e presente no dia a dia, como é o caso das plantas (Penaforte e Santos, 2014; Domingui *et al.*, 2014).

Assim, conforme destacado no trabalho de Santos e Menezes (2020), a compreensão dos conhecimentos químicos deve ocorrer por meio do contato do aluno com o objeto real do estudo da Química, tanto pelo manuseio e transformações de substâncias, quanto ao explicar os fenômenos ocorridos, uma vez que esta Ciência está diretamente relacionada com a natureza e suas transformações. Dessa maneira, fazendo uso de uma abordagem experimental, o

professor soma à sua prática pedagógica uma estratégia de ensino facilitadora para a construção do conhecimento científico.

Deste modo, o presente trabalho propôs a realização de uma pesquisa utilizando espécies de plantas do Município de Cocal-PI que, eventualmente, pudessem

possuir potencial como indicadores de pH naturais, tanto em solução quanto em papel, com a finalidade de apresentar aos professores de Química metodologias experimentais de ensino de baixo custo. Além de contextualizar conceitos químicos com o cotidiano dos alunos, optou-se pela realização de testes com produtos de uso doméstico para evidenciar como a Química está presente em nosso dia a dia.

## Metodologia

### Coleta das plantas

As espécies de plantas selecionadas para a produção dos indicadores naturais de pH foram coletadas entre os meses de setembro a novembro de 2021, na zona rural do município de Cocal-PI. Na coleta deu-se prioridade a plantas de fácil obtenção e que apresentavam flores de pétalas coloridas, conforme pode ser observado na Figura 1. As espécies escolhidas foram: *Allamanda blanchetii* (Alamanda roxa), *Delonix regia* (Flamboyant), *Begonia cucullata* (Azedinha-do-brejo), *Hippeastrum puniceum* (Amarílis), *Asystasia gangetica* (Violeta chinês ou Coromandel) e *Ixora coccinea* (Ixora coral). As mesmas foram identificadas analisando as fotos das plantas pelo aplicativo gratuito “Free Plant Identification”.

### Preparação dos extratos

Para preparação dos extratos, as pétalas das flores coletadas foram pesadas e, em seguida, maceradas, utilizando como materiais alternativos um pilão e socador

[...] uma alternativa viável e de baixo custo para viabilizar a experimentação é o uso de indicadores ácido-base naturais, produzidos a partir de pigmentos facilmente encontrados em tecidos vegetais de várias espécies de plantas.





**Figura 1** - Espécies vegetais coletadas (1) *Allamanda blanchetii*, (2) *Delonix regia*, (3) *Begonia cucullata*, (4) *Hippeastrum puniceum*, (5) *Asystasia gangetica*, (6) *Ixora coccinea*. Fonte: Autoria própria (2022)

para caipirinha. O material vegetal de cada espécie (20 g) foi imergido em 50 mL de álcool etílico 70 (%v) por um período de 72 horas à temperatura ambiente, para extrair os pigmentos presentes nas espécies vegetais. Após esse período, os extratos foram filtrados utilizando-se um sistema de filtração caseiro, composto por um funil feito de garrafa PET (Polietileno Tereftalato) e filtro de papel para café (tamanho 102). Posteriormente, os extratos etanólicos foram transferidos para potes de vidro vedados, cobertos com papel alumínio e armazenados em um refrigerador para evitar a evaporação do solvente.

#### Testes com os extratos vegetais em diferentes pH

Com o objetivo de conhecer o comportamento dos pigmentos naturais extraídos das plantas em diferentes valores de pH, foram realizados testes com produtos ácidos e básicos facilmente encontrados no cotidiano. Os produtos utilizados foram: limpa cerâmica e azulejos, vinagre de álcool, limpador X-14 de cloro ativo, bicarbonato de sódio, limpador multiuso tradicional, sabão em pó e soda cáustica.

Para realização dos testes as soluções dos produtos acima foram preparadas, em que 2 mL ou 2 g do produto foram diluídos em 10 mL de água filtrada. Em seguida, foi feita a medição do valor de pH utilizando-se papel indicador universal, comparando-se as cores obtidas com as cores presentes na embalagem. Logo após, foi adicionado a cada solução 1 mL do extrato vegetal a ser testado e, após agitação e homogeneização, novamente foi realizada a medição de pH com papel indicador.

Ressalta-se que, em cada teste, a observação de coloração resultante foi feita 30 segundos após a adição do indicador à solução, tomando como base a metodologia adotada por Terci e Rossi (2002). Finalizando esta etapa, os resultados

alcançados foram fotografados a fim de registrar a escala de pH obtida com cada indicador utilizado.

#### Construção das fitas indicadoras de pH

Para obter as tiras de papel foi utilizado papel filtro qualitativo 80 g, devido ao fato do mesmo funcionar como meio filtrante. O papel foi cortado em pequenas tiras para que, em seguida, estas pudessem ser imersas no extrato de cada planta, pelo tempo de duas horas.

Após serem retiradas do extrato, as fitas foram colocadas sobre um papel toalha para secar à temperatura ambiente. Depois de secarem completamente, as mesmas foram guardadas embrulhadas em papel alumínio para evitar exposição à luz visível.

#### Resultados e Discussão

Após realizar um estudo teórico sobre espécies vegetais que contêm pigmentos naturais, observou-se que os pigmentos mais citados na literatura, quando se fala da determinação da coloração das flores, são os flavonóides - um grupo de compostos orgânicos ao qual pertencem as antocianinas, substâncias amplamente distribuídas no reino vegetal, presentes nas flores, frutos, caules e raízes de plantas (Soares *et al.*, 2001; Zolnerkevic, 2012; Menezes *et al.*, 2015).

De acordo com Lopes e colaboradores (2007), as antocianinas presentes nas plantas permitem mudanças de coloração quando em pH diferentes, devido a absorverem intensamente luz na região visível do espectro, conferindo uma imensidão de cores. Tal característica faz com que as antocianinas sejam usadas como indicadores ácido-base, tornando-se uma alternativa viável para aplicação no ensino experimental.

Segundo Menezes Filho *et al.* (2019), vários métodos e solventes vêm sendo utilizados para extrair as antocianinas, sendo os mais comuns: a água, o etanol e a acetona, que possuem baixa toxicidade, tanto para o ser humano quanto para o meio ambiente. Nessa perspectiva, para extrair os pigmentos naturais presentes nas flores das plantas foi escolhido o método de extração alcoólica, que segundo Dias *et al.* (2003), é a via de extração mais eficiente nestes casos, pois os extratos/indicadores em contato com as substâncias oferecem maior distinção na variação das cores.

Assim, após a coleta das plantas e preparação dos extratos com o solvente escolhido, foram preparadas soluções com produtos ácidos e básicos comumente encontrados em casa e obtido seus valores de pH utilizando papel indicador universal. Os valores de pH das soluções preparadas encontram-se dispostos na Tabela 1.

Optou-se por se trabalhar com materiais de baixo custo, pois acredita-se que propor atividades com materiais encontrados no dia a dia dos alunos é uma estratégia de ensino acessível que pode ser adotada pelo professor para explanar os conteúdos de forma mais dinâmica e prática, permitindo que consigam fazer uma ligação entre conceitos químicos vistos na disciplina e suas vivências do cotidiano.

Além disso, esse tipo de atividade, que pode ser adaptada de acordo com os materiais disponíveis, proporciona ao ensino de Química uma abordagem dos conhecimentos que esteja vinculada ao contexto social do aluno (Silva, 2016). Assim, devido à sua fácil obtenção e baixo custo, o

uso de atividades com extratos de plantas surge como uma alternativa de ensino que pode ser utilizada em qualquer escola, especialmente nas que não dispõem de infraestrutura laboratorial para os experimentos, uma vez que a produção de indicadores ácido-base naturais pode ser realizada de forma simples e com custos reduzidos.

A Figura 2 demonstra, resumidamente, as etapas para produção dos extratos indicadores naturais. Em 1, as plantas maceradas estão imersas em álcool etílico por 72 horas; em 2, está o sistema de filtração caseiro dos extratos utilizando garrafa PET; e em 3, representando os extratos utilizados para os ensaios de acidez e basicidade, tem-se o extrato da *Asystasia gangetica*, onde ao fundo pode-se observar tubos de ensaio usados em testes com essa matriz vegetal.

É importante destacar, que além de testar o potencial como indicador ácido-base dos extratos etanólicos, no que se refere à capacidade em diferenciar substâncias ácidas e básicas através da mudança de coloração, também foram analisados os papéis de pH caseiro impregnados com o extrato de cada planta. Ambos os testes foram realizados com as soluções preparadas a partir dos produtos de uso doméstico, especificados na Tabela 1.

A seguir, tem-se a análise detalhada dos resultados encontrados para cada espécie vegetal estudada.

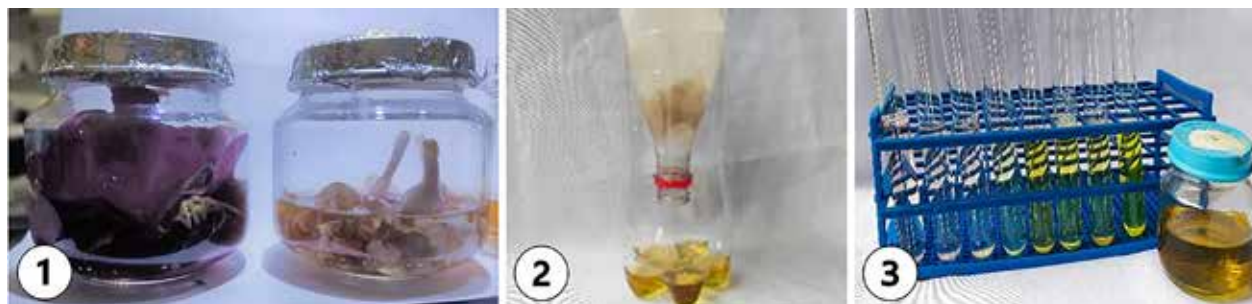
#### *Allamanda blanchetii*

Comumente conhecida como Alamanda roxa, essa planta é usada como ornamento em jardins, apresentando ramos

**Tabela 1** - Preparo da escala de pH com produtos de uso doméstico

Solução	Preparo	Valor de pH (Aproximado)
1	10 mL de água filtrada + 2 mL de limpa cerâmica e azulejos	1,0
2	10 mL de água filtrada + 2 mL de vinagre de álcool	3,0
3	10 mL de água filtrada + 2 mL de limpador X-14 cloro ativo	4,0
4	10 mL de água filtrada	6,5
5	10 mL de água filtrada + 2 g de bicarbonato de sódio	8,0
6	10 mL de água filtrada + 2 mL de multiuso	10
7	10 mL de água filtrada + 2 g de sabão em pó	12
8	10 mL de água filtrada + 2 g de soda cáustica	14

Fonte: Autoria própria (2022)



**Figura 2** - Etapas de produção dos extratos indicadores naturais (1) plantas maceradas imersas em álcool etílico (2) sistema de filtração caseiro (3) extrato da *Asystasia gangetica*. Fonte: Autoria própria (2022)

longos e arroxeados. A espécie possui folhas ovaladas, com flores grandes e com cores que vão do branco creme ao amarelado e róseo arroxeadado, de acordo com a variedade. A floração pode se estender por todo o ano, mas é mais abundante nos meses quentes, sendo no Brasil, encontrada em quase todo litoral e nas zonas quentes do país (Navarro, 2005; Patro, 2013).

Conforme observado na Figura 3, os corantes naturais extraídos dessa planta apresentam tons que variam de vermelho claro ao rosa em pH ácido, incolor em pH 6,5 e torna-se verde escuro em pH básico, apresentando ainda, coloração amarela em meio extremante básico, como é o caso da soda cáustica utilizada no teste (pH 14).

Os resultados obtidos evidenciam a eficácia dos pigmentos extraídos dessa planta para a identificação de substâncias ácidas e básicas, bem como para a determinação qualitativa de pH em meio alcalino, visto que foram observadas variações significativas de cores em função dos pH que variam de 6,5 a 14. Em contrapartida, em meio ácido, as substâncias apresentaram coloração muito semelhantes, não sendo, portanto, possível distinguir o pH apenas através da análise de cores.

Vale citar que foram encontrados poucos trabalhos que abordam o estudo da *Allamanda blanchetti*, tratando-se, assim, de uma espécie ainda pouco estudada quimicamente. Na revisão de literatura, foi identificado apenas um trabalho no qual essa planta é citada como indicador ácido-base natural, cujo resultados estão em consonância com os dados obtidos nesta pesquisa (Monteiro *et al.*, 2020).

#### *Delonix regia*

Considerada uma das árvores mais belas do mundo, devido ao colorido intenso de suas flores, a *flamboyant* é uma espécie arbórea exótica pertencente à família *Fabaceae*, oriunda de Madagascar, mas amplamente utilizada no Brasil, provavelmente em razão do valor ornamental por sua exuberância na floração. Sua propagação ocorre por meio de sementes, que apresentam grande variação na viabilidade, em

função da impermeabilidade do tegumento à água. (Bolognez *et al.*, 2015, Modi *et al.*, 2016).

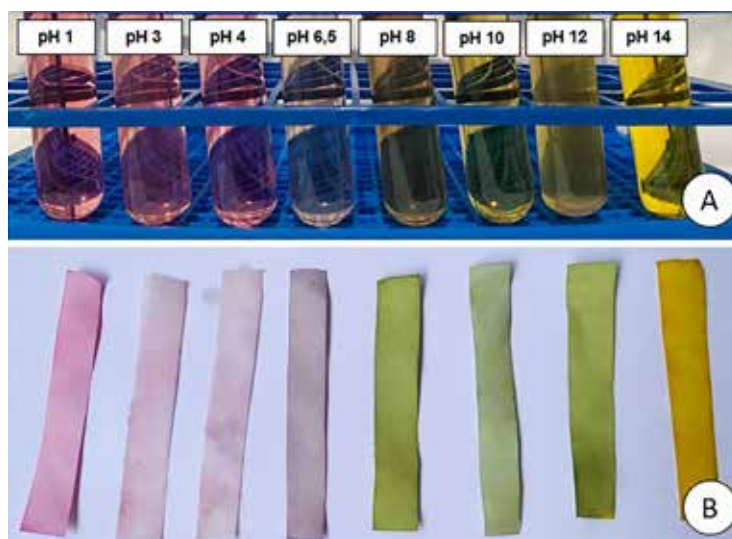
A Figura 4 apresenta a variação de cor do extrato dessa espécie vegetal em função do pH.

Os resultados visualizados no teste com o extrato das pétalas dessa planta, foram comparados com os dados obtidos no trabalho de Guimarães *et al.* (2012). Em meio ácido, a coloração adquirida pelas soluções foram as mesmas em ambos os trabalhos, visto que se observou que à medida que o pH aumentava, a intensidade da coloração vermelha diminuía, até a solução ficar incolor.

Em meio alcalino foram notados resultados diferentes, já que na pesquisa realizada pelos autores em pH 8, a coloração do sistema exibida foi verde clara, passando do verde claro para o verde amarelado (pH 9) e deste, para o amarelo (pH 10 – 14). Os resultados distintos, provavelmente, foram devido aos procedimentos diferentes de extração utilizados para obtenção dos pigmentos naturais da planta ou das diferentes concentrações de extrato e soluções utilizadas, visto que os autores fizeram uso de álcool etílico comercial 96 °GL como solvente por um período aproximado de 2 h. Além disso, o extrato foi filtrado em algodão e submetido à rotaevaporação em temperatura inferior a 60 °C.

#### *Begonia cucullata*

É uma planta herbácea, ereta, suculenta e com flores ornamentais, distribuída principalmente na América do Sul, ocorrendo desde a Venezuela até a Argentina. Conhecida por vários nomes, tais como azedinha-do-brejo e begônia de cera, ela pode ser encontrada em ambientes diversificados, tanto expostas em pleno sol quanto em locais úmidos e sombreados. Essa espécie pode ser prontamente reconhecida, mesmo em estado vegetativo, pela forma cuculada das lâminas e pelas estípulas espatuladas no Brasil, onde pode ser encontrada especialmente nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e na Bahia (Couto, 2010; Delfini *et al.*, 2018). A Figura 5 apresenta os resultados obtidos nos testes com o extrato das pétalas dessa planta.



**Figura 3** - Análise do extrato etanólico (A) e papel de pH (B) de *Allamanda blanchetti*. Fonte: Autoria própria (2022).



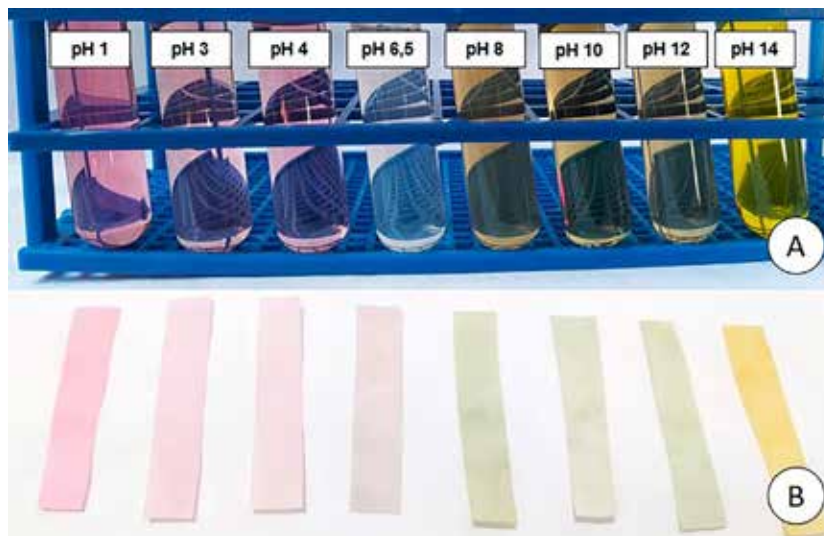


Figura 4 - Análise do extrato etanólico (A) e do papel de pH (B) de *Delonix regia*. Fonte: Autoria própria (2022).

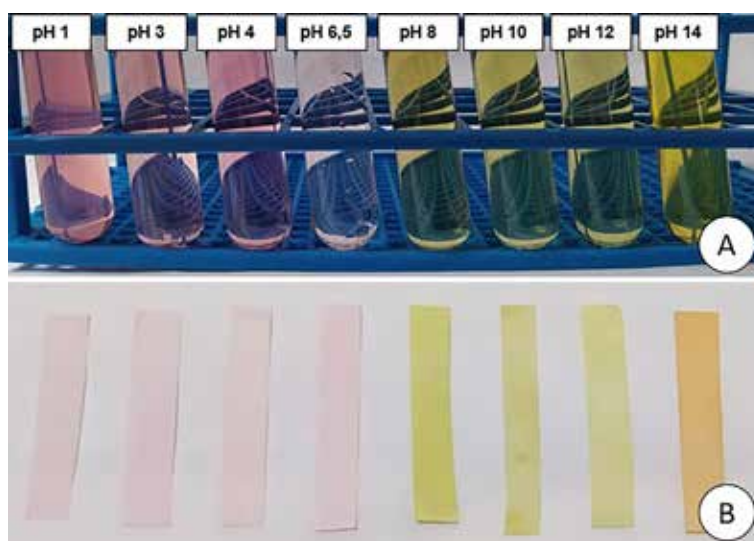


Figura 5 - Análise do extrato etanólico (A) e do papel de pH (B) de *Begonia cucullata*. Fonte: Autoria própria (2022).

As variações de cores notadas demonstram que a espécie investigada possui propriedades indicadoras em potencial, visto que; varia de vermelho claro a tons rosados em soluções ácidas ( $\text{pH} < 7,0$ ) a verde em soluções básicas ( $\text{pH} > 7,0$ ), apresentando ainda, coloração amarela em pH 14.

Os artigos encontrados sobre essa planta, em suma, tratam de estudos taxonômicos no gênero *Begonia* L. (Begoniaceae) o qual ela pertence, bem como da caracterização do habitat das espécies do gênero *Begonia* e da análise do seu potencial para uso alimentício (Couto, 2010; Kelen *et al.*, 2015; Villada, 2017). Além disso, foram encontrados estudos sobre a sua eficácia na filtragem dos resíduos provenientes de águas cinzas (Almeida *et al.*, 2018, Krebs *et al.*, 2021).

Assim, tomando como base os dados expostos na literatura, é possível apontar que este estudo revela, pela primeira vez, o potencial indicador do extrato dessa matriz vegetal no que concerne à sua capacidade de diferenciar substâncias ácidas e básicas.

