

química nova **NA ESCOLA!**

VOLUME **43**

Nº 3, AGOSTO 2021

- 232 A química do pão de fermentação natural e as transformações na nossa relação com o preparo desse alimento
Aroldo N. Silva e Fabiana C. Frísco
- 244 Cientifi-CIDADE: estimulando a divulgação da Ciência por meio da extensão universitária
Iohana S. Santarelli, Gabriela Venturi, Catarinie D. Pereira, Karine P. Naidek e Brenno R. M. Oliveira
- 254 Do caos à ordem: oscilações químicas, padrões e auto-organização
Raphael Nagao e Rafael C. Mori
- 261 Ciclo Açucareiro: da fabricação de açúcar à produção de etanol
Paulo H. Melo, Alvaro C. C. Bara, Karine G. Fernandes, Fabiana A. C. Vieira e Ivoni Freitas-Reis
- 270 *Software* Cidade do Átomo como instrumento didático no Ensino de Química
Mariane G. Nabiça e Jorge R. da T. Souza
- 278 Jogo Digital e o conceito de aleatoriedade: aplicação e potencialidades para o ensino e a aprendizagem
Marcia C. Figueiredo e Aguinaldo R. de Souza
- 287 Estado da arte: Gênero e Sexualidade no contexto do Ensino de Química
Keysy S. C. Nogueira, Renata Orlandi e Bruno R. S. Cerqueira
- 298 Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica
Letícia V. Andrade e Cinthia G. Zimmer
- 305 Uma visão multi e interdisciplinar a partir da prática de saponificação
Roger Borges, Kamila Colombo, Tiago Favero e João H. Borges
- 315 Abordagem Multimodal: um olhar para os Livros Didáticos de Química
Júlia C. Freitas e Ana Luiza de Quadros

EDITORES

Paulo Alves Porto (IQ-USP)
Salete 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 Lisboa (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)
Peter Fensham (QUT - Vitória, Austrália)
Roberto Ribeiro da Silva (UnB - Brasília, DF - Brasil)
Roseli Pacheco Schnetzler (UNIMEP - Piracicaba, SP - Brasil)

ASSISTENTE EDITORIAL

Giseli de Oliveira Cardoso

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

Av. Prof. Lineu Prestes, 748, Bloco 3 superior, sala 371
05508-000 São Paulo - SP, Brasil
Fone: (11) 3032-2299,
E-mail: qnesc@sbq.org.br

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

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

Copyright © 2021 Sociedade Brasileira de Química

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

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

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

Licenças Creative Commons

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

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

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



diagramação/capa

Hermano Serviços de Editoração

Sumário/Contents

Química e Sociedade / Chemistry and Society

- 232 A química do pão de fermentação natural e as transformações na nossa relação com o preparo desse alimento

The chemistry of naturally fermented bread and the changes in our relationship with the preparation of this food

Aroldo N. Silva e Fabiana C. Frisco

Espaço Aberto / Issues/Trends

- 244 Cientifi-CIDADE: estimulando a divulgação da Ciência por meio da extensão universitária

Cientifi-CIDADE (Scientifi-CITY): stimulating the dissemination of science through university extension

Iohana S. Santarelli, Gabriela Venturi, Catarina D. Pereira, Karine P. Naidek e Brenno R. M. Oliveira

Atualidades em Química / Chemistry Updates

- 254 Do caos à ordem: oscilações químicas, padrões e auto-organização
From chaos to order: chemical oscillations, patterns and self-organization

Raphael Nagao e Rafael C. Mori

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

- 261 Ciclo Açucareiro: da fabricação de açúcar à produção de etanol
Sugar Cycle: from the making of sugar to ethanol production

Paulo Henrique Melo, Alvaro C. C. Bara, Karine G. Fernandes, Fabiana A. C. Vieira e Ivoni Freitas-Reis