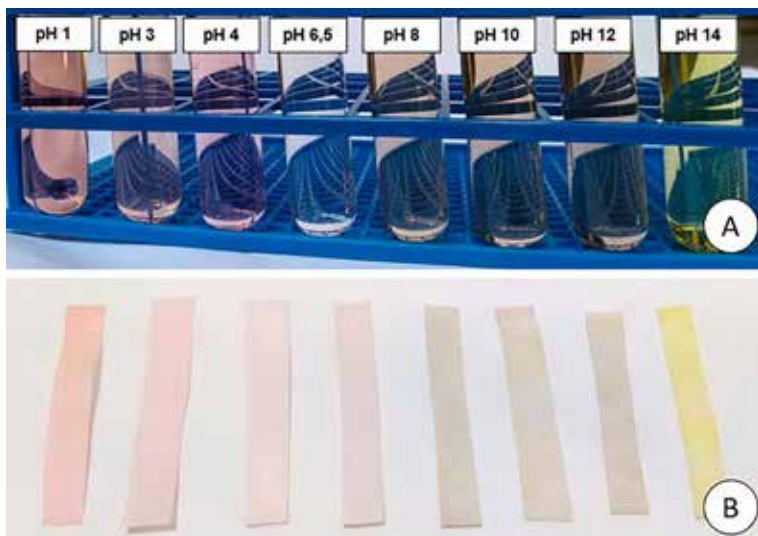
#### *Hippeastrum puniceum*

É uma espécie nativa da América do Sul cultivada como planta ornamental por possuir flores vistosas vermelho-alaranjadas. Desenvolve-se muito bem tanto em temperaturas mais altas quanto em regiões mais frias. (Soprani, 2017; Deepa e Kuriakose, 2014). A Figura 6 mostra a escala de cores de pH usando o extrato alcoólico e o papel de pH produzidos a partir da flor de amarílis.

Os resultados obtidos apresentaram soluções com colorações diferentes em meio ácido, em pH 6,5 e em meio básico. No intervalo entre o pH 1 e 4 foi observado uma solução com coloração vermelha, passando para vermelho fraco e rosa. Em pH 6,5 a solução ficou incolor, apresentado uma leve coloração verde em pH 8, 10 e 12, mudando para amarelo em pH 14.

Em geral, os estudos químicos relatados na literatura sobre essa espécie tratam dos poucos alcalóides isolados, que têm atraído interesse em pesquisas devido às suas atividades biológica e farmacológica (Santana *et al.*, 2008; Feu *et al.*, 2021). Contudo, não foram identificados artigos





**Figura 6** - Análise do extrato etanólico (A) e do papel de pH (B) de *Hippeastrum puniceum*. Fonte: Autoria própria (2022).

que abordem o uso do extrato dessa planta como indicador ácido-base ou papel de pH.

#### *Asystasia gangetica*

É uma planta herbácea perene, reclinada ou ascendente, muito ramificada e amplamente distribuída na África tropical e na Ásia, sendo originária da Índia e da Malásia. É uma espécie tolerante à baixa fertilidade do solo e sombra, largamente cultivada no solo de plantação de árvores, a qual, por ter um crescimento rápido e de difícil controle, pode ser vista, por vezes, como uma espécie daninha (Kiew e Vollesen, 1997; Adjorlolo *et al.*, 2014).

As cores obtidas nos testes com essa matriz vegetal podem ser visualizadas na Figura 7.

As cores observadas nos testes com o extrato e os papéis de pH foram idênticas e curiosamente bem diferentes das comumente vistas nos trabalhos com indicadores naturais de pH, visto que as substâncias apresentaram mudança na coloração de forma significativa na faixa de pH ensaiada, tornando-se incolor em meio ácido, levemente amarelo em

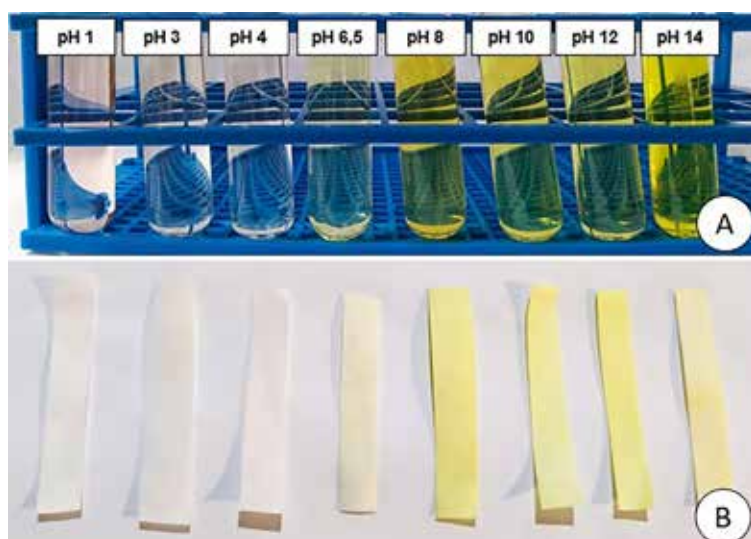
pH 6,5 e amarelo forte em pH básico (Guimarães *et al.* 2012; Brilhante *et al.*, 2013; Monteiro *et al.*, 2020).

Em pesquisa bibliográfica realizada não foi encontrado nenhum artigo no qual tenham sido estudadas especificamente as propriedades químicas dessa espécie vegetal. De modo geral, os artigos identificados tratam de técnicas para o prolongamento da vida pós-colheita das flores, do levantamento de informações etnobotânicas, etnofarmacológicas e farmacológicas, da composição florística da espécie, bem como a frequência com que a mesma recebe a visita de abelhas (Anjos, 2001; Lorenzi e Souza, 2001; Pinheiro e Schlindwein, 2008; Oliveira *et al.*, 2019; Ali *et al.*, 2021).

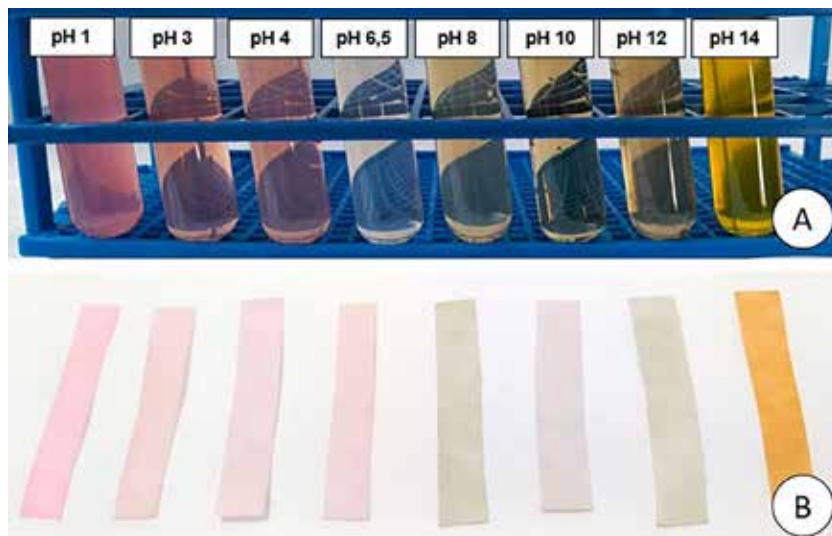
Assim, o estudo da eficácia do extrato da *Asystasia gangetica* como indicador ácido-base é inédito na literatura brasileira, visto que nas bases de dados pesquisadas não foram encontrados artigos com estudos iguais ou semelhantes aos do presente trabalho.

#### *Ixora coccinea*

Trata-se de uma planta muito comum na região nordeste



**Figura 7** - Análise do extrato etanólico (A) e do papel de pH (B) de *Asystasia gangetica*. Fonte: Autoria própria (2022).



**Figura 8** - Análise do extrato etanólico (A) e do papel de pH (B) de *Ixora coccinea*. Fonte: Autoria própria (2022).

do Brasil, pertencente à família das Rubiaceae, sendo conhecida em cerca de 400 espécies. Por produzirem flores praticamente o ano inteiro, esta planta é muito utilizada na ornamentação de praças e jardins (Brilhante *et al.*, 2013).

As cores obtidas nos testes com o extrato das flores da ixora (Figura 8), são condizentes com os resultados encontrados no trabalho de Brilhante *et al.* (2015), no qual o teste colorimétrico em função do pH apresentou três cores características: em pH 3 - vermelho claro; pH 7 - incolor; e em pH 12 - verde escuro. Por outro lado, resultados distintos foram encontrados por Paula e Coelho (2006), visto que o teste colorimétrico realizado pelos autores apresentou as seguintes cores: pH 1-7 vermelha, pH 8-11 - amarelo e pH 12 - verde.

Notou-se que os extratos apresentaram diferenciação das cores quando submetidos às soluções com diferentes valores de pH, apresentando alteração de coloração, conforme o aumento do pH. Quando colocados em meio ácido, o extrato etanólico exibiu coloração avermelhada na faixa de pH entre 1 e 4, mudando para incolor na água filtrada (pH 6,5), para tons de verde em pH 8, 10 e 12, e ainda amarelo intenso em pH 14. Assim, observamos uma variação expressiva na pigmentação desses extratos quando adicionados às soluções testadas.

Mediante os resultados expostos, pode-se determinar que apesar de todos os indicadores ácido-base naturais terem apresentado mudanças perceptíveis na coloração, em função do pH, alguns se destacaram de forma mais eficaz. A exemplo dos extratos da *Begonia cucullata*, *Asystasia gangetica* e *Ixora coccinea* que se mostraram os melhores indicadores em solução, enquanto os da *Allamanda blanchetii*, *Delonix regia* e *Asystasia gangetica* demonstraram resultados mais consistentes nos papéis de pH produzidos a partir destes.

Em geral, embora seja comum se ter uma visualização mais nítida das cores usando extrato alcoólico como indicador, segundo Carvalho *et al.* (2019), uma das principais vantagens da utilização do papel impregnado com o extrato é seu fácil armazenamento e maior resistência aos efeitos da decomposição térmica.

É válido destacar também que os resultados obtidos com os papéis indicadores apresentaram concordância com aqueles obtidos com os extratos. Dessa maneira, conclui-se que é possível inferir o caráter ácido ou básico das substâncias testadas, tanto em papel quanto em solução sem, contudo, estabelecer valores numéricos de pH devido à similaridade de cores.

É importante ressaltar ainda que, com relação à escala de cores exibida em diferentes pHs, foram observados resultados semelhantes em boa parte dos extratos testados. De acordo com estudos descritos na literatura, pigmentos que apresentam este espectro de cores costumam ter antocianina em sua composição (Volp *et al.*, 2008; Março *et al.* 2008). Todavia, apenas com os testes realizados não é possível afirmar que se trata da antocianina, pois, para isso haveria

a necessidade de realizar testes quantitativos, fazendo uso de técnicas mais específicas.

### Considerações Finais

Conclui-se, portanto, que tanto os extratos, quanto os papéis de pH preparados a partir das espécies estudadas, se mostraram eficazes na identificação de ácidos e bases, representando uma alternativa de uso para alguns dos indicadores convencionais tradicionalmente utilizados.

Em relação ao aspecto didático, a proposta apresentada é viável, visto que as plantas coletadas são facilmente

Em relação ao aspecto didático, a proposta apresentada é viável, visto que as plantas coletadas são facilmente encontradas na região, podendo ser utilizadas na sala de aula pelos professores do município de Cocal-PI, como um recurso para ensinar os conceitos de acidez, basicidade, equilíbrio químico e separação de misturas.

encontradas na região, podendo ser utilizadas na sala de aula pelos professores do município de Cocal-PI, como um recurso para ensinar os conceitos de acidez, basicidade, equilíbrio químico e separação de misturas. Além disso, essa abordagem proporciona ao estudante um contato maior com a Química, possibilitando-o enxergá-la como algo presente no seu dia a dia.

Por fim, a relevância deste estudo também se justifica pelo fato de que, dentre as espécies de plantas investigadas, três ainda não haviam sido citadas na literatura em estudos químicos, sendo estas: *Begonia cucullata*, *Hippeastrum puniceum* e *Asystasia gangetica*, que, conforme os resultados

encontrados, possuem propriedades indicadoras em potencial, com destaque para a *Asystasia gangetica* que se mostrou um excelente indicador ácido-base tanto em solução quanto em papel.

## Referências

ABREU, N. S. e MAIA, J. L. O ensino de química usando tema Baía de Guanabara: uma estratégia para aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 3, p. 261-268, 2016.

ADJORLOLO, L. K.; BESSA, T. A.; KWARTENG, K. A. e AHUNU, B. K. Effect of season on the quality of forages selected by sheep in citrus plantations in Ghana. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, v. 2, n. 3, p. 271, 2014.

ALI, A. I. M.; SANDI, S.; RISWANDI.; ROFIQ, M. N. e SUHUBDY. Effect of feeding *Asystasia gangetica* weed on intake, nutrient utilization, and gain in Kacang goat. *Annals of Agricultural Sciences*, v. 66, n. 2, p. 137-141, 2021.

ALMEIDA, J. V. C.; SILVA, R. V.; PEREIRA, G. S. e SIERAKOWSKI, J. P. Tratamento de águas cinzas através de “wetland” construído de fluxo horizontal com uso de *Begonia cucullata* cv. Hookeri. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, v. 34, n. esp., p. 360-372, 2018.

ANDRADE, R. S. e VIANA, K. S. L. Atividades experimentais no ensino da química: distanciamentos e aproximações da avaliação de quarta geração. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 23, n. 2, p. 507-522, 2017.

ANJOS, U. J. C. *Prolongamento da vida pós-colheita de flores de Asystasia gangetica T. Anders com soluções de tiosulfato de prata*. 2001. Tese (Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2001.

BOLOGNEZ, C. A.; POHL, S.; MENEGUELLO, G. E.; MEDEIROS, M. e AMARAL, J. Superação de dormência em sementes de flamboyant (*Delonix regia* (Bojer ex Hook) Raf.). *Enciclopédia Biosfera*, v. 11, n. 22, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Brasil confirma primeiro caso do novo coronavírus, porém não há motivo para pânico. Brasília. 2020. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/ultimas-noticias-cns/1042-brasil-confirma-primeiro-caso-do-novo-coronavirus-porem-nao-ha-motivo-para-panico>, acesso em mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Recomendação Nº 036, DE 11 DE MAIO DE 2020. Recomenda a implementação de medidas de distanciamento social mais restritivo (lockdown), nos municípios com ocorrência acelerada de novos casos de COVID-19 e com taxa de ocupação dos serviços atingido níveis críticos. *Diário Oficial da União*, Brasília, p. 2-5, 11 mai. 2020.

BRILHANTE, S. E. T., VALDEVINO, F. Í. S., NETO, F. O., SILVA, F. F. M., BERTINI, L. M. e ALVES, L. A. Determinação

**Williana Silva de Oliveira** (willy23silva.oliveira@gmail.com), licenciando em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI. Cocal, PI - BR. **Paulo Sérgio de Araujo Sousa** (psergio.araujosousa@gmail.com), licenciado em Química pelo IFPI. Cocal, PI – BR. **Thiciania Silva Sousa Cole** (thiciania.sousa@ifpi.edu.br), licenciada em Química e mestra e doutora em Química pela Universidade Federal do Ceará. Atualmente Professora do IFPI Campus Cocal. Cocal, PI – BR.

do teor de antocianinas e sua influência na variação da coloração dos extratos de flores do oeste Potiguar. *In: IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN*, 9, 2013, Natal. Artigo...Natal: Propi, 2013.

BRILHANTE, S. E. T.; VALDEVINO, F. Í. S. P.; NETO, O. F. B.; SILVA, F. M.; BERTINI, L. M. e ALVES, L. A. Evaluation of Vegetable Extracts from the Semi-Arid as Natural pH Indicator. *Holos*, v. 31, n. 1, p. 7, 2015.

CARVALHO, D. R.; AGOSTINHO, C. F. e CARVALHO, Y. P. S. Produção de Papel Indicador Ácido-Base a Partir do Extrato de Repolho Roxo. *In: Atividades de ensino e de pesquisa em química 2*. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

COUTO, A. V. D. S. *Padrões de habitats das espécies de begonia (Begoniaceae) na Reserva Ecológica de Guapiçu, Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil*. 2010. Monografia (Graduação em engenharia florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

DEEPA, C. P. e KURIAKOSE, B. B. Pharmacognostic and phytochemical evaluation of the Bulbs of *Hippeastrum puniceum* (Lam.) Voss. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, v. 6, p. 399-404, 2014.

DELFINI, C.; CABRAL, A.; OLIVEIRA, G. B. e SOUSA, C. S. Flora do Parque Estadual do Ibitipoca, Estado de Minas Gerais, Brasil: Begoniaceae C. Agardh. *Hoehnea*, v. 45, n. 4, p. 1-13, 2018.

DIAS, M. V.; GUIMARÃES, P. I. C. e MERÇON, F. Corantes naturais: extração e emprego como indicadores de pH. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 27-31, 2003.

DOMINGUINI, L.; BORGES, J. M.; SANTOS, M. D.; LEANDRO, F. P.; SOUSA TOLEDO, A. L. e FIGUEIREDO, A. P. Estudo da estabilidade de antocianinas em diferentes álcoois alifáticos para uso como indicador de pH. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 16, n.1, 2014.

FEU, A. E.; ANDRADE, J. P.; AYALA, A. P., ALMEIDA, L. C.; COSTA-LOTUFO, L. V.; BASTIDA, J. e SOUZA BORGES, W. Glycosylated narciclasine alkaloid in *Hippeastrum puniceum* (Lam.) Kuntze. *South African Journal of Botany*, v. 136, p. 30-34, 2021.

GALIAZZI, M. D.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S. e GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 7, p. 249-263, 2001.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, p.43-49, 1999.

GUIMARÃES, W.; ALVES, M. I. R. e FILHO, N. R. A.



- Antocianinas em extratos vegetais: aplicação em titulação ácido-base e identificação via cromatografia líquida/espectrometria de massas. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 8, p. 1673-1679, 2012.
- KELEN, M. E. B.; NOUHUYS, I. S. V. KEHL, L. C. K.; BRACK, P. e SILVA, D. B. *Plantas Alimentícias não Convencionais (PANCs): hortaliças espontâneas e nativas*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.
- KIEW, R. e VOLLESEN, K. *Asystasia* (Acanthaceae) in Malaysia. *Kew Bulletin*. v. 52, n. 4, p. 965-971, 1997.
- KREBS, V.; OLIVEIRA, R. F. e SCHRODER, N. T. Avaliação da eficiência de ilhas flutuantes com plantas para a melhoria da qualidade hídrica de ecossistemas aquáticos. *Aletheia*, v. 54, n.1, 2021.
- LORENZI, H. e SOUZA, H. M. *Plantas Ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. 3 ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2001.
- LOPES, T.; XAVIER, M.; QUADRI, M. G. e QUADRI, M. (2007). Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. *Current Agricultural Science and Technology*, v. 13, n. 3, 2007.
- LUCA, A. G.; SANTOS, S. A.; PINO, J. C. D. e PIZZATO, M. C. Experimentação contextualizada e interdisciplinar: uma proposta para o ensino de ciências. *Revista Insignare Scientia – RIS*, v. 1, n. 2, 2018.
- MARÇO, P. H.; POPPI, R. J. e SCARMINIO, I. S. Procedimentos Analíticos para Identificação de Antocianinas Presentes em Extratos Naturais. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 5, p. 1218-1223, 2008.
- MELO, M. F. S. *Utilização de extratos naturais na produção de papel indicador ácido-base como ferramenta para aulas práticas de química básica*. Monografia (Licenciatura em Química), Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2012.
- MENEZES FILHO, A. C. P.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; SOUZA, J. C. P. e CASTRO, C. F. S. Avaliação de diferentes solventes para extração dos compostos fenólicos totais da farinha do fruto Calabura (*Muntingia calabura* Linn.). *Biota Amazônia*, v. 9, n. 2, p. 21- 23, 2019.
- MENEZES, M. A. G.; OLIVEIRA NETO, F. B.; BERTINO, L. M.; SILVA, F. F. M. e ALVES, L. A. Quantificação de antocianinas dos extratos de embiratanha (*Pseudobombax marginatum*). *Holos*, v. 1, p.30-35, 2015.
- MODI, A.; MISHRA, V.; BHATT, A.; JAIN, A.; MANSOORI, M. H.; GURNANY, E. e KUMAR, V. Delonix regia: historic perspectives and modern phytochemical and pharmacological researches. *Chinese journal of natural medicines*, v. 14, n. 1, p. 31-39, 2016.
- MONTEIRO, E. P.; SILVA, A. M. A.; MONTEIRO, A. M. C.; SILVA, J. C.; FREITAS, L. A. e CORRÊA, L. T. Indicadores naturais encontrados em plantas: uma proposta para o ensino de química no Amazonas. *Revista Scientia Amazonia*, v. 9, n.1, p. 8-14, 2020.
- MOTA, T. C. e CLEOPHAS, M. G. Proposta para o Ensino de Química Utilizando a Planta *Pterodon abruptus* (Moric.) Benth. como Indicador Natural de pH. *Revista Virtual de Química*, v. 6, p. 1353- 1369, 2014.
- NAVARRO, D. F. *Estudo químico, biológico e farmacológico das espécies Allamanda blanchetti e Allamanda schottii Pohl para a obtenção de frações e moléculas bioativas de potencial terapêutico*. 2005. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- NICOLINI, C. e MEDEIROS, K. E. G. Aprendizagem Histórica em Tempos de Pandemia. *Estudos Históricos*, v. 34, n. 73, p. 281-298, 2021.
- OLIVEIRA, G. K. D.; VICENTE, M. M.; OTENIO, J. K.; POPLAWSKI, C. V. P.; GUMY, M. P.; VELASQUEZ, L. G.; BOTELHO, L. E. L. e JACOMASSI, E. Etnobotânica, etnofarmacologia e farmacologia das espécies Acanthaceae, Aizoaceae, Alismataceae e Amaranthaceae. *Revista fitos*, v. 13, n. 4, 2019.
- PATRO, R. *Alamanda-roxa – Allamanda blanchetti*. Jardineiro.net, 2013. Disponível em: <https://www.jardineiro.net/plantas/alamanda-roxa-allamanda-blanchetti.html>, acesso em dez. 2021.
- PAULA, A. M. e COELHO, A. L. Identificação do pigmento encontrado nas flores de *Ixora coccinea*. In: Reunião Anual da SBPC, 58., 2006, Florianópolis. *Anais Eletrônicos...* São Paulo: SBPC/UFSC, 2006.
- PENAFORTE, G. S. e SANTOS, V. S. O ensino de química por meio de atividades experimentais: aplicação de um novo indicador natural de pH com alternativa no processo de construção do conhecimento no ensino de ácidos e bases. *EDUCAmazônia*, v. 13, n. 2, p. 8-21, 2014.
- PEREIRA, A. S.; VITURINO, J. P. e ASSIS, A. O uso de indicadores naturais para abordar a experimentação investigativa problematizadora em aulas de química. *Educação Química em Punto de Vista*, v. 1, n. 2, 2017.
- PINHEIRO, P. M. e SCHLINDWEIN, C. Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas em uma área do Agreste pernambucano, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 52, v. 4, p. 627-636, 2008.
- ROCHA, J. S. e VASCONCELOS, T. C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28 de julho de 2016.
- RODRIGUES, J. J. O.; LEMOS, R. G. L. e LIMA, R. A. I. O uso do extrato aquoso da casca do Pataú (*Oenocarpus bataua* Mart.) como indicador natural ácido-base para o ensino de química. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, v. 6, n.1, p. 184-199, 2019.
- SANTANA, O.; REINA, M.; ANAYA, A. L.; HERNÁNDEZ, F.; IZQUIERDO, M. E. e GONZÁLEZ-COLOMA, A. 3-O-acetyl-narcissidine, a bioactive alkaloid from *Hippeastrum puniceum* Lam. (Amaryllidaceae). *Zeitschrift für Naturforschung C*, v. 63, n. 9-10, p. 639-643, 2008.
- SANTOS, L. R. e MENEZES, J. A. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. *Rev. Eletrônica Pesquiseduca*, v. 12, n. 26, p. 180-2017, 2020.
- SILVA, D.B.D.; GONÇALVES, M. D. M.; KREYE, Y. D. e NICOLINI, J. Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base (parte II): extração e armazenamento. *Educación Química*, v. 29, n. 2, p. 7-12, 2018.
- SILVA, V. G. *A Importância da Experimentação no Ensino de Química e Ciências*. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química). Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.
- SOARES, M. H. F. B.; SILVA, V. B. e CAVALHEIRO, T. G. Aplicação de corantes naturais no ensino médio. *Eclética Química*, v. 26, p. 225-234, 2001.
- SOPRANI, L. C. *Estudo Químico e Biológico de Hippeastrum puniceum (Lam.) Kuntze (Amaryllidaceae)*. 2017. Dissertação



(Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

SOUZA, E. P. Educação em tempos de pandemia: desafios e possibilidades. *Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas*, v. 17, n. 30, p. 110-118, 2020.

TERCI, D. B. L. e ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: use papel ou solução? *Química Nova na Escola*, v. 25, n. 4, p. 684-688, 2002.

VILLADA, J. C. J. *Sinopse taxonômica do gênero Begonia L. (Begoniaceae) para a região sul do Brasil*. 2017. 90 p.

Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos, Algas e Plantas). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

VOLP, A.C.P., RENHE, I.R.T., BARRA, K. e STRINGUETA, P.C. Flavonoides antocianinas: características e propriedades de nutrição e saúde. *Revista Brasileira Nutrição Clínica*, v. 23, n. 2, p. 141-149, 2008.

ZOLNERKEVIC, I. Os guarda-sóis coloridos das plantas. *Pesquisa FAPESP*, n. 202. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/os-guarda-sois-coloridos-das-plantas>, acesso em nov. 2021.

**Abstract:** *Production of natural acid-base indicators in solution and in paper from plant extracts with potential application in chemical teaching. A low-cost alternative to insert experimentation in the Chemistry education is the use of natural acid-base indicators, produced from plant tissues of various plant species. In this perspective, the present work investigated the potential as acid-base indicators, in solution and on paper, of extracts from the flowers of Allamanda blanchetii, Delonix regia, Begonia cucullata, Hippeastrum puniceum, Asystasia gangetica and Ixora coccinea, using household materials and products. The results obtained showed that both the alcoholic extracts and the pH papers prepared from the studied species proved to be effective in identifying acids and bases, representing an alternative use for some of the traditionally used indicators. It is also emphasized that the property as acid-base indicators of the species B. cucullata, H. puniceum and A. gangetica is being reported for the first time in the literature.*

**Keywords:** acid-base indicators, natural indicators, chemistry teaching.

## O Arco de Maguerez como Oportunidade para a Aprendizagem Problematizadora e Ativa no Ensino de Química

Thiago B. Cavassani, Joana J. Andrade e Rosebelly N. Marques

Este trabalho discute a possibilidade de utilização da metodologia problematizadora com o Arco de Maguerez (AM) para o ensino e a aprendizagem contextualizada e ativa de química dos solos em um curso técnico em química integrado ao Ensino Médio. A proposta foi desenvolvida com a participação de 29 estudantes na disciplina de Química Ambiental e Gestão Ambiental, utilizando como recursos didáticos a pesquisa ativa na Internet e a construção de portfólio formativo/avaliativo. Os resultados indicam que a atividade de pesquisa incentivou a proatividade dos estudantes para a compreensão dos fenômenos químicos e para o desenvolvimento do trabalho colaborativo que exigiu dialogicidade e postura reflexiva na reconstrução dos próprios saberes. A proposta mostrou-se como opção viável para criação de momentos de aprendizagem ativa no ensino de química, estimulando a autonomia para o reconhecimento crítico das questões relativas à própria realidade no processo de construção do conhecimento.

► aprendizagem ativa, Arco de Maguerez, abordagem problematizadora ◀

Recebido em 07/10/2021, aceito em 26/03/2022

142

**H**á na literatura da área da educação e do ensino de ciências certo consenso de que os conteúdos curriculares de ciências, e em especial aqueles relacionados à Química, apresentam um grande desafio à aprendizagem dos estudantes nos diversos níveis de ensino. O modelo educacional frequentemente calcado no viés tradicionalista privilegia o ensino de aspectos teóricos da ciência Química como a memorização de um grande volume de informações, fórmulas, nomenclaturas ou a excessiva realização de cálculos matemáticos (Schnetzler e Aragão, 1995). Tais características resultam no reforço da concepção simplista de que basta para a compreensão dos fenômenos científicos complexos a mera transmissão acumulativa de leis, regras e conceitos. Os conteúdos escolares trabalhados de forma fragmentada e desconectada da convivência social dos estudantes colaboram para a percepção de que os conceitos científicos apresentam pouca aplicabilidade ou validade no contexto cotidiano (Arroio, *et al.* 2006). Esses fatores acabam dificultando o processo de ensino e desestimulam o aprendizado escolar dos conceitos relacionados à Química.

Os conteúdos escolares trabalhados de forma fragmentada e desconectada da convivência social dos estudantes colaboram para a percepção de que os conceitos científicos apresentam pouca aplicabilidade ou validade no contexto cotidiano (Arroio, *et al.* 2006).

Por outro lado, propostas que visam superar o modelo tradicionalista no ensino de química fundamentam-se na concepção do estudante como sujeito ativo e responsável por sua própria aprendizagem (Chassot, 1995; Maldaner, 2000). Tais propostas, com diferentes metodologias e práticas pedagógicas, preconizam uma relação imbricada entre construção de conhecimentos (conteúdos, conceitos e processos), constituição subjetiva (sujeito investigativo) e contexto sócio-histórico-cultural (realidade). Como consequência, a apropriação dos conhecimentos químicos só poderia ser compreendida como um processo que abarca a experiência de vida como um exercício pleno de cidadania.

A formação integral nesses termos implica o desenvolvimento da capacidade de leitura crítica da realidade para que os indivíduos consigam ponderar acerca das condições sociais, ambientais e econômicas geradas pelos atuais modelos sociais de produção. A leitura crítica do próprio entorno social, portanto, torna-se condição para a prospecção de outras realidades possíveis.

Andrade e Smolka (2009) afirmam que tais aspectos já



eram tratados na obra de Bachelard (2005) em meados do século XX, contribuindo para conceber a perspectiva de que a realidade dada e criada são intercambiantes. A *realidade dada* precisa ser problematizada, negada e reelaborada como possibilidade de criarmos outras realidades que “vejam” para além da realidade dada. Ou seja, uma realidade criada é possível e necessária quando se tem como base o pensamento e o espírito científico (Andrade e Smolka, 2009). Segundo Santos (2011), o conhecimento básico em ciências e em química pode contribuir com uma leitura crítica da realidade concreta dos sujeitos e colaborar “para a formação da cidadania na medida em que [favorece] a participação dos alunos na vida comunitária” (p. 302). Ao aproximar conteúdos científicos do mundo da vida dos estudantes com uma abordagem contextualizada e problematizadora do seu âmbito social, os sujeitos estarão também aptos a adquirir as ferramentas culturais para a tomada de decisão e atuação na realidade em que estão inseridos.

Assim, é importante delinear propostas pedagógicas que possibilitem articular a concepção contextualizada e problematizadora do ensino de química com as concepções ativas de aprendizagem. Nesse sentido, analisamos como problema de pesquisa neste trabalho as possibilidades de utilização da metodologia da problematização com o Arco de Maguerez (AM) para o ensino de química. Enfatizamos os processos de (re) construção dos conhecimentos dos estudantes em suas relações com o contexto social próximo a partir do recurso pedagógico da pesquisa ativa e guiada com as ferramentas da Internet - TDIC. Tal esforço tem o condão de deixar à disposição dos professores maior diversidade de propostas ativas para o ensino de química contextualizado na perspectiva de formação crítica, participativa e cidadã.

### **Arco de Maguerez e sua utilização pedagógica: apontamentos iniciais**

Charles Maguerez desenvolveu os pressupostos da metodologia que recebe seu nome em meados da década de 1960, com produções que receberam maior notoriedade a partir de 1970. Francês da Bretanha, Maguerez iniciou sua carreira profissional no recrutamento e orientação de agricultores para a formação de trabalhadores nas áreas industriais francesas. Deu continuidade em seu trabalho viajando para países em desenvolvimento e realizando a formação profissional de trabalhadores na África, Europa e também no Brasil, refinando e aplicando seu método (Maguerez, 2016). Como salienta Berbel (2016), um dos problemas inicialmente enfrentados por Maguerez foi a capacitação de trabalhadores analfabetos para o trabalho em minas de

petróleo, indústrias e empresas agrícolas na África. Como princípio de trabalho, Maguerez iniciou o desenvolvimento de programas que traziam a necessidade de adaptação dos processos de aprendizagem profissional às condições ambientais e culturais dos sujeitos, não dissociando a prática alfabetizadora da formação profissional ofertada. O intuito dessa abordagem era subsidiar a capacidade ampla e autônoma de aprendizagem dos trabalhadores para a aplicação em seu campo profissional.

Sua atividade no Brasil resultou no desenvolvimento de um sistema de assistência às Pequenas e Médias Empresas (PME) em Pernambuco e na promoção de uma análise diagnóstica dos programas de formação de técnicos agrícolas em São Paulo, ainda na década de 1970. O foco da produção de Maguerez centrou-se justamente no desenvolvimento de um caminho metodológico dedicado à formação profissional inicial ou continuada de trabalhadores. Os relatórios produzidos por essas passagens no Brasil formaram as fontes primárias de acesso à metodologia do AM no país (Berbel, 2016). A adaptação e o desenvolvimento da primeira versão

brasileira do AM foi realizado por Bordenave e Pereira no contexto da formação profissional de professores para o ensino superior no início da década de 1980 (Prado *et al.*, 2012).

Essa abordagem foi continuamente alterada ao longo do processo de apropriação e readaptação aos novos contextos educacionais de aplicação da metodologia. Segundo Berbel (2012), as contribuições mais recentes apoiam-se nos fundamentos teóricos e práticos preconizados

pela pedagogia libertadora freireana, agregando ainda as concepções epistemológica do pensamento crítico-dialético e da noção de práxis educativa transformadora. Seu propósito maior é “preparar o estudante/ser humano para tomar consciência de seu mundo e atuar intencionalmente para transformá-lo, sempre para melhor, para um mundo e uma sociedade que permitam uma vida mais digna para o próprio homem” (Berbel, 1998, p. 144).

Propostas de ensino inspiradas no AM possibilitam redimensionar o conteúdo científico disposto no currículo escolar. Ao atribuir significados aos conteúdos por meio do reconhecimento e problematização da sua própria realidade social, os estudantes podem atuar na resolução desses problemas e protagonizar formas de transformar a realidade concreta mediados pela apropriação da base científica subjacente aos temas em estudo.

Recentemente, vêm ganhando destaque na literatura propostas de ensino de química organizadas de acordo com a abordagem do AM. Há relatos envolvendo atividades experimentais (Silva Junior *et al.*, 2014; Kimura e Amaral, 2020); construção de oficinas e sequências didáticas (Wollmann,

Como princípio de trabalho, Maguerez iniciou o desenvolvimento de programas que traziam a necessidade de adaptação dos processos de aprendizagem profissional às condições ambientais e culturais dos sujeitos, não dissociando a prática alfabetizadora da formação profissional ofertada. O intuito dessa abordagem era subsidiar a capacidade ampla e autônoma de aprendizagem dos trabalhadores para a aplicação em seu campo profissional.

2013; Santos e Riehla, 2021); além de experiências na formação inicial docente (Gomes *et al.*, 2017). Em comum nesses trabalhos, destacam-se a mobilização ativa dos sujeitos na construção do conhecimento e a conscientização crítica do próprio contexto social de produção e aplicação desses conhecimentos. Por outro lado, ainda são incipientes as revisões de literatura a respeito do AM no ensino de ciências e também produções específicas sobre as implicações curriculares de sua utilização no campo da formação inicial docente.

### **Delineando as etapas do Arco de Maguerz em propostas de ensino.**

Utilizada como proposta metodológica para o ensino, a abordagem problematizadora com o AM é composta de cinco etapas inter-relacionadas (Berbel, 1998; Colombo e Berbel, 2007; Garcia *et al.*, 2009; Soares *et al.*, 2016):

- i) Observação da realidade: A partir de um tema ou assunto de interesse, os alunos são conduzidos a observar a própria realidade social em que estão imersos. Orientados pela ação do docente, é importante que os estudantes discutam, escolham a forma de observação, registrem e analisem o recorte da realidade concreta. Desse modo, fomenta-se a postura ativa para reconhecer e identificar aspectos insatisfatórios e problemáticos das questões sob análise. O professor pode fornecer materiais e questões dirigidas para orientar o aluno na delimitação dos temas importantes, auxiliando o reconhecimento das questões que deverão ser problematizadas. A atitude proativa, a relação dialógica e colaborativa entre professor/aluno e o grupo permeia todo o processo; constituindo atributos essenciais da observação individual e leitura crítica da realidade. Como síntese dessa etapa, os alunos, em conjunto com o professor, estabelecem o problema que será objeto de estudo.
- ii) Pontos-chave: Delimitada a problemática de estudo, os estudantes são incentivados a refletirem sobre as causas e, posteriormente, sobre os possíveis determinantes envolvidos na questão. A análise e reflexão sobre os fatores envolvidos nos fenômenos observados possibilita a compreensão da dinâmica multiforme e complexa que envolve os problemas de ordem social. Assim, as ações dessa etapa visam permitir que os estudantes realizem um novo momento de reflexão ao sistematizarem um conjunto de pontos ou questões prioritárias que podem fazer parte do estudo, auxiliando na construção de caminhos para uma solução efetiva.
- iii) Teorização: Corresponde ao momento de realização da investigação propriamente dita. Os estudantes e o professor iniciam os processos de compreensão aprofundada dos

**Ao trilhar o caminho proposto pelo AM, os estudantes são contemplados com uma dinâmica de aprendizagem dialética, vivenciando momentos conjugados de ação e reflexão em que a própria realidade material é o substrato e o produto da atividade educativa (Berbel, 1998).**

assuntos e a construção de respostas para os problemas aventados e discutidos nas etapas anteriores. A partir da pesquisa ativa e da busca de informações relevantes nos mais variados formatos, o estudante é estimulado a mobilizar os saberes necessários para a apropriação e significação dos resultados encontrados. Desse modo, possibilita-se a compreensão das eventuais origens dos fenômenos observados e sua relação com os fundamentos explicativos que a pesquisa guiada pode proporcionar. É um processo ativo, participativo, contínuo e socialmente mediado de (re)construção e significação dos conceitos analisados. A etapa da teorização pode subsidiar a ocorrência de “operações mentais analíticas que favorecem o crescimento intelectual dos alunos” (Prado *et al.*, 2012, p. 175).

- iv) Hipóteses de solução: Compreendidos teoricamente os aspectos envolvidos na problemática estudada, é possível articular com criatividade e autonomia as eventuais soluções ou caminhos possíveis para as questões propostas. Berbel (1998) avalia que nessa etapa o aluno seja encaminhado para que as seguintes questões possam ser respondidas: “O que precisa acontecer para que o problema seja solucionado? O que precisa ser providenciado? O que pode realmente ser feito?” (p. 144). Todo o seu trabalho de pesquisa, análise crítica e reflexão é mobilizado para a formulação de possíveis soluções que sejam decorrentes de uma investigação que se orienta para compreensão efetiva do objeto de estudo em suas múltiplas dimensões.
  - v) Aplicação à realidade: O momento final da metodologia corresponde ao retorno prático à realidade cotidiana e contempla um conjunto de operações que visam a intervenção consciente e crítica na perspectiva da resolução do problema estudado. Corresponde, portanto, à cristalização da atividade na prática cotidiana, revelando o compromisso dos alunos com a própria realidade. Emergem também as componentes sociais, éticas e políticas que são mobilizadas pelos sujeitos em situações de tomada de decisão e ação na realidade concreta. Segundo Berbel (1996, *apud* Berbel, 1998), “do meio observaram os problemas e para o meio levarão uma resposta de seus estudos, visando transformá-lo em algum grau” (p. 144), em um processo que comporta, na ação prática transformativa, a (re)construção de novos saberes (Prado *et al.*, 2012).
- Ao trilhar o caminho proposto pelo AM, os estudantes são contemplados com uma dinâmica de aprendizagem dialética, vivenciando momentos conjugados de ação e reflexão em que a própria realidade material é o substrato e o produto da atividade educativa (Berbel, 1998). É o próprio exercício da práxis, exigindo atitude consciente, deliberada e reflexiva ao utilizar-se do próprio meio para aprender com ele enquanto se modifica sua própria visão do mundo.



## Percurso metodológico

O trabalho foi desenvolvido no câmpus Catanduva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). A escola localiza-se na região periférica do município e atende prioritariamente estudantes de renda média baixa com a oferta de cursos profissionalizantes em nível médio e superior. A estrutura física é adequada para o atendimento educacional, com laboratório de química e informática à disposição dos estudantes e corpo docente majoritariamente formado por pós-graduados. A proposta desenvolveu-se na disciplina Química Ambiental e Gestão Ambiental, componente obrigatória do curso técnico em química integrado ao Ensino Médio. Participaram da atividade 29 estudantes organizados em 2 duas turmas com 14 e 15 estudantes. Os alunos associaram-se em grupos de 2 ou 3 estudantes para o estudo do tema. A atividade foi estruturada em 4 etapas, realizadas em 4 encontros com duração de 1h40min cada. A seguir, são descritas sucintamente as etapas do trabalho.

### **Etapa 1 – Ambientação da nova proposta.**

O primeiro encontro foi dedicado ao contato inicial com a proposta de atividade e o tema de estudo. O objetivo da atividade, a sequência da proposta, as formas possíveis de realização do trabalho, a pesquisa de materiais, avaliação e os prazos para encerramento foram discutidos, ajustados e coletivamente negociados. Foi explicitada a importância do papel ativo dos alunos para a finalização da proposta, a necessidade de pesquisa autônoma e a discussão crítica dos resultados encontrados para a construção de novos saberes.