- 270 *Software* Cidade do Átomo como instrumento didático no Ensino de Química

Atom City software as a teaching instrument in chemistry teaching

Mariane G. Nabitça e Jorge Raimundo da T. Souza

- 278 Jogo Digital e o conceito de aleatoriedade: aplicação e potencialidades para o ensino e a aprendizagem
Digital game and the concept of randomness: application and potentiality for teaching and learning

Marcia C. Figueiredo e Aguinaldo R. de Souza

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

- 287 Estado da arte: Gênero e Sexualidade no contexto do Ensino de Química

State of the art: gender and sexuality in the context of teaching chemistry

Keysy S. C. Nogueira, Renata Orlandi e Bruno R. S. Cerqueira

Experimentação no Ensino de Química / Practical Chemistry Experiments

- 298 Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica

Galvanization: a proposal to electrochemistry teaching

Letícia V. Andrade e Cinthia G. Zimmer

- 305 Uma visão multi e interdisciplinar a partir da prática de saponificação
A multi- and interdisciplinary view from the practice of saponification

Roger Borges, Kamila Colombo, Tiago Favero e João H. Borges

Cadernos de Pesquisa / Research Letters

- 315 Abordagem Multimodal: um olhar para os Livros Didáticos de Química
Multimodal approach: a look at Chemistry Textbooks

Júlia C. Freitas e Ana Luiza de Quadros

Vacinação e esperança de volta à normalidade

Com mais de 570.000 mortos, e ocupando, até o momento, o lugar de país com o segundo maior número de vítimas da covid-19 no mundo, o Brasil vem sendo tomado por profunda amargura e tristeza desde o início da pandemia. Não bastassem as vidas perdidas, a nação assiste estupefata ao surgimento de notícias que tratam de ilícitos vergonhosamente vinculados à crise sanitária, que incluem, dentre outros desastros, irregularidades em respostas iniciais à conjuntura apresentada e nas compras de testes para detecção do vírus, assim como das próprias vacinas. Mais do que merecedores de informações que ajudem a manter a tranquilidade, os cidadãos brasileiros, finalmente, começam a se deparar com elas nos últimos dias. De fato, o número daqueles totalmente imunizados já ultrapassa os 25%, e mais de 57% da população recebeu a primeira dose da vacina. Nesse contexto, a esperança de dias melhores passa a se fazer presente, com a volta de cenas que, apesar de aparentemente banais, possuem atualmente valor inestimável, como os passeios com a família e com os amigos. Isso é um alento frente ao longo período de confinamento, embora não deva se caracterizar como estímulo à suspensão das medidas amplamente divulgadas de prevenção, como o uso de máscaras, especialmente diante do avanço da variante delta no país. Que possamos persistir a caminho da normalidade, o que, para nós educadores, implica na grande alegria de revermos os nossos estudantes e retomarmos as atividades presenciais nos ambientes de ensino de forma segura. Este número da *Química Nova na Escola* traz uma gama de artigos inspiradores, com potencial para tornar esse reencontro ainda mais prazeroso e enriquecedor.

Em um momento em que a mídia televisiva descortina para o mundo cenas estereotipadas no Afeganistão, decorrentes da volta ao poder do grupo Talibã, a preocupação em relação aos direitos das mulheres é pauta de altíssima relevância. Nossos leitores encontram neste número elementos que subsidiam a reflexão sobre as relações de gênero e de poder no artigo “Estado da arte: gênero e sexualidade no contexto do ensino de química”. Nele, a partir de um mapeamento na literatura nacional, os autores buscam a promoção de questionamentos sobre a naturalização de determinadas desigualdades e o fomento à educação sexual na perspectiva dos direitos humanos.

Em alinhamento com a necessidade ainda presente de oferecimento de aulas remotas, dois artigos remetem à possibilidade do uso do computador como mediador na construção do conhecimento químico. O primeiro, “*Software Cidade do Átomo* como instrumento didático no ensino de química”, relata percepções de estudantes do ensino médio sobre o uso dessa ferramenta educacional na solução de problemas vinculados à produção de energia termonuclear. De forma similar, o segundo artigo, “Jogo digital e o conceito de aleatoriedade: aplicação e potencialidades para o ensino e a aprendizagem”, também traz as percepções, agora de licenciandos, sobre o conceito de aleatoriedade presente na

teoria cinética dos gases e o potencial do jogo para o ensino e a aprendizagem.