**Etapa 2 – Mudando o olhar sobre a realidade.** Após a negociação e compreensão da proposta de atividade, os grupos assistiram a trechos selecionados do documentário “O Solo” (<https://www.youtube.com/watch?v=rjpJZRM-Z6BA&t=110s>), que discute a importância do solo e de sua manutenção para as mais diversas espécies vegetais e animais. Os alunos foram convidados a assistir a íntegra do documentário dublado em português disponível gratuitamente no repositório de vídeos *YouTube*. Em seguida, os grupos assistiram à reportagem “Uso do solo no Brasil” (<http://redeglobo.globo.com/globocidadania/videos/v/o-uso-do-solo-no-brasil/1488911/>), que faz um panorama das consequências da exploração intensa do solo e técnicas de manejo possíveis para sua conservação. Logo após, os estudantes iniciaram uma ampla discussão sobre o tema e foram orientados a analisar os usos, os manejos do solo do seu entorno, os produtos e as técnicas de produção que conheciam e os eventuais problemas das formas de explorações que conheciam. Em conjunto com o professor, definiram a problemática da exploração, poluição e formas de manejo sustentável do solo para estudo. Realizou-se ainda a reflexão

Os registros das informações, os principais tópicos das discussões realizadas em grupo, dúvidas eventualmente surgidas e, principalmente, os fundamentos científicos das questões que os grupos discutiram e negociaram foram então registrados em portfólio produzidos pelos estudantes.

coletiva e a análise das possíveis causas/determinantes desses problemas. Nessa etapa, os pontos-chave para o desenvolvimento da proposta foram definidos.

**Etapa 3 – Postura ativa para a compreensão científica dos problemas.** Nessa etapa, os alunos iniciaram a teorização dos conteúdos levantados a partir da definição colaborativa dos pontos-chave anteriormente definidos. Os estudantes realizaram atividades de pesquisa livre dos assuntos em recursos digitais disponíveis na Internet, coletando e socializando as informações que sustentaram suas próprias propostas de resolução dos problemas discutidos. Durante dois encontros semanais os grupos tiveram à disposição os laboratórios de informática da instituição, com computadores e rede de Internet para a realização orientada das atividades. Contaram também com momentos de exposição e discussão de conteúdos selecionados pelo docente.

Os registros das informações, os principais tópicos das discussões realizadas em grupo, dúvidas eventualmente surgidas e, principalmente, os fundamentos científicos das questões que os grupos discutiram e negociaram foram então registrados em portfólio produzidos pelos estudantes. Com isso, tiveram a possibilidade de organizar e refletir sobre seu próprio conhecimento, expressar seu pensamento e seus saberes na inter-relação entre apropriação e autoprodução por meio da linguagem científica. Assim, os portfólios foram implantados como estratégia formativa e como instrumento avaliativo (Araújo, 2007).

**Etapa 4 – Atuando no meio social.** Os estudantes, em conjunto com o professor, decidiram realizar uma ação de conscientização para o público da própria instituição. Os resultados do processo de pesquisa realizado, das discussões e a reformulação dos próprios saberes nas etapas anteriores subsidiaram a produção e exposição de material impresso e cartazes de divulgação sobre o uso do solo. A produção dos materiais foi realizada extraclasse e discutida no último encontro da atividade. Por fim, os estudantes realizaram uma avaliação individual tanto dos conteúdos trabalhados quanto da própria proposta de ensino por meio de questões abertas e fechadas utilizando-se da ferramenta de formulários disponível no Google Drive.

## Resultados e discussão

O percurso de análise do processo aqui apresentado diz respeito à inter-relação entre (a) a proposta pedagógica fundamentada na metodologia problematizadora com o AM que tem como base uma sequência de ações voltada à construção de reflexões e de ações práticas de transformação social; e (b) os produtos e resultados obtidos ao longo de um período de intervenção pedagógica realizada. Para tanto, apresentamos os relatos registrados e as percepções

vivenciadas no desenvolvimento da estratégia pela perspectiva do professor orientador, como também a análise dos materiais (cartazes e portfólio) e trechos das avaliações críticas produzidas pelos estudantes. A Figura 1 sumariza o processo desenvolvido.

A etapa inicial representou um importante período de negociação de significados, no qual as regras implícitas de conduta, as responsabilidades dos parceiros e do professor na relação foram estabelecidas (Souza *et al.*, 2017). Em seguida, o professor orientou a discussão coletiva viabilizando o questionamento das concepções dos alunos, evidenciando suas contradições e as limitações do conhecimento sobre o assunto. Os estudantes, por exemplo, (re) contextualizaram as temáticas propostas pelos vídeos para sua própria realidade ao abordar a problemática do uso de agrotóxicos nos alimentos, como também os custos e a disponibilidade dos produtos orgânicos nos centros urbanos. A prática de queimada pré-colheita da lavoura de cana-de-açúcar e sua relação com a biota e a qualidade do solo também foram mencionadas, discutindo-se ainda a precarização do trabalho rural e sua substituição pela colheita mecanizada. A vinculação de ambos os assuntos com a saúde coletiva foi introduzida na mediação do professor. Os argumentos desenvolvidos exigiram um distanciamento crítico dos posicionamentos inicialmente assumidos pelos estudantes e pelo professor para perceber a necessidade de adquirir novos conhecimentos científicos indispensáveis à compreensão do fenômeno em estudo (Francisco Júnior *et al.*, 2008).

Esse processo deu início à observação e análise da realidade social na qual os indivíduos estão inseridos, buscando uma avaliação crítica e autorreflexiva desse mesmo contexto. Avaliamos que essas ações incentivam a postura ativa na identificação das questões importantes e problemáticas que

exigem a tomada de consciência para ação do indivíduo na sociedade (Berbel, 1998).

A etapa de teorização foi conduzida a partir do compartilhamento com o grupo de informações que se originaram no processo de busca ativa, síntese e análise dos recursos da internet realizadas pelos estudantes individualmente. Essa opção mostrou-se relevante, pois forneceu ao professor a oportunidade de orientar e conscientizar os estudantes sobre o bom uso da internet, uma vez que já é a principal fonte de pesquisa escolar. Além disso, a busca, seleção e validação de informações é apontada como uma das principais habilidades a ser desenvolvida atualmente (Gabriel, 2013). Foi nesse contexto que houve o contínuo processo de teste das hipóteses de soluções, elaborados a partir da reorientação e enriquecimento dos saberes produzidos na fase de teorização (Bessa *et al.*, 2017).

Alguns aspectos importantes desse processo merecem ser salientados. A explicitação e negociação das tarefas e fases da proposta ocorridas na primeira etapa causou certa inquietação e curiosidade nos estudantes. Diante de uma abordagem que exigiu postura ativa, os estudantes intervieram e discutiram durante todo o processo para o entendimento claro dos passos e dos objetivos da proposta. Foi um momento importante para que se obtivesse o engajamento dos estudantes na atuação responsável de construção do processo de aprendizagem. Ainda na primeira fase, a utilização do documentário e reportagem sobre o tema mostrou-se bastante efetiva para a ambientação da problemática e para a identificação dos alunos com as questões de interesse no projeto. Em especial, isso foi observado após assistirem à produção que abordava a degradação do solo gerada pela ampla exploração da monocultura da cana-de-açúcar, pois revelou-se um cenário cotidiano do espaço de vida dos alunos. A escolha desses instrumentos de ensino tornou-se, portanto,

Os argumentos desenvolvidos exigiram um distanciamento crítico dos posicionamentos inicialmente assumidos pelos estudantes e pelo professor para perceber a necessidade de adquirir novos conhecimentos científicos indispensáveis à compreensão do fenômeno em estudo (Francisco Júnior *et al.*, 2008).



Figura 1: Esquema da proposta de trabalho desenvolvida utilizando a metodologia da problematização com o Arco de Magueres (Adaptado de Colombo e Berbel, 2007)

um fator determinante para a motivação dos estudantes, para além da ilustração e reconhecimento dos problemas em questão. Entretanto, o tempo necessário para a realização da etapa de teorização foi consideravelmente superior ao inicialmente planejado.

A discussão após a apresentação da reportagem e do vídeo do documentário contou com a adesão de grande parte dos estudantes e exigiu a orientação do professor para que a temática dos solos fosse priorizada. Questões relevantes foram pautadas para encaminhar a discussão dos estudantes: Como você acha que o nosso solo foi formado? Quais constituintes químicos estão presentes no solo? Quais processos de degradação ou poluição do solo você conhece? Quais seriam as origens desses processos? Como é a atual ocupação do solo brasileiro? Quais seriam as formas adequadas para evitar ou reverter a degradação do solo? Portanto, além de atuar como um organizador do ensino, o vídeo permitiu o contato com os múltiplos discursos que são traduzidos pela linguagem do audiovisual, auxiliando a construção da competência de leitura crítica da realidade apresentada (Arroio e Giordan, 2006).

Após a etapa de levantamento de questões e discussão coletiva, os alunos sintetizaram os pontos-chave que direcionaram o desenvolvimento do trabalho. Esse levantamento foi feito oralmente e o professor sistematizou na lousa e em um *software* de geração de nuvem de palavras durante a discussão. As palavras e expressões mais citadas estão descritas na Figura 2.

Em contato com os vídeos e com as negociações resultantes da dinâmica do grupo, observamos que os alunos levantaram temáticas socialmente importantes no que diz respeito à degradação e poluição do solo, como a questão dos agrotóxicos, da gestão do lixo urbano e da produção industrial. Além disso, a temática mineração apareceu com alguma importância na fala dos alunos, provavelmente em decorrência dos desastres ambientais e sociais que o Brasil vivenciou recentemente. Alguns temas surpreenderam positivamente, como o interesse sobre a fertilidade dos solos e a sugestão de avaliar as relações das plantas modificadas geneticamente com o solo.

Esses aspectos retomam a questão sobre a importância do papel da organização do meio social educativo. Organização

que não foi apenas a de intermediação do contato ‘aluno – máquina’, mas sim a orientação no sentido do que apontava Vigotski (2007) como sendo a mediação pedagógica um processo de (re)significação do mundo. Segundo aquele autor, a utilização desses instrumentos “muda, fundamentalmente, todas as operações psicológicas, assim como o uso de instrumentos amplia de forma ilimitada a gama de atividades em cujo interior as novas funções psicológicas podem operar” (Vigotski, 2007, p. 56). Ou seja, as implicações do uso desses recursos artificiais transformam o modo como o sujeito irá se relacionar com o mundo a partir de novos recursos psicológicos. A significação acontece propositadamente, com atenção aos modos de construção de sentidos e significados, intermediados pela linguagem, pelos instrumentos (neste caso, a mídia) e imersos em um complexo processo de apropriação de conhecimentos.

O processo ativo de busca, seleção e socialização de informações que pautou a fase de teorização do AM pelos grupos mostrou-se desafiadora para o progresso da proposta. A pesquisa livre dos assuntos na internet inicialmente deparou-se com a falta de criticidade dos estudantes em utilizar *sites*, *blogues* e *wikis* para a coleta das informações relevantes, exigindo do professor um momento de orientação coletiva sobre a importância de confirmação das informações recebidas, além da necessidade de observar critérios de boas práticas na pesquisa e uso da internet. Ainda foi discutida a questão de autoria em *sites* e *blogues* pesquisados, a problemática sobre a utilização de recursos de construção coletiva do tipo *wikis* para recolha de informações, e a importância de eleger espaços institucionais que utilizam de domínios certificados como prioritários para a recolha de dados, entre outros. Observou-se, após essas orientações, uma importante mudança de postura dos estudantes em relação aos procedimentos de pesquisa na rede, em que a confiabilidade da informação encontrada e discutida entre os grupos passou a direcionar a atividade dos estudantes.

A modalidade de pesquisa livre vem sendo utilizada como recurso didático para ensino de química (Mazaro e Darroz, 2018; Volpe *et al.*, 2017) e representou nesta experiência uma forma de aproximar a atividade didática das práticas

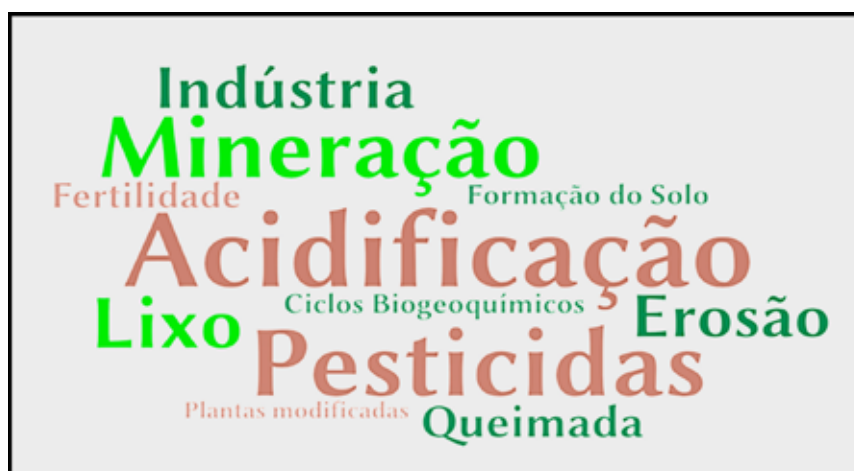


Figura 2: Nuvem de palavras com os pontos-chave discutidos pelos estudantes na etapa 2.

cotidianas de pesquisa normalmente realizadas pelos estudantes. A ausência de um conjunto de indicação de sites ou recursos pré-determinados para consulta, normalmente incluídas em propostas de ensino apoiadas pela internet, exigiu maior responsabilidade dos estudantes. Demandou também maior orientação e supervisão do professor para que os estudantes contemplassem o propósito pedagógico da atividade. Nesse contexto, avalia-se que a pesquisa livre incorporou benefícios das atividades didáticas apoiadas pela internet, como o aumento da motivação e interesse pelos assuntos trabalhados em aula (Moran, 1997), favorecendo o trabalho comunicativo dos alunos e a postura ativa e independente para a construção dos próprios conhecimentos.

Também evidenciamos que a etapa de levantamento de hipóteses de solução ocorreu de forma integrada às atividades de pesquisa e registro no portfólio de trabalho dos estudantes. Houve intensas interações e negociações de sentidos entre os integrantes do grupo, demandando diálogo e orientação contínua com o professor. Em muitos momentos, o intuito da comunicação com o professor centrava-se na tentativa de confirmar ou validar o conjunto de informações acessado, atitude que foi sendo gradativamente reduzida com a aprendizagem das boas práticas de pesquisa. Ao longo do processo de organização das informações encontradas e no diálogo com o docente, portanto, observamos redefinições contínuas das hipóteses inicialmente apresentadas, ressignificando os conhecimentos prévios e propiciando o encaminhamento para resolução autônoma dos problemas levantados (Bessa *et al.*, 2017).

A construção do portfólio pelos grupos foi a atividade de maior dificuldade apontada pelos estudantes. Em diversas ocasiões, o professor precisou retomar as informações que deveriam constar no portfólio, orientando as formas de construção possíveis, a preocupação com a questão ética de autoria e a profundidade com que as questões poderiam ser abordadas. A falta de um modelo a ser seguido foi apontado como um problema na construção desse instrumento. Esse fato denota, por outro lado, a dificuldade inicialmente enfrentada em abordagens que ensejam postura criativa e proativa no processo de aprendizagem. A avaliação dos portfólios construídos indicou que boa parte dos grupos alcançou resultado satisfatório ao pesquisar, discutir, compreender e fundamentar cientificamente os temas levantados como pontos-chave na primeira etapa. Ainda que um número expressivo de referências a materiais com baixa confiabilidade e problemas relativos à referência de conteúdos tenham estado presentes, em grande medida os alunos articularam satisfatoriamente os próprios saberes e os novos conhecimentos oriundos do processo de pesquisa ativa para a compreensão das problemáticas em estudo. Tais aspectos podem ser conferidos no estrato abaixo, retirado dos portfólios feitos pelos estudantes.

**A ausência de um conjunto de indicação de sites ou recursos pré-determinados para consulta normalmente incluídas em propostas de ensino apoiadas pela internet exigiu maior responsabilidade dos estudantes. Demandou também maior orientação e supervisão do professor para que os estudantes contemplassem o propósito pedagógico da atividade.**

**GRUPO E:** [Referindo-se à acidificação dos solos] - *“Uma das principais causas é a chuva ácida formada por óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre. Para evitar a formação da chuva ácida pode-se reduzir o uso de combustíveis fósseis. [Há outros fatores] que acidificam o solo como: fertilizantes nitrogenados que possuem amoniacais e ureia, responsáveis pela reação de com o solo.*

**GRUPO D:** [Referindo-se à questão de fertilidade do solo] - *“Para que a infertilidade seja evitada, o manejo correto e a aplicação de corretivos e adubos adequados às características do solo e às necessidades das culturas é essencial para a garantia de bons resultados”.*

**GRUPO B:** *“A forma de recuperar regiões desertificadas é promover uma arborização massiva das áreas que foram degradadas e realizar uma manutenção rigorosa”.*

Em relação à acidez do solo, os estudantes ressaltaram alguns fatores antrópicos responsáveis pela sua alteração. No entanto, é possível que os solos se apresentem naturalmente ácidos em função da baixa concentração de compostos básicos no material de sua origem, ou devido a outros processos que favoreçam a retirada de cátions básicos como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ . Como bem salientou o grupo, os processos de adubação com compostos amoniacais podem colaborar com a diminuição do pH do solo a partir de reações de nitrificação por micro-organismos:  $2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+$ . Desse modo, tais questões dizem respeito à acidez ativa do solo, ou seja, à atividade de  $H^+$  na solução do solo (Villar, 2007).

Esse movimento em direção à ressignificação dos saberes dos estudantes, agora em função do reconhecimento e da apropriação do conhecimento científico obtido, consiste numa importante contribuição do uso dos portfólios para a metodologia do AM. Possibilitou a explicitação do conhecimento do educando (Araújo, 2007), cuja construção envolve a mediação social do coletivo de aprendentes e a autoimplicação do indivíduo por meio da expressão da linguagem escrita que constitui “a relação dialética entre o inter e o intrapessoal” (Firme e Galiuzzi, 2014, p. 145).

Na etapa final da proposta, os grupos produziram uma campanha de conscientização sobre a problemática ‘poluição e degradação dos solos’ a partir da confecção e exposição de cartazes de orientação. Em conjunto com as atividades do portfólio, os estudantes atuaram no sentido de compreender e atuar no próprio meio social, articulando os saberes reformulados ao longo do processo de aprendizagem dos conteúdos de forma ativa e autônoma para uma ação reflexiva de tomada de decisão no meio social.

A atividade de conscientização mobilizou a atenção da comunidade escolar que interagiu com os estudantes tanto para reconhecer a importância da problemática discutida quanto para buscar compreender formas de atuar na



preservação do solo. Essa interação não representou apenas atividade pontual, mas perdurou durante algumas semanas com recorrentes relatos de professores e estudantes de outros cursos.

A depender da perspectiva adotada, é justificável o questionamento a respeito do potencial de transformação social proporcionado pelas ações de conscientização efetivadas no espaço escolar. Diante do alcance proporcionado pela atividade realizada, é possível até mesmo analisá-la como uma eventual limitação da abordagem pedagógica inspirada na metodologia de problematização com o AM. De fato, a construção de propostas metodológicas para a atividade didática requer, muitas vezes, ajustes, adaptações e novas apropriações para sua plena implementação. Assim, o formato de intervenção na realidade concreta utilizado nesta experiência reflete, em grande medida, o modo de atuação visualizado como viável e exequível na proposta de ação coletivamente negociada com o grupo. São justamente essas apropriações que fornecem a flexibilidade necessária para que as diferentes orientações metodológicas fundamentem ações capazes de abarcar a complexidade envolvida na dinâmica contextual realmente presente no ambiente escolar.

Além disso, observamos ressonância entre as formas de atuação na realidade concreta utilizada neste trabalho e em outros relatos inspirados na metodologia de problematização com o AM. O trabalho de Vieira e colaboradores (2018), por exemplo, traz essa mesma abordagem com atividades de conscientização para a última etapa do AM, remodelada como ‘compreensão, aplicação e reconstrução da realidade’.

Considerando a dialética subjacente à formação social do sujeito e sua relação com a realidade concreta, por outro lado, podemos compreender que as transformações produzidas pela atividade educacional crítica podem refletir nos modos pelos quais esses mesmos sujeitos compreendem e interagem com o meio social. São essas alterações temporalmente alongadas e sempre processuais dos sujeitos – mediadas pela cultura historicamente constituída e organizadas especificamente a partir da ação educacional – que contemplam o potencial transformador dos sujeitos e da realidade, materializado na ação cidadã da coletividade. Desse modo, foi com esta perspectiva que amparamos os resultados alcançados na pesquisa aqui relatada. Conforme acreditamos, a partir dessa abordagem promove-se a mobilização do “potencial social, político e ético dos alunos, que estudam cientificamente para agir politicamente, como cidadãos e profissionais em formação, como agentes sociais que participam da construção da história de seu tempo, mesmo que em pequena dimensão” (Berbel, 1998, p. 144-45).

Com relação à avaliação da proposta metodológica desenvolvida, reconhecemos certa diversidade de posições na percepção dos estudantes (Quadro 1).

Parte dos estudantes fizeram referência às potencialidades da abordagem com respeito à dinâmica da aprendizagem, ao modelo de pesquisa autônoma e autoguiada para a construção do próprio conhecimento. A atividade de pesquisa livre como recurso didático foi também salientada nos relatos dos estudantes, tanto em seus aspectos positivos quanto nas

Quadro 1: Exemplos de respostas obtidas no formulário *online* de avaliação da proposta didática com o AM.

Estudante	Avaliações Positivas
E04	“Acredito que a busca ativa me fez entender mais sobre o assunto, de um modo em que as minhas dúvidas foram tiradas especificamente no momento em que as tive por meio de pesquisa. A pesquisa permitiu buscar questões específicas que interessariam apenas a minha curiosidade e permitiu utilizar melhor o tempo da aula, realmente estudando durante o tempo de aula.”
E24	“Porque além de ser algo mais prático e fugir do tradicional, sinto uma certa autonomia para o estudante, quando aplicado corretamente e os esforços de ambos os lados (professor e alunos) são interessantes, deixando-o mais incentivado, motivado a buscar novas informações e estudá-las.”
E06	“Particularmente, ela foi mais eficaz no meu aprendizado. Quando o professor só fala não é tão bom pra mim já que eu gosto de entender e anotar o que aprendo e por slide não dá pra fazer isso. Sou uma pessoa que gosta muito de explicar o assunto e quando só o professor fala eu não tenho esse espaço.”
	<b>Avaliações Negativas</b>
E03	“A aula expositiva tem melhores resultados e eu a escolheria, pois não sou acostumado com um portfólio. É a primeira vez que fiz um trabalho desses.”
E22	“Eu escolheria as aulas tradicionais, pois acho que aprendo bem mais com o professor falando e escrevendo na lousa. Porém acho que não se deve descartar o método de busca ativa, ele deve ser utilizado, mas com menos frequência pois toma muito tempo.”
	<b>Posicionamentos Conciliatórios</b>
E12	“O mais eficiente é conciliar os dois, para mim aula expositiva em lousa é muito importante tanto quanto a metodologia de busca ativa. A mesma aula todos os dias não é a melhor escolha, pois as aulas se tornam monótonas, cansativas e desinteressantes para os alunos. Poderia até conciliar os dois na mesma aula, que seria muito legal.”
E17	“Preferiria uma mescla entre essas duas formas de ensino, pois gosto de ouvir o professor explicando a matéria e pedindo para os alunos sintetizarem o que entenderam sobre determinado assunto e, ao mesmo tempo, gosto de pesquisar sobre questões ambientais para aprender mais. As duas formas são eficientes se forem mescladas.”

lacunas evidenciadas com sua utilização. O Quadro 2 sumaria alguns excertos desse aspecto na avaliação da proposta recolhida pela plataforma do Google Drive.

Um número significativo de alunos, no entanto, acredita que a metodologia expositiva auxilia na forma de organização do estudo, facilitando a própria aprendizagem, enquanto outros indicaram o tempo necessário para executar as tarefas

Quadro 2: Relatos dos estudantes sobre o processo da pesquisa ativa como recurso didático.

Estudante	Relatos Produzidos
E8	[A pesquisa] incentiva que os grupos busquem de forma apropriada as informações coerentes com a questão a ser avaliada. O ponto forte é que os grupos buscam novas informações e as adquirem no decorrer da pesquisa. Com isso acabam obtendo mais conhecimentos. O ponto fraco é que muitas vezes o aluno apenas copia o que está na internet e não procura conhecer mais do assunto abordado. Muitas informações que estão na rede são falsas.
E20	Esse método de ensino é bem eficaz, pois faz com que pesquisemos a fundo sobre o tema específico. Cada aluno pesquisou coisas diferentes. As imagens e os textos fizeram com que aprendêssemos mais. O ponto fraco seria as muitas informações que [podem causar confusão].

e a baixa familiaridade com a construção de portfólio, por exemplo, como dificuldades na utilização da metodologia de ensino. De todo modo, os resultados da avaliação dos alunos sobre o AM na aprendizagem dos conceitos científicos superaram as expectativas, pois é sabido que há uma grande resistência inicial dos estudantes a práticas ativas de ensino (Leite e Soares, 2013). Observamos que na experiência desenvolvida, por outro lado, houve um comprometimento e engajamento dos alunos envolvidos ao longo das quatro etapas de trabalho. Mesmo entre os estudantes que avaliaram negativamente a proposta, alguns relataram as potencialidades da prática realizada e ressaltaram a importância de oferecer metodologias ativas para o ensino de química.

### Considerações finais

Experimentar metodologias de ensino que ofereçam aos estudantes oportunidades para contextualizar os conteúdos científicos e promover a significação desses conceitos para a ação consciente na realidade social é um processo latente e necessário no campo da educação química. Nesse sentido, a metodologia de problematização com AM, ainda que em vias de consolidação no ensino de química, pode ser compreendida como uma opção prática/metodológica viável para compor o rol de atividades do educador químico.

Entendemos que essa estratégia incentivou a leitura crítica da realidade dos estudantes, problematizando as questões de relevância social fundamentada no percurso dialógico e colaborativo orientado pela ação docente. Desse modo, oportunizou a (re)construção permanente de seus saberes com a apropriação dos conceitos científicos, constituindo a base para a tomada de decisão consciente nos mais variados âmbitos da vivência social.

Na experiência relatada, os recursos didáticos do portfólio na perspectiva formativa-avaliativa e da pesquisa livre na internet agregaram valor à proposta do AM ao fomentar

e viabilizar a postura ativa e responsável de pesquisa dos problemas levantados e de seus fundamentos científicos. Houve maior engajamento dos estudantes, incentivando a postura proativa na compreensão dos fenômenos. Além disso, observamos o desenvolvimento do trabalho colaborativo que exigiu a dialogicidade, a postura reflexiva e a negociação dos sentidos que constituem condição necessária para a construção e organização dos próprios saberes. Ao promover a autonomia e o senso de responsabilidade, a proposta permitiu respeitar o tempo de aprendizado dos estudantes, criando um ambiente de multiplicidade que agrega valor à compreensão da Química como construto social e histórico relevante para a atuação crítica em prol de uma sociedade mais justa e igualitária.

**Thiago Bernardo Cavassani** (thiagocavassani@yahoo.com.br), bacharel e mestre em Química pelo Instituto de Química da UNESP/Araraquara, licenciado em Química pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP- USP) e doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é professor do Instituto Federal de São Paulo (IFSP). São Paulo, SP – BR. **Joana de Jesus de Andrade** (joanaj@ffclrp.usp.br), licenciada em Ciências Naturais e em Biologia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, mestra em Educação nas Ciências pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, doutora e pós-doutora em Educação pela Universidade Estadual de Campinas. É docente do departamento de Química e do programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP. Ribeirão Preto, SP – BR. **Rosebelly Nunes Marques** (rosebelly.esalq@usp.br), bacharel, licenciada, mestra e doutora em Química pelo Instituto de Química da UNESP/Araraquara e doutora em Educação pela Faculdade de Ciências e Letras da Unesp/Araraquara. É professora do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP). Piracicaba, SP – BR.

### Referências

- ANDRADE, J. J. e SMOLKA, A. L. B. A construção do conhecimento em diferentes perspectivas: contribuições de um diálogo entre Bachelard e Vigotski. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 2, p. 245-268, 2009.
- ARAÚJO, E. S. O uso do portfólio reflexivo na perspectiva histórico-cultural. In: *Anais do XXX Reunião da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Educação (ANPED)*. Caxambu, MG, 2007.
- ARROIO, A.; HONÓRIO, K. M.; WEBER, K. C.; HOMEM-DE-MELLO, P.; GAMBARDILLA, M. T. P. e SILVA, A. B. F. O show da química: motivando o interesse científico. *Química Nova*, v. 29, n. 1, p. 173-178, 2006.
- ARROIO, A. e GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Química Nova na Escola*, v. 24, n. 1, p. 8-11, 2006.
- BERBEL, N. A. N. A metodologia da problematização em três versões no contexto da didática e da formação de professores. *Revista Diálogo Educacional*, v. 12, n. 35, p. 101-118, 2012.
- BERBEL, N. A. N. *A metodologia da problematização com o Arco de Magueres: uma reflexão teórico-epistemológica*. Londrina: EDUEL, 2016.
- BERBEL, N. A. N. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? *Interface*, v. 2, n. 2, p. 139-154, 1998.
- BESSA, S.; CASTRO, E. A. S. e GONÇALVES, J. R.

Metodologia da problematização no curso de pedagogia: um relato de experiência. *Revista Profissão Docente*, v. 17, n. 37, p. 102-114, 2017.

CHASSOT, A. I. *Para que(m) é útil o ensino?: alternativas para um ensino (de química) mais crítico*. Canoas: ULBRA, 1995.

COLOMBO, A. A. e BERBEL, N. A. N. A Metodologia da Problematização com o Arco de Maguerez e sua relação com os saberes de professores. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, v. 28, n. 2, p. 121-146, 2007.

FIRME, M. V. F. e GALIAZZI, M. C. A Aula Experimental Registrada em Portfólios Coletivos: A Formação Potencializada pela Integração entre Licenciandos e Professores da Escola Básica. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 2, p. 144-149, 2014.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; FERREIRA, L. H. e HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 30, p. 34-41, 2008.

GABRIEL, M. *Educar: a (r)evolução digital na educação*. São Paulo: Saraiva, 2013.

GARCIA, M. F.; LORENCINI JR., A. e ZOMPERO, A. F. Análise da metodologia da problematização utilizando temas da sexualidade: tendências e possibilidades. In: *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Florianópolis, SC, 2009.

GOMES, C. A.; MATHIAS, M. S.; BARBOSA, L. T. C.; RAMOS, C. N.; BARCELLOS, P. S.; HYGINO, C. B. e MARCELINO, V. S. Uso de metodologias problematizadoras em aulas de Química: uma proposta na formação inicial. *ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS*, v. 4, n. 1, p. 116-132, 2017.

KIMURA, R. K. e AMARAL, C. L. C. Aplicação da metodologia da problematização com o arco de Maguerez nas aulas experimentais de química. *Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino*, v. 4, n. 1, p. 127-149, 2020.

LEITE, V. C. e SOARES, M. H. F. B. Formação inicial de professores: concepções e resistências de estagiários em uma perspectiva problematizadora. In: *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Águas de Lindóia, SP, 2013.

MAGUEREZ, G. Prefácio. In: BERBEL, N. A. N. *A metodologia da problematização com o Arco de Maguerez: uma reflexão teórico-epistemológica*. Londrina: EDUEL, 2016.

MALDANER, O. A. *A formação inicial e continuada de professores de química*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2000.

MAZARO, S. e DARROZ, L. O ensino de termodinâmica a partir de pesquisas em ferramentas da internet. *Revista CIATEC-UPF*, v. 9, n. 2, p. 74-83, 2018.

MORAN, J. M. Como utilizar a Internet na educação. *Ciência da Informação*, v. 26, n. 2, 1997.

PRADO, M. L.; VELHO, M. B.; ESPÍNDOLA, D. S.; SOBRINHO, S. H. e BACKES, V. M. S. Arco de Charles Maguerez: refletindo estratégias de metodologia ativa na

formação de profissionais de saúde. *Escola Anna Nery*, v. 16, n. 1, p. 172-177, 2012.

SANTOS, P. E. N. e RIEHLA, C. A. S. Aplicação de uma sequência didática para o ensino médio na temática drogas através do arco de Maguerez para a desmistificação da ciência. *Revista Virtual de Química*, v. 13, n. 3, p. 836-844, 2021.

SANTOS, W. L. P. A Química e a formação para a cidadania. *Educación Química*, v. 22, n. 4, p. 300-305, 2011.

SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 1, n. 1, p. 27-31, 1995.

SILVA JUNIOR, J. N.; BARBOSA, F. G.; MAFEZOLI, J. e LIMA, M. A. S. Utilização do Arco de Maguerez Modificado como uma Metodologia Problematizadora na Síntese da p-Nitroacetanilida. *Revista Virtual de Química*, v. 6, n. 4, p. 978-988, 2014.

SOARES, A. B.; BOTEAGA, S. P. e BARIN, C. S. O Arco de Maguerez como proposta metodológica para o Ensino de Química: um panorama dos últimos dez anos. In: *Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)*, Florianópolis, SC, 2016.

SOUZA, L. O.; SIMÕES NETO, J. E. e LIMA, A. P. A. B. O contrato didático em aulas de energia no ensino da química e da física. *ACTIO: Docência em Ciências*, v. 2, n. 3, p. 4-20, 2017.

VIEIRA, M. A.; SOARES, J. P. P.; FIGUEIREDO, P. S. M.; SOUSA NETO, R. B.; SILVA, S. G.; AZEVEDO, B. T. Problematização a partir do arco de Maguerez: ciclo hidrológico e implicações sociais. In: MARCELINO, V. e SILVA, P. G. S. (Org.). *Metodologias para o ensino: teoria e exemplos de sequências didáticas*. Campos dos Goytacazes: Brasil Multicultural, 2018.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VILLAR, M. L. P. *Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação*. Série Documentos n. 35. Cuiabá: EMPAER-MT, 2007.

DELLA VOLPE, A. L.; CASTRO, F. P.; MIRANDA, M. C. R.; ROCHA, Q. G. S. e MARQUES, R. N. Química e arte para a eternidade: pinturas murais do Egito Antigo como proposta de Ensino de química valorizando a história da ciência. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 3657-3662, 2017.

WOLLMANN, E. M. *A temática atmosfera como ferramenta para o ensino de Química*. 2013. 157 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

### Para saber mais

BACK, B. T. e SILVEIRA, Z. M. Utilização da estratégia do arco de Maguerez na problematização dos conteúdos na disciplina de ciências do ensino fundamental II. *Revista Saberes Pedagógicos*, v. 5, n. 1, p. 39-52, 2021.

**Abstract:** *The Maguerez arch as an opportunity for problematizing and active learning in chemistry teaching.* This work discusses the possibility of using the problematizing methodology with the Maguerez Arch (AM) for contextualized and active learning of soil chemistry in a class of secondary level Chemistry technician course. The proposal was developed with the participation of 29 students in the discipline of Environmental Chemistry and Environmental Management, using active research on the Internet and the construction of a training/evaluative portfolio as teaching resources. The results indicate that the research activity encouraged students to be proactive in understanding chemical phenomena and in developing collaborative work that required dialogicity and a reflective posture in the reconstruction of their own knowledge. The proposal proved to be a viable option for creating moments of active learning in chemistry teaching, stimulating autonomy for the critical recognition of issues related to reality itself in the process of knowledge construction.

**Keywords:** active learning, Maguerez Arch, problematizing approach

# Teorias de aprendizagem no ensino de Química: uma revisão de literatura a partir de artigos da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc)

## Learning theories in Chemistry teaching: a literature review based on articles from the journal *Química Nova na Escola* (QNEsc)

Jéssica S. Gaudêncio, Rosemari M. F. Silveira, Nilcéia A. M. Pinheiro e Awdry F. Miquelin

152

**Resumo:** A QNEsc tem grande impacto no sistema educacional de Química, subsidiando o trabalho, a formação e a informação em relação ao que está sendo investigado no ensino de Química. Assim, este artigo tem como objetivo apresentar uma investigação sobre a presença de referenciais teóricos relacionados com teorias de aprendizagem nas edições da QNEsc, buscando traçar uma linha do tempo em relação ao uso e sustentação das práticas em ensino de Química apoiadas nas abordagens behaviorista, cognitivista e humanista. Os resultados revelam maiores ocorrências de trabalhos que englobam a ênfase cognitivista e humanista, com embasamento teórico e citações de autores como Vygotsky, Piaget, Ausubel, Bruner e Freire. Com o passar dos anos as tendências cognitivistas tiveram um aumento significativo, indicando certa preocupação no ensino de Química com a forma com que o estudante processa a informação que lhe é dada e como é obtida essa compreensão, buscando uma aprendizagem mais significativa do conhecimento.

**Palavras-chave:** teorias de aprendizagem, QNEsc, ensino de Química.

**Abstract:** QNEsc has a great impact on the Chemistry educational system in Brazil, subsidizing the work, training, and information regarding what is being investigated in the teaching of Chemistry. This article aims to present an investigation on the presence of theoretical references related to learning theories in QNEsc issues, and to draw a timeline on the use and support of chemistry teaching practices based on behaviorist, cognitive and humanistic approaches. Results reveal a greater occurrence of studies that include a cognitive and humanistic emphasis, with a theoretical basis and quotes from authors such as Vygotsky, Piaget, Ausubel, Bruner, and Freire. No occurrences were found for studies with a behaviorist approach. Over the years, cognitive trends have increased significantly, indicating a certain concern in Chemistry teaching with the way students process information provided to them and how knowledge is gained, seeking a more meaningful learning process.

**Keywords:** learning theories, QNEsc, chemistry teaching.

Jéssica da Silva Gaudêncio (jessigaudencio@hotmail.com), licenciada em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo e doutoranda em História das Ciências e Educação Científica na Universidade de Coimbra em acordo de cotutela com o Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, PR - BR. Rosemari Monteiro Foggiatto Silveira (castilho@utfpr.edu.br), bacharel em Farmácia e Bioquímica e licenciada em Educação Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), mestre em Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná e doutora em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente é docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, PR-BR. Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro (nilceia@utfpr.edu.br), licenciada em Matemática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, mestre em Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná e doutora em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente é docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, PR-BR. Awdry Feisser Miquelin (awdryfe@gmail.com), licenciado em Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, mestre em Educação pela Universidade Federal de Santa Maria e doutor em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina). Atualmente é docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, PR-BR.

Recebido em 14/07/2021, aceito em 08/03/2022

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 revista *Química Nova na Escola* (QNEsc) publica artigos com informações e atualizações científicas, históricas, conceitos científicos e relatos de experiência que focalizam a área de Química nos níveis fundamental, médio e superior, e que possam contribuir para o aprimoramento do trabalho docente e para o aprofundamento de discussões pertinentes da área. Além disso, contém artigos que apresentam profundidade teórico-metodológica que geram novas contribuições para o avanço da pesquisa em ensino de Química (QNEsc, 2020). A QNEsc surgiu em 1995, e desde então vem promovendo a divulgação de inúmeros artigos científicos voltados para alunos e professores da área de Química. Segundo Mortimer *et al.* (2015), o perfil dos profissionais que publicam na revista é de professores universitários na sua maioria, seguido de professores da educação básica e acadêmicos.

A escolha da QNEsc para este estudo se deve a sua grande importância para o ensino de Química no Brasil. A revista proporciona um ambiente de interações para a Química trabalhada na escola, que envolve tanto professores da rede básica de educação como a formação de professores em Universidades. Os conteúdos da prática escolar são explorados de diversas maneiras, bem diferente dos antigos projetos acerca da educação científica que se caracterizavam apenas em qualificar a Ciência escolar, inserindo noções de redescobertas e cientificidade (Pastoriza e Del Pino, 2017). Segundo Santos e Porto (2013), as investigações da QNEsc realizadas por pesquisadores da área Química contribuem significativamente para a formação docente, promovendo discussões sobre o processo de ensino e aprendizagem em Química, elaboração de políticas públicas e currículos, contribuindo, além disso, para inspirar a organização de revistas em outras áreas científicas, como no Ensino de Física, e no campo da Educação Química em outros países.

De acordo com Colén (2012), a QNEsc tem grande impacto no sistema educacional de Química, refletindo na ação em sala de aula, subsidiando o trabalho, a formação e a informação em relação ao que está sendo investigado no ensino de Química. Desse modo, a revista emerge como algo importante na legitimação da Educação Química, permitindo um marco nas discussões que permeiam o ensino da Química nas escolas e Universidades do país.