Questões que ganham vulto em discussões recentes de educadores químicos, como o uso e a integração de diferentes modos semióticos na construção de significados e o papel da extensão universitária como meio de divulgação científica, também estão contempladas, respectivamente, nos artigos “Abordagem multimodal: um olhar para os livros didáticos de química” e “*Cientifi-CIDADE*: estimulando a divulgação da ciência por meio da extensão universitária”. Os autores do artigo referente à multimodalidade destacam que, dentre os vários modos semióticos presentes nos livros analisados, as imagens ganham protagonismo e demandam particular atenção no que tange à forma como são relacionadas com outros modos. Por sua vez, as ações do programa de extensão Cientifi-CIDADE, expostas no texto, podem nortear atividades que tenham como propósito o envolvimento de licenciandos na aproximação da população com o espaço universitário.

Relatos de ações didáticas concretizadas com base na experimentação também são encontrados nos artigos “Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica” e “Uma visão multi e interdisciplinar a partir da prática de saponificação”. Em ambos, o desenvolvimento das atividades busca priorizar o estabelecimento de relações entre o conhecimento científico e o conhecimento cotidiano, considerando o viés da interdisciplinaridade.

Neste número destaca-se ainda uma experiência poucas vezes registrada em *Química Nova na Escola*. Aqueles que apreciaram o assunto abordado no artigo “Da ordem ao caos: uma reorientação das ciências e da química”, publicado anteriormente nesta revista (v. 42, n. 4), serão positivamente surpreendidos com sua retomada pelos mesmos autores em “Do caos à ordem: oscilações, padrões e auto-organização”.

Por fim, encerramos este Editorial prestando uma homenagem ao Professor Eduardo Motta Alves Peixoto, que nos deixou no mês passado. Peixoto foi um dos fundadores da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) e responsável pela criação das revistas *Química Nova* e *Journal of the Brazilian Chemical Society*. Colaborador de *Química Nova na Escola* desde o seu primeiro número, publicado em 1995, atuou por muitos anos como responsável pela seção “Elemento Químico”. Modestamente, dedicamos este número de QNEsc à memória do Professor Peixoto.

Desejamos uma ótima leitura e retomamos aqui o apelo para que, mesmo com a esperança de volta da normalidade que desponta no horizonte, nossos leitores e leitoras continuem se cuidando!

Paulo A. Porto
Salette L. Queiroz
Editores de QNEsc



A química do pão de fermentação natural e as transformações na nossa relação com o preparo desse alimento

Aroldo N. Silva e Fabiana C. Frísio

Neste artigo apresentamos a química envolvida na feitura do pão de fermentação natural e os impactos do fato da indústria alimentícia ter assumido, sobretudo a partir da Segunda Revolução Industrial do século XIX, a maior parte da sua produção e comercialização. Por meio de uma abordagem contextualizada, propomos algumas possibilidades de inserção dessa temática no ensino médio, de modo a contemplar aspectos da química orgânica.

► pão, fermentação, ensino de química ◀

Recebido em 10/06/2020, aceito em 22/10/2020

232

O pão é o alimento mais antigo da civilização humana. A sua história se confunde, em partes, com a trajetória da civilização ocidental, dos egípcios, responsáveis pela sua invenção há mais de seis mil anos, passando pelos gregos e os romanos que, por sua vez, fizeram do pão um instrumento de sua política e de manutenção da ordem. Os judeus utilizaram esse alimento para nortear aspectos de sua legislação religiosa e social, ao passo que os cristãos o tinham como forma de simbolizar o corpo de Cristo (Jacob, 2003).

Do ponto de vista prático, fazer um pão usando um pacote de fermento comprado no supermercado é mais fácil em relação ao seu modo de produção mais antigo, no qual se utiliza a ação das leveduras e bactérias selvagens na produção do pão de fermentação natural, também denominada fermentação *sourdough* (do inglês, massa azeda). Dentre as principais diferenças, destacamos que a produção do pão de fermentação natural exige envolvimento das mãos e compreensão do tempo necessário para que os processos de natureza química e biológica ocorram. Os aromas característicos, a coesão que a massa adquire ao longo do processo e o crescimento do pão no forno resultam em uma experiência



Figura 1: O pão de fermentação natural e seus ingredientes: I: pão de fermentação natural; II: fermento natural; III: água mineral; IV: farinha de trigo e V: sal (NaCl). Fonte: elaborado pelos autores.

nutricional, olfativa e afetiva que compensa o longo tempo de espera. Ao sair do forno, ainda é preciso aguardar que o centro da massa cozinhe por completo, por isso é necessário um pouco mais de paciência para sua degustação (McGee, 2014; Pollan, 2014; Katz, 2014). A Figura 1 ilustra o pão de fermentação natural e seus ingredientes.

O resgate desse processo nas últimas décadas marca uma

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



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

preocupação não apenas com relação aos aspectos nutricionais, mas com o espaço que a indústria alimentícia ocupa nos dias atuais. O distanciamento entre o ser humano e a produção de seu alimento, sobretudo a partir da Revolução Industrial no século XIX, modificou a maneira como nos relacionamos com o alimento. Na sociedade contemporânea, em função do ritmo frenético e da grande velocidade com a qual realizamos nossas atividades cotidianas, deixamos de lado em muitos momentos o cuidado com a nossa alimentação. No caso do pão, a indústria alimentícia assumiu esse papel e atualmente é responsável por grande parte de sua produção e comercialização (Pollan, 2014). Mas afinal, como se produz um pão de fermentação natural? Quais são os processos físico-químicos que ocorrem em sua produção? E como nós, professores de química, podemos levar esse tipo de temática para sala de aula? A resposta para estes questionamentos passa pelo entendimento de que o conhecimento científico não deve ser usado com um fim em si mesmo, mas como um meio para a formação crítica dos estudantes, trazendo à superfície aspectos que em nosso cotidiano são naturalizados.

Nesse sentido, a literatura da área de Ensino de Ciências destaca a contextualização como uma forma de atribuir significado ao conhecimento escolar, de modo a superar o ensino pautado na transmissão conceitual. A escolha de uma temática mais próxima da vivência do estudante, por contemplar aspectos de natureza social, econômica e tecnológica, contribui não apenas como um fator de motivação para o seu envolvimento e estudo, mas também para estabelecer uma relação dialógica entre conhecimento científico e cotidiano (Mortimer *et al.*, 2000; Marcondes, 2008; Delizacoiv *et al.*, 2009; Wartha e Faljoni-Alario, 2013; Wartha *et al.*, 2013; Braibante *et al.*, 2014).

No presente trabalho apresentamos, na interface entre o conhecimento prático e científico, as etapas de preparação do pão de fermentação natural e algumas possibilidades para inserir esse tema no ensino de química. O uso dessa temática no ensino é um meio de repensar nossos hábitos alimentares, refletir sobre a importância da feitura do nosso alimento e do papel que indústria alimentícia assumiu em nossa história recente. Isso é importante para que os estudantes sejam capazes de se posicionar criticamente diante de questões complexas que exigem, além do conhecimento científico, o entendimento das dimensões social, econômica e tecnológica que impactam a nossa alimentação.

A nossa relação com o preparo do alimento e o pão de fermentação natural

Cozinhar permitiu que expandíssemos a nossa capacidade cognitiva em relação à capacidade digestiva. Segundo estudos de alguns antropólogos, cozinhar é uma ação simbólica

que nos diferencia enquanto espécie humana. Está muito atrelado à nossa capacidade de evolução em relação aos animais (Pollan, 2014). Talvez por isso, a nossa relação com a produção do nosso próprio alimento apresenta, hoje, algumas contradições. Por exemplo, apesar da indústria alimentícia ter assumido o papel de preparar grande parte dos nossos alimentos, por outro lado, fala-se mais sobre culinária, lê-se mais sobre o tema e passamos cada vez mais tempo assistindo a programas de culinária nas mais diversas mídias. Isso pode se dar pelo fato de termos este ato tão ligado à nossa memória, ao nosso psicológico ancestral, como algo que é nosso e que, de certa maneira, está nos sendo tirado pela indústria (Pollan, 2014).