Por serem inquestionáveis as contribuições da revista para a comunidade científica, este trabalho tem como objetivo apresentar uma investigação sobre a presença de referenciais teóricos relacionados com teorias de aprendizagem nos artigos publicados na QNEsc, buscando traçar uma linha do tempo em relação ao uso e sustentação das práticas em ensino de Química apoiadas nas teorias de aprendizagem com abordagens behaviorista, cognitivista e humanista. Sendo assim, esta pesquisa tem como questão norteadora: como os enfoques teóricos influenciam o currículo e as escolhas sobre metodologias e estratégias que sustentam o processo de ensino-aprendizagem? Assim, pretende-se analisar qual o perfil dos referenciais teóricos das teorias de aprendizagem presente nos artigos da revista

*Química Nova na Escola* no decorrer dos anos, e quais enfoques teóricos são mais utilizados como sustentação nos processos de ensino e aprendizagem em Química. Para responder essas questões, analisou-se, com base na análise de conteúdo de Bardin (1977), alguns artigos da QNEsc que são voltados aos processos de ensino e aprendizagem, descartando-se artigos de áreas temáticas que abordam história da Ciência, informações em Química, conceitos Químicos e outros não ligados diretamente à ação docente.

## **Teorias de Aprendizagem: breve introdução das abordagens behaviorista, cognitivista e humanista**

Durante muitos anos, psicólogos buscaram encontrar tentativas de se prever o comportamento humano, e as teorias de aprendizagem, ou teorias comportamentais, são resultados dessas tentativas. Diversos modelos ou teorias foram, e ainda são, criadas na tentativa de se explicar o processo de aprendizagem pelos indivíduos. Muitas delas ainda exercem grande influência nas pesquisas contemporâneas, sendo presentes até hoje em trabalhos ou pesquisas acadêmicas com aplicações em salas de aula.

O behaviorismo (comportamentalismo) define o comportamento humano como resultado de influências dos estímulos do meio, excluindo o subjetivo e temas difíceis como a mente e o pensamento. Portanto, as teorias de aprendizagem que seguem essa orientação são envolvidas com ações como: objetivos, estímulos, respostas e recompensas, sendo os estímulos e as respostas os únicos aspectos a serem observados e que podem desenvolver a ciência do comportamento. As teorias que tratam a aprendizagem como conexões entre estímulos e respostas são chamadas Conexionistas, ou Teorias Estímulo-Resposta (E-R). John Broadus Watson (1878-1958) é considerado o criador do behaviorismo, que enfatiza comportamentos observáveis e rejeita a introspecção. Juntamente com Edwin Guthrie (1886-1959), Watson defendia a contiguidade, a ocorrência simultânea do estímulo e da resposta. Por outro lado, psicólogos como Edward Lee Thorndike (1874-1949) e Clark Hull (1884-1952) se caracterizaram como teóricos do reforço (R) como essencial para analisar a aprendizagem. Esses teóricos, ao lado do psicólogo Ivan Petrovich Pavlov (1849-1936), configuram-se como precursores do behaviorismo, interessados em descobrir e explicar as relações entre estímulos e respostas, porém sem se importarem com a natureza das conexões em si (Lefrançois, 2008).

O autor que teve maior influência nos processos de ensino e aprendizagem dentro da sala de aula nas décadas de 1960 e 1970 foi Burrhus Frederic Skinner (1904-1990). Para Skinner, o reforço (positivo) e as contingências de reforço têm grande influência na aprendizagem, favorecendo que o aprendiz dê a resposta desejada (a ser aprendida). Muitas terminologias definem o behaviorismo de Skinner na instrução, como: engenharia

de instrução, tecnologia educacional, enfoque sistêmico, entre outros. O Método Keller é um exemplo de aplicação da abordagem skinneriana: é um método de ensino orientado para o domínio do processo individual, com objetivo de prevalecer o ensino individualizado, baseado na instrução personalizada e na Teoria do Reforço Positivo (Moreira, 2011).

No seguimento das crenças behavioristas, surgiram outras teorias que partiram das ideias dos autores já citados, porém implementaram conceitos biológicos ou mentais em suas teorias, caracterizando uma transição para uma segunda linha maior de atuação e aplicação teórica chamada cognitivismo. Segundo Lefrançois (2008), os autores que se destacaram nessa transição foram: Robert Gagné (1916-2002), com os estudos sobre o processamento das informações, nos quais a aprendizagem pode ser observada quando ocorre uma mudança comportamental e na persistência desta mudança; Donald Hebb (1904-1985) e os estudos sobre o funcionamento neurobiológico; Edward Tolman (1886-1959), com as descrições de expectativas, objetivos e propósitos; Kurt Lewin (1890-1947) e a psicologia *Gestalt*, fundada e desenvolvida por Max Wertheimer (1880-1943), Wolfgang Köhler (1887-1967) e Kurt Koffka (1886-1941), centrada na percepção, na solução de problemas, na consciência e no *insight* (súbita percepção de relações entre elementos de uma situação problema), configurando uma rejeição ao behaviorismo, que se configura excessivamente mecanicista (Ostermann e Cavalcanti, 2011).

A partir dessa transição, desenvolve-se uma abordagem teórica da aprendizagem chamada cognitivismo, que envolve eventos intelectuais como processamento de informação, solução de problemas, tomada de decisão, pensamento e imaginação. As teorias cognitivas têm como objetivo principal fazer interferências úteis nos processos mentais, que intervêm entre *input* e *output* e sobre o que entendemos como significado. Os autores de maior influência que fazem parte dessa abordagem foram: Jerome Seymour Bruner (1915-2006), que descreve várias estratégias para a aquisição de conceitos e defendia métodos de ensino pela descoberta orientada; Jean William Fritz Piaget (1896-1980) que desenvolveu sua Teoria dos Estágios de Desenvolvimento, altamente influente e que estimulou muitas pesquisas, juntamente com os seus três conceitos-chave: assimilação, acomodação e equilíbrio; David Paul Ausubel (1918-2008) e a Teoria da Aprendizagem Significativa, que considera o conhecimento prévio do estudante, ou seja, algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, chamada de ideia âncora ou subsunçor; Gérard Vergnaud (1933) e a Teoria do Campo Conceitual, que visa um estudo do desenvolvimento e da aprendizagem das competências complexas, como as ciências e as técnicas; George Kelly (1905-1967) e a Psicologia dos Construtos Pessoais, organizada em um postulado fundamental que prediz que a aprendizagem de uma pessoa está psicologicamente ligada ao modo como ela antecipa os acontecimentos, sendo este postulado justificado por 11 corolários; Dixie Bob Gowin

(1925-2016) que propõe uma relação triádica entre aluno, professor e materiais didáticos, sendo o produto dessa relação o compartilhamento de significados; Joseph Novak (1932) com a Teoria de Educação, da qual a Teoria da Aprendizagem Significativa é parte integrante, parte da ideia de que a educação é o conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras), ou seja, a ideia de que qualquer evento educativo implica na ação para trocar significados e sentimentos entre o aluno e o professor, desenvolveu os Mapas Conceituais (diagramas que indicam relações entre conceitos ou entre palavras que são usadas para representar conceito) como possíveis estratégias facilitadoras da Aprendizagem Significativa e como instrumentos de avaliação; Philip N. Johnson-Laird (1936) com a Teoria dos Modelos Mentais, sugerindo que indivíduos raciocinam com modelos mentais, ou seja, com blocos de construção cognitivos que são construídos e destruídos de acordo com a necessidade; e Lev Vygotsky (1886-1934) e sua Teoria Cognitiva/Cultural que destaca a importância da cultura e da linguagem, e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que corresponde à diferença entre o que a criança pode realizar sozinha e o que ela pode realizar com a ajuda de outras pessoas mais competentes (Moreira, 2011; Ostermann e Cavalcanti, 2011).

Os artigos de Freitas (2000) e de Neves e Damiani (2006) consideram certa dificuldade no “enquadramento” da teoria de Vygotsky nessas três abordagens, pois seu estudo é sobre psicologia geral e desenvolvimento humano e não sobre o conhecimento. Portanto, não existe um consenso sobre o “enquadramento” da teoria vygotskyana, sendo diversas as denominações e classificações atribuídas ao pensamento do autor. Há quem o considere dentro da abordagem Humanista, já que é impossível deixar de reconhecer o caráter marxista que fundamenta as ideias de Vygotsky, que construiu uma psicologia baseada no materialismo histórico de Karl Marx e Friedrich Engels para explicar a formação da mente (Neves; Damiani, 2006). O método dialético materialista de Marx fundamenta a teoria vygotskyana, caracterizando uma importante ferramenta no processo de estabelecer um modelo científico para os estudos de fenômenos psíquicos, porém as traduções das obras de Vygotsky para a língua portuguesa feitas em plena Guerra Fria acabaram por suprimir a parte do materialismo dialético. Isso acabou por influenciar o entendimento de pesquisadores sobre as ideias originais do autor, limitando-se aos aspectos cognitivos. Desse modo, devido ao perfil dos resultados preliminares encontrados nos artigos analisados, para esta pesquisa considerou-se Vygotsky como representante da abordagem cognitivista.

A abordagem humanista é muito diferente das anteriores, pois não tem como objetivo o controle do comportamento nem o desenvolvimento cognitivo do aluno, mas sim o seu crescimento pessoal, considerando o aluno como pessoa e visando a aprendizagem pela pessoa inteira, englobando aprendizagens afetivas, cognitivas e psicomotoras. Alguns autores de destaque são: Carl Rogers (1902-1987), com sua abordagem centrada no

indivíduo; Henri Wallon (1879-1962), que integra em sua Teoria Psicogenética a afetividade e a inteligência; e Paulo Freire (1921-1997), com a educação problematizadora ou conscientizadora, o ensino por meio de temas geradores e a superação da relação opressor-oprimido; entre outros autores (Moreira, 2011).

Cada teoria que foi descrita de forma breve é amplamente complexa, e as nomenclaturas “behaviorista”, “cognitivista” e “humanista” são simplesmente para ordená-las de maneira a facilitar a compreensão das transições existentes entre as teorias. Muitos autores transladam entre as abordagens teóricas e utilizam ideias em comum, como, por exemplo, as teorias de Gowin e Novak, que se encontram em transição entre o cognitivismo e o humanismo. Sendo assim, nesta pesquisa esses autores foram categorizados na abordagem teórica cognitivista. O Quadro 1 a seguir apresenta uma síntese com o nome dos autores que são evidência dentro de cada abordagem teórica: behaviorista, cognitivista e humanista.

Quadro 1: Teorias de aprendizagem e seus autores mais influentes (Fonte: autoria própria)

Abordagem teórica	Autores/métodos
Comportamentalismo (Behaviorismo)	Watson; Guthrie; Hull; Hebb; Tolman; Thorndike; Skinner; Gagné; Lewin; Pavlov; Gestalt (Wertheimer; Kohler; Koffka); Método Keller
Cognitivismo	Kelly; Piaget; Vygotsky*; Bruner; Vergnaud; Ausubel; Johnson-Laird; Novak; Gowin
Humanismo	Rogers; Freire; Wallon

\*considerando as críticas já apresentadas.

A Química envolve conceitos amplamente abstratos, que exigem do aluno a capacidade de transladar entre os modos representacionais macroscópico (tangível), submicroscópico (invisível) e simbólico (matemático) que, de acordo com Johnstone (1982), correspondem aos três modos de representação do conhecimento químico. Johnstone (2010) estabelece que não há hierarquia implícita nesse modelo, e que o mesmo pode ser uma ferramenta útil para estimar como ocorre o armazenamento e o processamento das informações pelo estudante. Segundo o autor, a falta de compreensão dos conhecimentos químicos está relacionada com as sobrecargas na memória de trabalho do estudante. Se este recebe muitas informações, não terá espaço para processá-las, e o aprendido será comprometido. Assim, Johnstone (2010) sugere que se construa o conhecimento químico partindo do macroscópico, que é visual e familiar aos alunos, e gradativamente se desenvolvam os modos submicroscópico e simbólico, como forma de minimizar problemas com a sobrecarga de memória de trabalho do aluno.

Pesquisadores brasileiros, como Mortimer, Machado e Romanelli (2000), consideram fundamental a interrelação

entre os modos representacionais de Johnstone para o conhecimento químico e a sua abordagem em sala de aula. O ensino de Química necessita de metodologias educacionais voltadas para suprir as dificuldades de aprendizagens, possibilitando uma melhor relação entre os fenômenos e as teorias. Segundo Melo e Silva (2019), a experimentação pode ser utilizada no ensino de Química como uma via de aprendizagem mais significativa para os estudantes, mais especificamente, as atividades demonstrativo-investigativas desenvolvidas utilizando como aporte teórico os estudos de Johnstone.

Nessa perspectiva, é muito comum pesquisas (Silva Jr. e Pereira, 2016; Mininel *et al.*, 2017; Quadros *et al.*, 2015) se basearem em teorias interacionistas e construtivistas de aprendizagem. As teorias interacionistas admitem a construção do conhecimento em função da interação sujeito-objeto, dando igual importância aos fatores externos e internos, com interrelação contínua. Com isso, as teorias construtivistas consideram que o sujeito e o objeto não são estruturas separadas, ou seja, o sujeito não existe sem o objeto (meio), nem o objeto existe sem o sujeito. Essas teorias enfatizam que a aprendizagem é muito mais que simplesmente passar a informação para o indivíduo, mas dar a ele o papel central na construção do conhecimento. Assim, o processo de ensino e aprendizagem encoraja estudantes a desenvolverem a autonomia e o pensamento crítico. Por exemplo, a teoria de Piaget considera as tentativas de se buscar a construção e a mediação do conhecimento, apoiando-se em interações entre o organismo e o meio e na aquisição e associação desse conhecimento (Lefrançois, 2008). A teoria de Ausubel admite que a construção do conhecimento é resultado da interação entre a aprendizagem (nova informação) e os subsunçores na estrutura cognitiva do indivíduo. Já Vygotsky compreende que a construção do conhecimento ocorre do social para o individual (internalização de conhecimentos), privilegiando assim o ambiente social (Matui, 1995).

Diversas metodologias educacionais são apoiadas em teorias cognitivistas com objetivo de melhoria do processo de ensino e aprendizagem dos conceitos químicos, como, por exemplo, a Aprendizagem Significativa e Modelos Mentais, para tentar aprimorar hipóteses e diminuir concepções alternativas dos alunos. Além disso, o ensino de Química abre espaço para diversas abordagens e emprego de teorias humanistas, como questões que envolvem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), discussões e buscas por soluções em relação a problemas ambientais inseridos no contexto social da escola e da sociedade, apoiando-se na investigação e problematização de conteúdos, além de se poder trabalhar aspectos humanos, como a inclusão, os sentimentos, a reflexão, podendo basear-se no uso de referenciais teóricos com enfoque humanista.

## Metodologia

Este estudo é de abordagem qualitativa, do tipo revisão sistemática de literatura com levantamento bibliográfico com

dados secundários e método de análise de dados quantitativo. Para a análise, definiu-se seis etapas:

Etapa 1: Intenção de pesquisa. Como os enfoques teóricos das teorias de aprendizagem influenciam o currículo e as escolhas sobre metodologias e estratégias que sustentam o processo de ensino-aprendizagem?

Etapa 2: Levantamento de artigos. Dentre todos os volumes da revista, a QNEsc apresenta 14 áreas temáticas (sessões) apresentadas no Quadro 2, sendo algumas inseridas ao longo do período de existência da revista, como: “Educação em Química e Multimídia”, inserida em 1997; “Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID”, em 2012; a área temática “Pesquisa em Ensino de Química”, criada em 1995, passou a se chamar “Ensino de Química em Foco” em 2014; em 2015, teve início a sessão “Cadernos de Pesquisa”.

Quadro 2: Áreas temáticas da revista *Química Nova na Escola* (QNEsc) (Fonte: autoria própria)

Volume / Ano	Áreas Temáticas
Vol.1 / 1995	O Aluno em Foco Relatos em Sala de Aula Espaço Aberto Experimentação no Ensino da Química Química e Sociedade História da Química Conceitos Científicos em Destaque Atualidades em Química Pesquisa em Ensino de Química Elemento Químico
Vol. 06 / 1997	Educação em Química e Multimídia
Vol. 34 nº4 / 2012	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID
Vol. 36 nº2 / 2014	Ensino de Química em Foco
Vol. 37 nº especial 1 / 2015	Cadernos de Pesquisa

Utilizou-se como critério de seleção os artigos cujo tema tivesse alguma relação direta com o processo de ensino e aprendizagem, ou seja, artigos que constituem as seguintes áreas temáticas da revista: o aluno em foco; relatos em sala de aula; ensino de Química em foco (antiga área Pesquisa em ensino); educação em Química e multimídia; espaço aberto e programa institucional de bolsa de iniciação à docência – PIBID. Portanto, primeiramente realizou-se um levantamento de todos os artigos das áreas temáticas selecionadas, organizando-os em planilha.

Etapa 3: Definição e combinação das palavras-chaves, títulos e resumos. Para a busca de evidências foi necessário fazer a leitura flutuante das palavras-chave e títulos, com apoio de localizador de palavras para termos relacionados à pesquisa como: teoria da aprendizagem, nomes de teóricos

representativos, nome de teorias e métodos, enfoques teóricos e variáveis de interesse, apresentados no Quadro 3.

Etapa 4: Procedimentos de filtragem. Esta etapa corresponde à filtragem dos artigos, ou seja, à leitura prévia dos resumos. Em alguns casos foi necessário fazer a leitura do corpo do texto, devido à falta de informações essenciais nos resumos, como a adoção de alguma teoria de aprendizagem ou autores influentes no referencial teórico-metodológico adotado.

Etapa 5: Exclusão dos artigos; e Etapa 6: Refinamento. Algumas publicações pertencentes às áreas temáticas selecionadas foram descartadas por apresentarem discussões distintas dos objetivos deste trabalho, não compreendendo as variáveis de interesse pré-estabelecidas sobre a esfera das teorias de aprendizagem. Portanto, somente artigos que se apresentaram pertinentes continuaram no processo, ou seja, dos 389 artigos selecionados, 56 foram excluídos.

Concluída a leitura dos artigos, utilizou-se uma abordagem quanti-qualitativa para a análise dos resultados. Como procedimento metodológico de pré-análise, utilizou-se a análise de conteúdo de Bardin (1977) para organizar as categorias. A abordagem quantitativa permite avaliar as tendências encontradas, analisando a frequência de citações dos teóricos representantes das teorias de aprendizagem, e a abordagem qualitativa envolve descrições, análises de informações e compreensões dos assuntos de cada artigo em que se identificavam as variáveis de interesse pré-estabelecidas (Quadro 3) como critério de categorização.

Portanto, para a abordagem quanti-qualitativa, analisou-se os artigos com base no número de ocorrências das variáveis de interesse pré-determinadas, sendo que um artigo pode apresentar mais de uma variável. Após a leitura do texto e a partir da análise subjetiva, verificou-se o tipo de abordagem que predominou em cada artigo. Por razões éticas, os artigos analisados não serão identificados. Ressalta-se que, na primeira análise dos resumos e palavras-chave, alguns trabalhos não relacionavam o real conteúdo abordado; por exemplo, um trabalho trouxe como uma das palavras-chave “modelos mentais”, mas no texto não apresentou menção ou discussão sobre esse conceito. A seguir, os resultados serão apresentados separadamente nos três enfoques: behaviorista, cognitivista e humanista. Os gráficos apresentam a frequência de ocorrências ano a ano, sendo que o total (100%) é o somatório de todos os anos para cada enfoque abordado.

## Resultados e Discussões

A revista QNEsc tem, desde 1995 até o ano de 2019, 41 volumes de revistas, contando atualmente com 4 edições por ano, apresentando aproximadamente 74 números. Separou-se, dentro das 6 áreas temáticas selecionadas, 389 artigos extraídos dos 41 volumes publicados, dos quais 333 foram analisados. Portanto, analisou-se os artigos com base na frequência de autores das teorias de aprendizagem, sendo que um artigo pode apresentar mais



Quadro 3: Síntese das ideias principais e variáveis de interesse (Fonte: adaptado de Lefrançois, 2008, p. 24; Moreira, 2011, p. 18).