Apesar das críticas que se possa fazer à indústria alimentícia, é válido ressaltar alguns de seus benefícios. As mulheres, por exemplo, historicamente responsáveis pelo preparo das refeições da família, passaram a assumir maior protagonismo na sociedade, seja no mercado de trabalho, no estudo e em outros espaços antes ocupados pela figura do homem, algo que também influenciou na divisão de tarefas do lar. Além disso, a industrialização contribuiu para diversificar a nossa dieta, o que resultou em um aumento das opções

culinárias para as pessoas que não sabem cozinhar e de diferentes condições econômicas (Pollan, 2014). O que é muito prejudicial na ação das grandes empresas é que elas tendem a adicionar mais açúcar, sal e gordura em relação ao que usaríamos em casa. Outro aspecto discutível envolve a

adição de conservantes nos alimentos para retardar a sua decomposição, aumentando a sua durabilidade (Pollan, 2014; Nupens, 2020).

Esse distanciamento da cozinha e consequente mudança em nosso hábito alimentar coincide com o aumento da obesidade e de todas as doenças crônicas associadas à alimentação, como colesterol alto, hipertensão e diabetes. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), em meados de 2025, cerca de 2,3 bilhões de adultos no mundo estarão acima do peso, com cerca de 700 milhões de indivíduos com obesidade (índice de massa corporal – IMC – igual ou acima de 30). O Brasil, nos últimos anos, teve um aumento significativo dessa doença crônica, com 55,7% da população apresentando excesso de peso (IMC igual ou maior que 25) e 19,8% da população com obesidade. Ninguém tem obesidade por escolha própria ou falta de vontade. Ela surge por uma série de fatores, como a diminuição dos níveis de atividade física, o estresse, o aumento do consumo de alimentos calóricos e até o uso de certos medicamentos. Trata-se de uma questão de saúde pública, de complexa resolução e que envolve especialistas de diversas áreas para o seu tratamento (Dias *et al.*, 2017; Abeso, 2020).

Diante desses aspectos é necessário orientar e estimular as pessoas a refletir sobre o próprio estilo de vida e a realizar escolhas alimentares mais adequadas. Em que momento

No presente trabalho apresentamos, na interface entre o conhecimento prático e científico, as etapas de preparação do pão de fermentação natural e algumas possibilidades para inserir esse tema no ensino de química.

realizamos uma preparação culinária? Esse alimento é consumido em quais condições, sozinho ou acompanhado? Como esse alimento foi produzido? Como esse alimento chega ao nosso lar? Essas são algumas questões que demonstram, por um lado, que a alimentação é mais do que simples ingestão de nutrientes e, por outro, que o cultivo de um hábito alimentar saudável, que dialogue com a nossa cultura alimentar e que seja ambientalmente sustentável é complexo e necessita ser discutido em todos os setores da sociedade, e isto inclui a escola (Nupens, 2020).

Diversos países, seguindo a recomendação da OMS e da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), recomendam há mais de duas décadas que os países elaborem Guias Alimentares para as pessoas terem condições de realizar escolhas mais adequadas. Este tipo de Guia é um instrumento que extrapola a esfera do indivíduo, pois auxilia os governos a elaborarem políticas públicas voltadas à saúde da população. O Brasil é um dos países que possui, desde 2006, o Guia Alimentar para a População Brasileira, um documento oficial do Ministério da Saúde do Brasil e que recentemente contou

Diversos países, seguindo a recomendação da OMS e da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), recomendam há mais de duas décadas que os países elaborem Guias Alimentares para as pessoas terem condições de realizar escolhas mais adequadas. Este tipo de Guia é um instrumento que extrapola a esfera do indivíduo, pois auxilia os governos a elaborarem políticas públicas voltadas à saúde da população

com a participação do Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde da USP (Nupens), em um processo de atualização que resultou em uma segunda edição, publicada em meados de 2014 (Brasil, 2014; Nupens, 2020).