Enfoques Teóricos	Características	Variáveis de interesse	Teóricos Representativos	Teorias/métodos
Behaviorismo	Ênfase em comportamentos observáveis  <i>Ideia-chave: o comportamento é controlado por suas consequências</i>	Estímulos Respostas Reforçamento Punição Condicionamento	Thorndike Pavlov Guthrie Watson Skinner Hull	Teorias Conexionistas Estímulo-Resposta (E-R) Teoria do Reforço Positivo
Início do cognitivismo moderno	A transição entre o comportamentalismo e o cognitivismo	Psicologia Evolucionista Sociobiologia Estímulos Respostas Reforçamento Propósito Objetivos Expectativa Representação Recompensa Funcionamento neurológico Instrução personalizada	Lewin Hebb Gagné Tolman Método Keller  Koffka } Gestalt Köhler } Wertheimer	Método Keller Processamento da Informação Funcionamento Neurobiológico Psicologia Gestalt
Teorias cognitivistas	Ênfase na cognição  <i>Ideia-chave: construtivismo, o conhecimento é construído</i>	Aprendizagem significativa Modelagem Assimilação Motivação Organização Memória Autoconsciência Contexto Social Processamento da Informação Tomada de decisão Mapa Conceitual Percepção Atenção Mediação Linguagem Modelos mentais Cultura	Bruner Piaget Vygotsky Kelly Ausubel Vergnaud Johnson-Lair Novak Gowin	Teoria dos Estágios de Desenvolvimento Teoria da Aprendizagem Significativa Teoria do Campo Conceitual Psicologia dos Construtos Pessoais Teoria da Educação Teoria dos Modelos Mentais Teoria Cognitiva/Cultural
Humanismo	Ênfase na pessoa; ensino centrado no aluno; crescimento pessoal; aprender a aprender  <i>Ideia-chave: Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados</i>	Afetividade Abordagem temática (temas geradores) Problematização Investigação Inclusão Crítico (pensamento crítico)	Freire Rogers Wallon	Teoria Psicogenética Abordagem centrada no Indivíduo Educação problematizadora ou conscientizadora

de um autor. Os resultados são apresentados na Figura 1, na qual estão identificados somente os autores que foram referenciados

nos artigos, ou seja, menção aos nomes dos teóricos ao longo de todo o artigo, tanto no corpo do texto quanto nas referências.

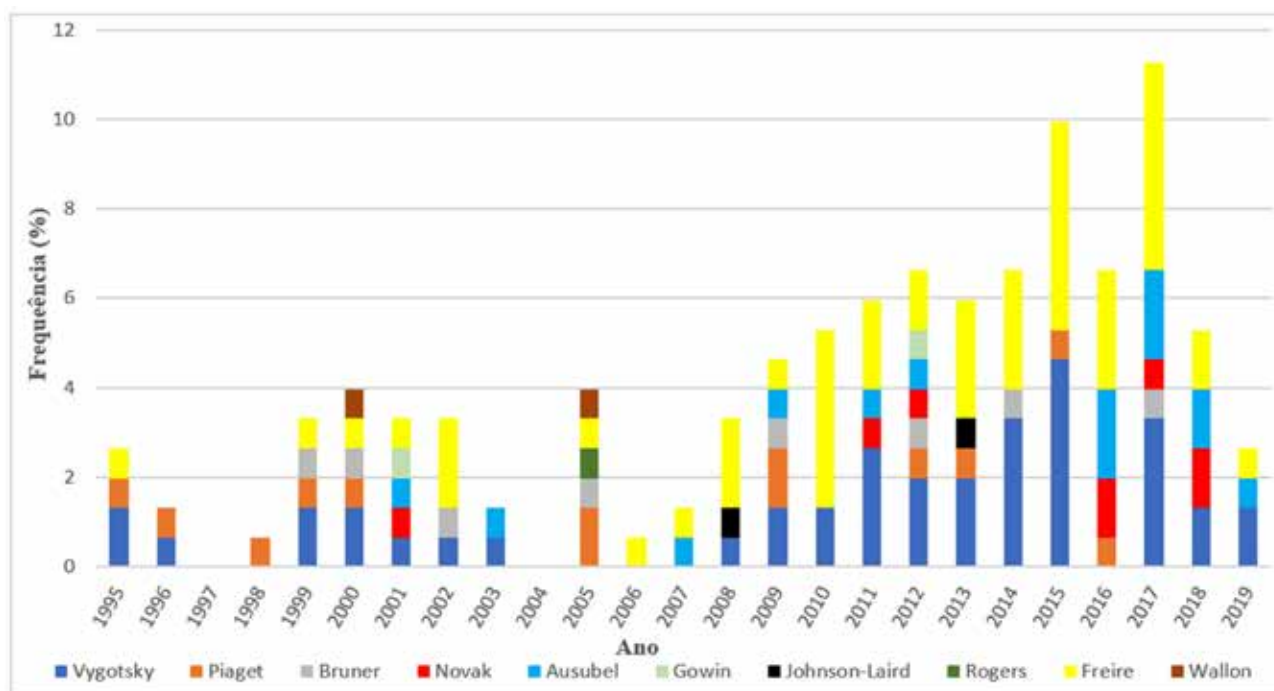


Figura 1: Resultados encontrados para a presença de autores de teorias de aprendizagem.

No total, encontrou-se 151 citações de autores referenciados, indicando um aumento significativo com o passar dos anos. Percebe-se que, dentro da indicação de artigos selecionados, não houve o referencial de autores e métodos pertencentes ao behaviorismo previamente identificados nessa pesquisa, como Watson; Guthrie; Hull; Hebb; Tolman; Thorndike; Skinner; Gagné; Lewin; Pavlov; Gestalt (Wertheimer; Kohler; Koffka) e Método Keller (Quadro 3).

Em relação aos demais resultados, observou-se que, das teorias com abordagem cognitivistas, Vygotsky possui maior frequência (30,46%), seguido de trabalhos que utilizam a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (9,93%). Piaget (8,60%), Bruner (5,29%) e Novak (5,29%) foram referenciados com menores frequências, e poucos trabalhos citaram Gowin e Johnson-Laird, ambos com 1,32%. Os autores Kelly e Vergnaud não obtiveram ocorrências.

Em relação à abordagem humanista, nos 25 anos de revista, Paulo Freire não foi citado como referência em apenas 5 anos (1996, 1997, 1998, 2003 e 2004), indicando grande influência no processo de ensino e aprendizagem em Química, com 35,76% de frequência total. O psicólogo Wallon foi referenciado em dois artigos (1,32%) e Rogers em apenas um (0,66%). Sendo assim, nota-se a forte utilização da abordagem cognitiva e o apoio referencial de Freire nas pesquisas analisadas, indicando que, com o passar dos anos, principalmente a partir de 2008, houve um aumento de trabalhos em que se procurou apoio em referenciais de teorias de aprendizagem.

Muitos artigos abordam as teorias desses autores, porém não os citam nas referências bibliográficas, mas referenciam outras fontes que abordam e repercutem essas teorias. Assim, muitos trabalhos são baseados e apoiados nas diversas

teorias de aprendizagem, como, por exemplo, a Aprendizagem Significativa ou Modelos Mentais, contudo, não usam o referencial teórico de origem. Por esse motivo, nos demais resultados a seguir, muitas variáveis de interesse são identificadas nos artigos, porém não acompanhadas de citações dos nomes dos teóricos responsáveis. Por exemplo, um artigo pode abordar a Teoria da Aprendizagem Significativa ou utilizar Mapas Conceituais em sua metodologia e utilizar o referencial do professor Marco Antônio Moreira (2011), responsável pela grande difusão dessas teorias no Brasil, sem citar diretamente os autores Ausubel ou Novak.

### Enfoque behaviorista

Para a análise das variáveis de interesse behaviorista, embora não tenha sido encontrado referencial teórico para essa abordagem, encontrou-se os resultados apresentados na Figura 2.

Os gráficos contêm apenas as variáveis que de fato aparecem nos artigos. Sendo assim, variáveis como punição, estímulo, resposta, recompensa, condicionamento, reforçamento, psicologia evolucionista, sociobiologia, funcionamento neurológico e instrução personalizada, que são fortemente atribuídas na abordagem behaviorista, não foram encontrados nos trabalhos, apresentando zero ocorrências. As variáveis “propósito”, “objetivo” e expectativa” tiveram apenas uma ocorrência, sendo que, das 65 ocorrências totais, 62 (95,38%) apresentaram a variável “representação”, característica da transição da abordagem behaviorista para a cognitivista. A representação na aprendizagem é muito importante, principalmente a representação simbólica, como a linguagem, que se torna essencial para o raciocínio sistemático, ainda mais nos processos de ensino e

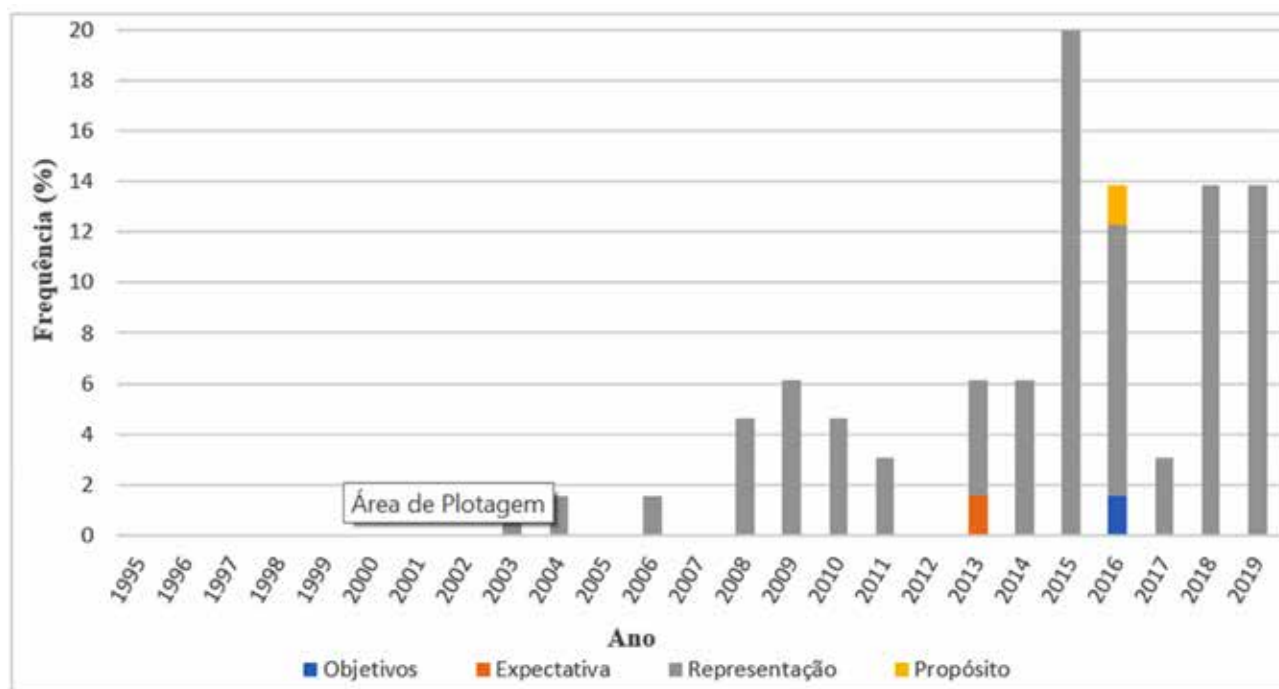


Figura 2: Resultados das variáveis de interesse para a abordagem behaviorista e sua transição para o cognitivismo.

aprendizagem das Ciências, e aqui em especial no ensino de Química (Moreira, 2011).

### Enfoque cognitivista

As Figuras 3(a) e 3(b) apresentam os resultados das variáveis de interesse para a abordagem cognitiva.

Uma das características fundamentais das teorias cognitivas é explicar os processos mentais superiores (processamento da informação, percepção, tomada de decisão e conhecimento). Cabe destacar que as variáveis com maiores ocorrências foram “processamento da informação” (13,95%), “percepção” (11,76%), “linguagem” (10,72%), “organização” (9,80%) e “tomada de decisão” (8,76%), que juntas somam 55% de frequência em relação às demais variáveis para a análise cognitivista. O processamento da informação é dominante nas abordagens cognitivas e refere-se ao modo como a informação de entrada (*input*) é modificada ou alterada, resultando em conhecimento, percepção ou comportamento. Isto permite ao observador (neste caso, o professor) determinar como o aluno atua, fundamenta o pensamento, a resolução de problemas ou até mesmo garante a memorização de conceitos (Lefrançois, 2008).

Em seguida, as variáveis “atenção” (8,30%), “motivação” (7,26%), “cultura” (6,80%), “memória” (6,24%), “autoconsciência” (5,76%) e “contexto social” (3,34%) aparecem com certa frequência. A memória e a motivação são fatores essencialmente ligados ao comportamento humano, pois estudar a memória é uma maneira de se estudar a aprendizagem, e a motivação aborda causas e razões do comportamento, que também definem a aprendizagem. Os artigos que trazem a motivação como ponto a ser avaliado ou discutido em sua maioria tratam

de metodologias empregadas com o objetivo concreto de estabelecer um processo de ensino e aprendizagem em Química que gere motivação nos alunos, sendo atividades que transformam o aluno de mero espectador a agente integrante desse processo. Na maior parte dos trabalhos envolvendo “cultura”, “linguagem” e “contexto social”, o referencial de Vygotsky é mais utilizado como base teórica, pois esse autor dá grande relevância ao papel da cultura e da linguagem. A interação cultural é o que possibilita todos os processos mentais superiores, que Vygotsky (2004) denomina funções psicológicas superiores – as quais passam de naturais a culturais quando mediadas.

Dentro dos 30,46% de frequência para artigos que citam Vygotsky, mais da metade (57%) é apoiada nos aportes teóricos do autor sobre a construção social do conhecimento e o desenvolvimento conceitual científico (construção de significados) para se trabalhar a compreensão dos conceitos químicos, sendo mais referenciado o livro *Pensamento e linguagem* (1993), que aborda as funções psicológicas superiores/capacidades mentais superiores. Nota-se assim, que o uso dos referenciais de Vygotsky nos artigos é voltado para abordagens que convergem para o cognitivismo, com foco no desenvolvimento cognitivo do aluno por meio de relações sociais (com outros indivíduos e com o meio).

Em outros artigos (11%), as obras desse autor são utilizadas como base teórica para trabalhos que envolvem os jogos didáticos e jogos teatrais, apoiados no capítulo “O papel do brinquedo no desenvolvimento” do livro *A formação social da mente* (1991). Há artigos que abordam a mediação (13%), e artigos que tratam do processo de ensino e aprendizagem de crianças com deficiências, em que se utiliza o referencial de defectologia do autor (5%).

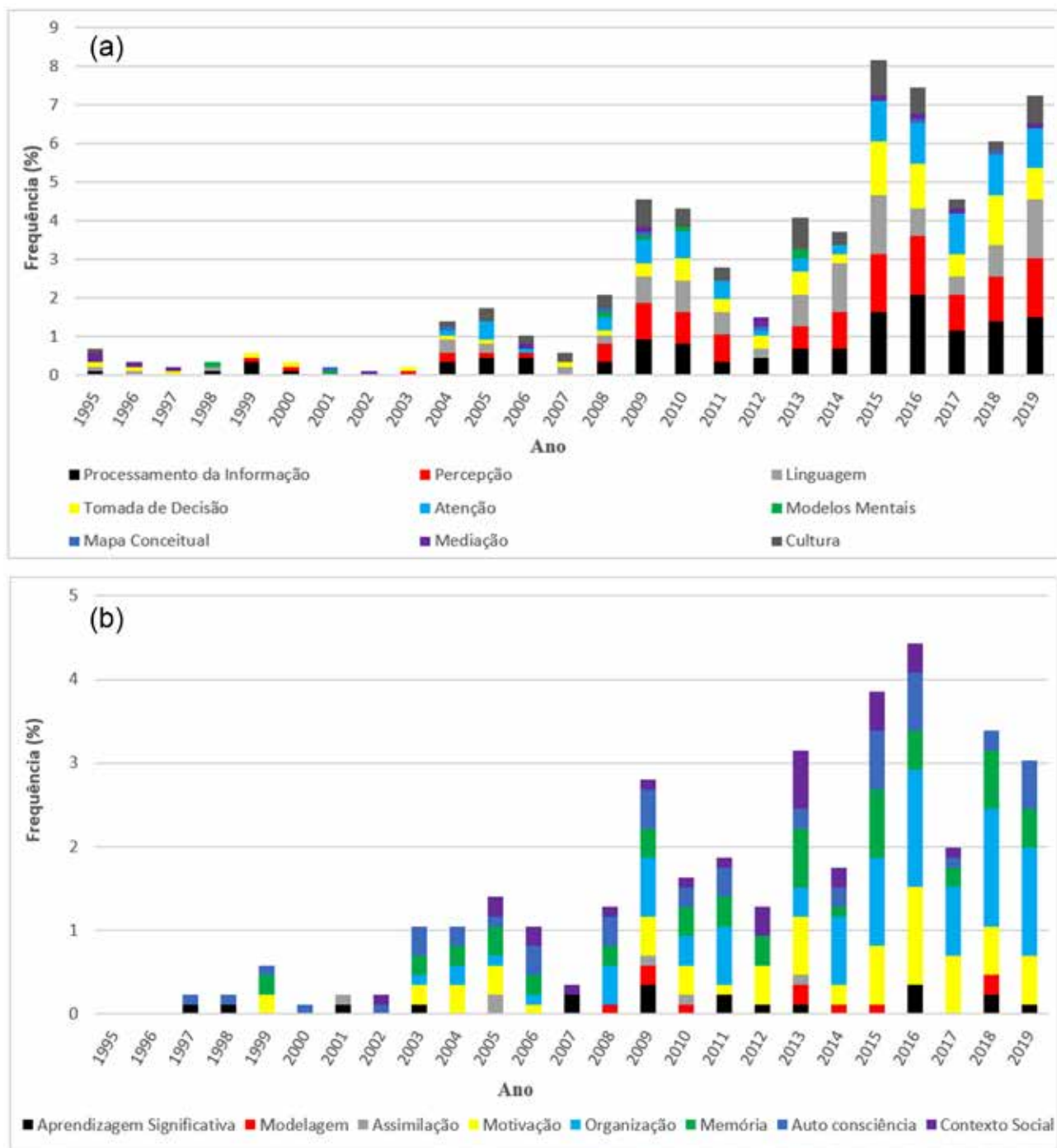


Figura 3: (a) Resultados para as variáveis de interesse da abordagem cognitiva. (b) Resultados para as variáveis de interesse da abordagem cognitiva (continuação)

Desse modo, e de forma geral, observa-se que muitos trabalhos que se apoiam na teoria vygotskyana suprimem o caráter marxista de suas obras. Segundo Santa e Baróni (2014, p. 2) “Vygotsky não foi um teórico do marxismo, mas um pensador marxista”, que utilizou o materialismo histórico-dialético como uma importante ferramenta para estabelecer um método científico de estudo dos fenômenos psíquicos. Duarte (2000a) faz uma crítica às traduções ocidentais das obras de Vygotsky, em que identificou estratégias discursivas de incorporação do pensamento vygotskyano pelos intérpretes, além de as primeiras

traduções dos textos estarem resumidas ou censuradas. Trata-se, portanto, de uma teoria que sofreu intervenções históricas, permitindo uma série de deturpações das ideias originais e, assim, foi utilizada de forma equivocada por diferentes pesquisadores até hoje.

Portanto, resgatar o caráter marxista da obra de Vygotsky parece ser essencial para que se possa compreender suas perspectivas como um todo. Fazer a leitura de suas obras com exclusões dos aportes marxistas é ignorar a profunda preocupação com a realização plena do ser humano (Santa; Baróni, 2014).



Em relação às altas frequências das variáveis de interesse, uma das razões é identificada pela presença de artigos que trabalham com a temática ambiental, principalmente problemas ambientais, que exigem dos alunos resoluções de problemas, tomadas de decisões, autoconsciência e percepção. As variáveis “mediação” (1,49%), “modelos mentais” (0,80%), “aprendizagem significativa” (2,19%), “modelagem” (1,15%), “assimilação” (0,69%) e “mapas conceituais” (0,80%) obtiveram as menores ocorrências, totalizando 7% de frequência.

A maioria dos artigos que abordaram a variável “mediação” estava relacionada à formação continuada de professores de Química e a projetos pautados no diálogo docente como ferramenta para favorecimento da autonomia do aluno. Os trabalhos com modelos mentais, em geral, estão relacionados diretamente com as dificuldades de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, nos quais são analisados os modelos mentais elaborados pelos estudantes. A modelagem é normalmente utilizada como estratégia para o ensino de conteúdos específicos, como modelos atômicos, ligação iônica e polímeros.

A assimilação é, na maior parte, utilizada em trabalhos que abordam o desenvolvimento de atividades lúdicas e experimentação. Os mapas conceituais (diagramas que indicam relações entre conceitos) são utilizados como recurso na avaliação da aprendizagem. A categoria “aprendizagem significativa” reúne pesquisas que abordam estratégias de ensino que buscam a melhor compreensão do aluno sobre determinados conteúdos, como tabela periódica, cinética e eletroquímica, a partir da observação e análise do processo de ensino e aprendizagem proposto.

### Enfoque humanista

A Figura 4 apresenta os resultados para as variáveis de interesse da abordagem humanista.

Os dados revelados na Figura 4 indicam o grande uso da “problematização” no ensino de Química com o passar dos anos, principalmente a partir de 2005, com um aumento significativo de artigos a partir de 2009 e somando 61,08% das ocorrências totais. A “investigação” obteve 14,93% das ocorrências para esta abordagem, sendo muito usada em atividades de experimentação, normalmente acompanhada pela problematização, resolução de problemas, tomada de decisões e autoconsciência. Muitos desses trabalhos utilizaram como base teórica Paulo Freire, que defende a educação dialógica, problematizadora, em que a criticidade se torna fundamental para a libertação, sendo o diálogo imprescindível (Moreira, 2011).

A categoria “afetividade” obteve apenas uma ocorrência. O artigo que versa sobre a afetividade é um trabalho de reflexão sobre o uso do lúdico (jogos) por licenciandos no ensino de Química, indicando que a afetividade e a subjetividade em atividades acadêmicas podem ajudar na formação profissional e nas relações de ensino e aprendizagem em sala de aula, uma vez que a própria epistemologia das áreas científicas acaba por esquecer aspectos de humanização. A frequência do emprego de “temas geradores” ou abordagem temática foi de 8,59%. Pesquisas que trabalham com oficinas, mostras e experimentação costumam partir de temas e palavras geradoras para uma investigação temática (Centa e Muenches, 2016). Paulo Freire foi o educador que revolucionou a prática de investigação por temas geradores no ano de 1961, voltado para a estratégia de alfabetização de adultos, em que o processo de ensino era apoiado nos temas e, a partir de sua discussão, eram definidos os conteúdos a serem trabalhados pelos estudantes (Costa e Pinheiro, 2013). Assim sendo, a maioria dos trabalhos analisados que apresentaram a variável “temas geradores” trouxe em seu referencial Paulo Freire como apoio teórico, citando sua teoria, seus princípios e ideias em relação ao universo temático.

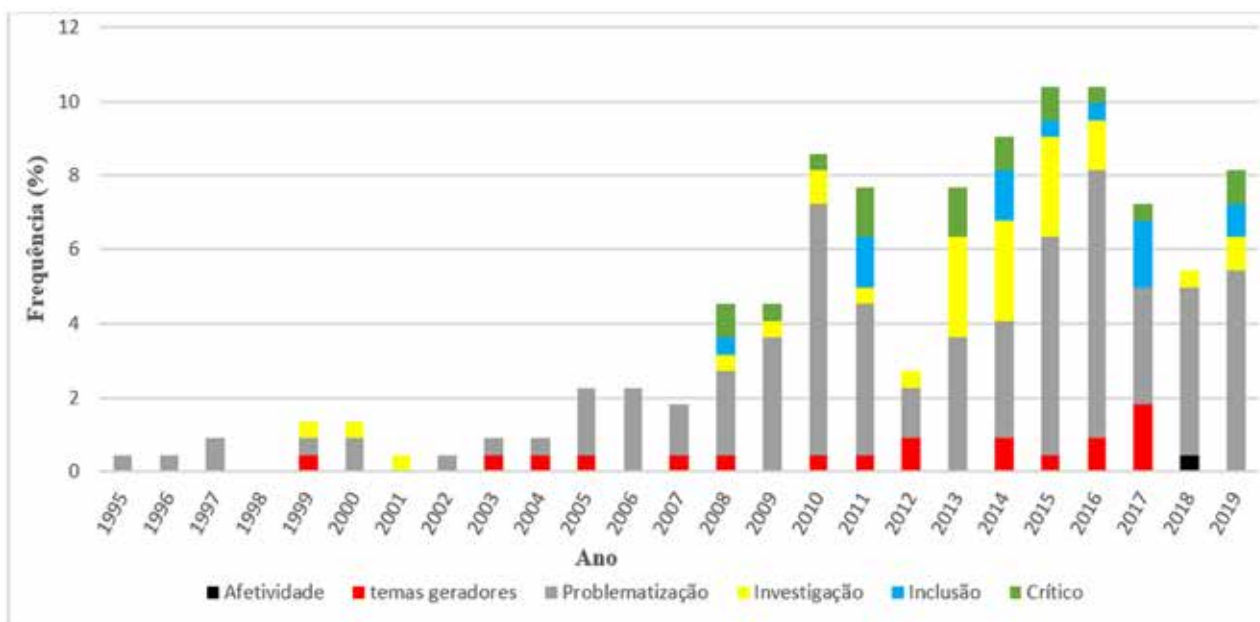


Figura 4: Resultados para as variáveis de interesse da abordagem humanista.

A categoria “crítico” representa o enfoque “pensamento crítico”, apresentando 8,14% de frequência. Percebe-se que o número de ocorrências para esta variável de interesse teve um aumento significativo a partir de 2008, não apresentando ocorrências nos anos anteriores. Já a categoria “inclusão” obteve frequência de 6,78% no geral, tratando de artigos que abordam o ensino de química voltado para alunos com necessidades especiais, desenvolvimento de projetos sobre educação especial e inclusiva, reflexões e apontamentos sobre a utilização de sinais referente às terminologias químicas na Língua Brasileira de Sinais (Libras), uso da tecnologia assistiva (processos que promovem assistência e reabilitação para pessoas com deficiência) como ferramenta de ensino, o ensino de química para deficientes visuais (DV) e adaptações para aulas experimentais.

### Teorias de aprendizagem e o Ensino de Química

Ao buscar responder às questões norteadoras deste trabalho, observou-se algumas características nas publicações selecionadas da QNEsc. Ao analisar os 333 artigos selecionados nos 41 volumes da revista, identificou-se outras questões fortemente presentes nos trabalhos. Basear-se em teorias de aprendizagem focadas na memorização, ou mecanismos de estímulo-resposta, em que o conteúdo é decorado ou é superficialmente memorizado apenas para “passar de ano” não são enfatizados pelos artigos. Pelo contrário, a Figura 5 mostra que, nos 25 anos da revista, os interesses foram dirigidos aos mais variados temas, dos quais destacam-se: o ensino interdisciplinar, a contextualização, relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) em processos de ensino e aprendizagem, problematização ambiental, identificação de concepções alternativas de alunos e proposição de modelos de ensino que as levem em

consideração, uso de simulações e modelos computacionais, emprego de Leis (Lei 10639/03; Lei 11645/08; Lei 10436/02/ Art.30) para a abordagem de temas como racismo e inclusão.

Para cada abordagem teórica apresentou-se uma interpretação das observações realizadas diante dos resultados. Assim, sugere-se que a abordagem cognitivista está presente na maioria dos trabalhos envolvendo o ensino de Química em sala de aula. Há uma necessidade de se desenvolver metodologias voltadas para uma aprendizagem mais efetiva do aluno em relação aos conceitos abstratos, como é o caso do ensino de Ciências, buscando compreender as estruturas cognitivas dos alunos e adequando as reais necessidades do saber químico (Siqueira, 2011).

Dentro das áreas temáticas escolhidas, além de trabalhos diretamente relacionados com a sala de aula e relatos de sala de aula, a QNEsc apresenta artigos com temas e abordagens diferenciadas, como análise de materiais didáticos; papel das novas tecnologias de comunicação; concepções epistemológicas de professores; questões curriculares; avaliação e propostas para uma formação docente mais adequada. A pertinência desses temas de investigação auxilia na prática dos docentes de Química, e reforçam a necessidade de se fazer a pesquisa educacional para a transformação da essência da realidade social que experimentamos, ou seja, a busca de coerências entre os suportes teóricos que nos são apresentados e nos orientam e a prática social que realizamos (Triviños, 1987).

Assim, variáveis como “contextualização” (29, 78%) e “interdisciplinaridade” (20, 56%) obtiveram as maiores ocorrências. Artigos com assunto relacionado a questões “ambientais” representam 19,14%, e “CTS”, 9,92%. O uso de computadores teve 12,76% de frequência, presente em artigos que abordavam o uso de hipermídias, simulações computacionais, softwares e

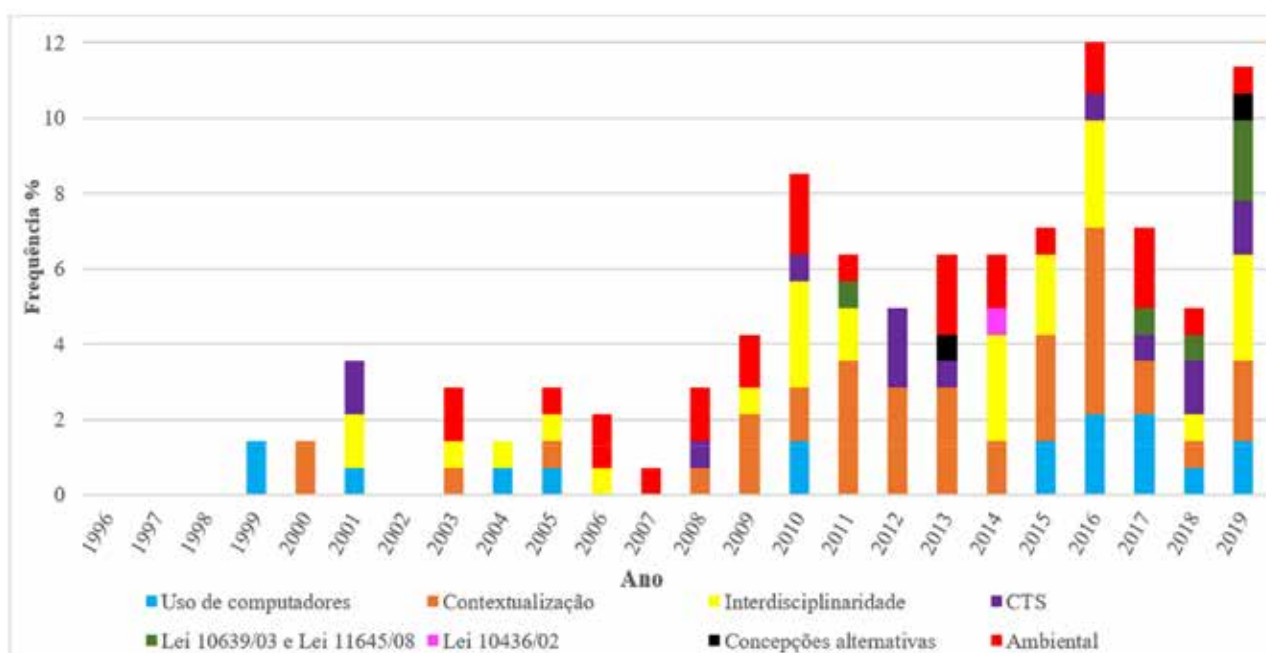


Figura 5: Demais temas que tiveram destaque na QNEsc.

sítios educacionais como instrumentos facilitadores do ensino de conteúdos químicos. A variável “concepções alternativas” apresentou frequência de 2,83%, tratando de artigos que, em sua maioria, representam estudos que discutem e identificam concepções alternativas de estudantes sobre fenômenos químicos.

Os artigos que englobam a Lei 10639/03 e a Lei 10645/08 tiveram 4,25% de frequência e envolvem pesquisas sobre a obrigatoriedade do ensino de história e cultura afrobrasileira e indígena nas escolas, e que, na disciplina de química, acaba sendo negligenciada. São artigos que mostram propostas de metodologias que envolvem etnoconhecimento ou reforço sobre a necessidade de se desenvolver a temática em sala de aula. Sobre a Lei 10436/02 (0,70%), que trata da obrigatoriedade da língua de sinais (Libras) como disciplina curricular nos cursos de formação de professores, os trabalhos abordam o argumento de que, apesar da existência de Lei e de Decreto, as pessoas surdas enfrentam obstáculos relacionados às atividades educacionais, especialmente no âmbito formal.

Segundo Schnetzler (2004), desde os anos 1990, pesquisadores das áreas de ensino passaram a adotar posições epistemológicas mais racionalistas, com investigações que incorporam a dimensão sociointeracionista à análise do processo de ensino e aprendizagem. Isso pode ser observado nos resultados encontrados para a abordagem humanista e na grande influência das obras de Paulo Freire como norteador de processos de ensino. Nota-se, diante dos resultados apresentados, que, ao longo dos anos, as pesquisas no ensino de Química buscaram o afastamento das atividades que focalizam a memorização, o ensino mecanizado e a fragmentação, mostrando a necessidade de superação desse ensino, algo ainda recorrente nos dias de hoje em currículos do ensino básico escolar. Os trabalhos analisados repudiam a memorização, que na área de Química é muito comum ocorrer para repetição e associação de nomes, definições e fórmulas.

Trabalhos que antigamente se baseavam em teorias behavioristas que sustentavam essa pedagogia pautada na memória e no reforço tinham como intuito obter os comportamentos almejados, apresentando o reforço como confirmação da resposta e o uso de punições e prêmios com objetivo de promover o controle do comportamento do estudante (Vasconcelos; Praia e Almeida, 2003). Nos dias atuais, vê-se uma necessidade de se desenvolver atividades que motivem os alunos para a aprendizagem em Química, para que seja atraente e apresente significado prático para sua vida cotidiana. Dessa forma, apoiar as metodologias de ensino nas teorias de aprendizagem para a construção da práxis educativa é uma forma de se obter respostas coerentes que já foram testadas e investigadas, tendo a oportunidade de obter boas perspectivas em relação à sua prática docente.

## Considerações Finais

Este artigo destacou a presença das abordagens teóricas relacionadas a teorias de aprendizagem presentes em pesquisas no ensino de Química por meio da análise de artigos da revista

*Química Nova na Escola*. A revista traz muitas contribuições para o processo de ensino e aprendizagem em Química, promovendo informação e apoio metodológico para alunos e professores. Ao todo analisou-se 6 áreas temáticas, contando com 333 artigos selecionados desde 1995 até 2019, os quais serviram como base para traçar um perfil do processo escolar do ensino de Química em relação ao uso de teorias de aprendizagem de autores renomados, que trabalharam em suas obras enfoques behavioristas, cognitivistas e humanistas.

Assim, os resultados apontam que as teorias de aprendizagem influenciam o currículo escolar, assim como as metodologias adotadas pelos docentes de química. Pode-se considerar uma ligação direta entre a qualidade do processo de ensino-aprendizagem com o conhecimento de referenciais teóricos que orientem o planejamento, a organização, a implementação e a avaliação das metodologias educacionais. Partindo desse pressuposto, a abordagem das teorias de aprendizagem se torna fundamental para a formação docente, principalmente na elaboração das ações pedagógicas que envolvem o processo de ensino-aprendizagem. As análises realizadas para cada abordagem indicam que cada teoria representa um papel relevante na educação, e que nos últimos anos houve um aumento de trabalhos que englobam as ênfases cognitivista e humanista, com embasamento teórico e citações de autores como Vygotsky, Piaget, Ausubel, Bruner e Freire. Com o passar dos anos, as tendências cognitivistas tiveram um aumento significativo, ou seja, colaboraram para a organização escolar, indicando certa preocupação no ensino de Química com a forma com que o estudante processa a informação que lhe é dada e como é obtida essa compreensão, buscando uma aprendizagem mais significativa do conhecimento.

A multiplicidade de propostas voltadas à produção de saberes e conhecimentos na área do ensino de Química promove informação e estímulo aos docentes dessa área, instigando e motivando melhores abordagens, além de metodologias que promovam a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Isso pode ser observado nos resultados obtidos nos demais temas que tiveram destaque na QNEsc, que apresentam um panorama de ações didáticas inseridas no processo de ensino e aprendizagem de Química, como a contextualização e a interdisciplinaridade. Em suma, os resultados desta pesquisa apresentam uma ferramenta diagnóstica da presença e influência das teorias de aprendizagem no ensino de Química, fornecendo dados para que novas pesquisas sejam apoiadas nessas teorias, bem como as estratégias e ferramentas de ensino que tenham como objetivo a efetiva aprendizagem do conhecimento químico.

## Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado por fundos nacionais da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., inserido no projeto UID/04564/2020 e realizado com apoio da Coordenação

de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## Nota

Lei 10639/03: alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional ao incluir no currículo oficial da rede de ensino a obrigatoriedade da presença da temática “História e Cultura Afro-Brasileira e Africana”. Lei 11645/08: altera a Lei 9.394/96, modificada pela Lei no 10.639/03, ao estabelecer as diretrizes e bases da educação nacional para incluir no currículo oficial da rede de ensino a obrigatoriedade da temática “História e Cultura Afro-Brasileira e Indígena”. Lei 10436/02/Art.30: a Libras deve ser inserida como disciplina curricular obrigatória nos cursos de formação de professores para o exercício do magistério em nível médio e superior.

## Referências Bibliográficas

- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- COLEM, J. 17 anos de Química Nova na Escola: Notas de alguém que a leu como estudante no Ensino Médio e no Ensino Superior com aspirações à docência. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 1, p. 16-20, 2012.
- CENTA, F. G. e MUENCHEN, C. O Despertar para uma cultura de participação no trabalho com um tema gerador. *Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 1, p. 263-291, 2016.
- COSTA, J. M. e PINHEIRO, N. A. M. O ensino por meio de temas geradores: a educação pensada de forma contextualizada, problematizada e interdisciplinar. *Imagens da Educação*, v. 3, n. 2, p. 37-44, 2013.
- DUARTE, N. *As pedagogias do “aprender a aprender”*: crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana. Campinas: Editora Autores Associados, 2000.
- FREITAS, M. T. A. As apropriações do pensamento de Vygotsky no Brasil: um tema em debate. *Psicologia da Educação*, v. 10, n. 11, p. 9-28, 2000.
- JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. *The School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.
- JOHNSTONE, A. H. You can't get there from here. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 1, p. 22-29, 2010.
- LEFRANÇOIS, G. R. *Teorias da aprendizagem*. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- MATUI, J. *Construtivismo: teoria construtivista sócio-histórica aplicada ao ensino*. São Paulo: Moderna, 1995.
- MELO, M. S. e SILVA, R. R. Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. *Exitus*, v. 9, n. 5, p. 301-330, 2019.
- MININEL, F. J.; DI NARDO, R.C.G. F.; OLIVEIRA, L. A. A. e ARNONI, M. E. B. Do senso comum à elaboração do conhecimento químico: uso de dispositivos didáticos para mediação pedagógica na prática educativa. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 4, p. 339-346, 2017.
- MOREIRA, M. A. *Teorias da aprendizagem*. São Paulo: EPU, 2011.
- MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L.; SILVA, A. S. F.; OLIVEIRA, L. A. e FREITAS, J. C. A Pesquisa em Ensino de Química na QNesc: uma análise de 2005 a 2014. *Química Nova na Escola*, v.37, n. especial, p. 188-192, 2015.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. e ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v. 23, n. 2, 273-283, 2000.
- NEVES, R. A. e DAMIANI, M. F. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. *UNIREVISTA*, v. 1, n. 2, p. 1-10, 2006.
- OSTERMANN, F. e CAVALCANTI, C. J. H. *Teorias de Aprendizagem*. Porto Alegre: Evangraf/UFRGS, 2011.
- PASTORIZA, B. S. e DEL PINO, J. C. A Educação Química em discurso: uma análise a partir da revista *Química Nova na Escola* (1995-2014). *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 2, p. 204-219, 2017.
- QUADROS, A. L.; LOBATO, A. C.; BUCCINI, D. M.; LÉLIS, I. S. S.; FREITAS, L. e CARMO, N. H. S. A construção de significados em química: a interpretação de experimentos por meio do uso de discurso dialógico. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 3, p. 1570-1576, 2015.
- QNesc. Revista *Química Nova na Escola*. Disponível em: <http://qnesc.sbjq.org.br/>, acesso em dez. 2021.
- SANTA, F. D. e BARONÍ, V. As raízes marxistas do pensamento de Vigotski: contribuições teóricas para a psicologia histórico-cultural. *Kínesis*, v. 6, n. 12, p. 1-16, 2014.
- SANTOS, W. L. P. e PORTO, P. A. A pesquisa em ensino de Química como área estratégica para o desenvolvimento da Química. *Química Nova*, v. 36, n. 10, p. 1570-1576, 2013.
- SCHNETZLER, R. P. A pesquisa no ensino de Química e a importância da *Química Nova na Escola*. *Química Nova na Escola*, v. 20, p. 49-54, 2004.
- SILVA JÚNIOR, E. A. e PARREIRA, G. G. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino da Química no ensino médio. *Revista Tecnia*, v. 1, n. 1, p. 67-82, 2016.
- SIQUEIRA, R. M.; SILVA, N. S. e FELIZARDO JÚNIOR, L. C. A recursividade no ensino de química: promoção de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 4, p. 230-238, 2011.
- TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 1987.
- VASCONCELOS, C.; PRAIA, J. F. e ALMEIDA, L. S. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. *Psicologia Escolar e Educacional*, v. 7, n. 1, p. 11-19, 2003.
- VYGOTSKY, L. S. *A construção do pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- VYGOTSKY, L. S. *Teoria e método em psicologia*. São Paulo: Martins Fontes, 2004.



### 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.

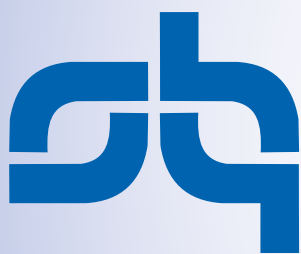
Limite de páginas: 10

#### ● **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.



*Publi***SBQ**  
Sociedade Brasileira de Química