As recomendações que o Guia Alimentar propõe não são baseadas no tipo de nutrientes que ingerimos, e sim em uma classificação nova que organiza os alimentos por grau de processamento. Esse é um aspecto central no Guia, pois a extensão do processamento de um alimento impacta a forma como nos relacionamos com ele e, consequentemente, com a nossa saúde. Por exemplo: alimentos que são produzidos em larga escala, de forma rápida, com padronização de sabor, resultam em um tipo de experiência que impacta, dentre outros aspectos, a forma como nos socializamos, os hábitos alimentares constituídos historicamente e até mesmo a quantidade do alimento que ingerimos. No caso brasileiro, temos um padrão alimentar inserido em nossa cultura, traduzido pelo feijão com arroz, nutricionalmente balanceado, acessível e saboroso (Brasil, 2014). O Quadro 1 apresenta a classificação nova dos alimentos segundo a extensão do processamento.

Quadro 1: Classificação dos alimentos com base no grau de processamento.

Categorias	Significado	Exemplos
Alimentos <i>in natura</i> ou minimamente processados	São alimentos comercializados na forma como foram obtidos, de origem vegetal ou animal, ou que passaram por pequenas intervenções, mas sem receber nenhum tipo de ingrediente no decorrer do processo (como a adição de sal, açúcar, óleos, gorduras ou aditivos químicos).	Frutas, legumes, verduras, raízes, ovos, leite pasteurizado, tubérculos, cortes de carnes congelados ou resfriados, especiarias, etc.
Ingredientes culinários	São utilizados na cozinha para o preparo dos alimentos <i>in natura</i> ou minimamente processados. São utilizados nas receitas para temperar, refogar, fritar e cozinhar.	Sal, açúcar, óleos, azeite, banha de porco, gordura de coco, manteiga e vinagre.
Alimentos processados	São alimentos que receberam adição de sal, açúcar, óleo ou vinagre e que foram cozidos, secos, fermentados ou passaram por alguma técnica de conservação, como salga, salmoura, defumação, etc.	Pães feitos com farinha, água, sal e levedura (vendidos a granel em padarias e supermercados), massas secas ou frescas, queijos, conservas, ervilha, milho em lata, extratos e concentrados de tomate, etc.
Alimentos ultraprocessados	São formulações feitas pela indústria a partir das etapas do processamento e que resultam da combinação de muitos ingredientes, como: compostos industriais, proteína de leite, gordura vegetal hidrogenada, xarope de frutose, espessantes, emulsificantes, corantes, aromatizantes, realçadores de sabores, substâncias sintetizadas a partir de carvão e petróleo, etc.	Preparações congeladas que vão direto ao forno ou para o micro-ondas (lasanha, hambúrguer, pizza, etc.), carnes temperadas e empanadas, macarrão instantâneo, refrigerantes, biscoitos recheados, sucos adoçados, mistura para bolo, achocolatado, sopa em pó, sorvetes, balas, salgadinhos de pacote, cereais matinais açucarados, salsicha, pães de forma, etc.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2014.

Quando as pessoas expressam o que entendem por uma alimentação saudável, o que geralmente ouvimos? Uma alimentação sem glúten? Light? Uma dieta com restrição na ingestão de nutrientes a base de carboidratos ou proteínas? Caso a pessoa não tenha algum tipo de restrição alimentar, a busca por uma alimentação saudável passa pela cozinha, ou seja, pelo preparo das refeições que respeite a sazonalidade dos alimentos, que sejam sustentáveis e que não utilizem alimentos ultraprocessados (Brasil, 2014).

No caso do pão, como podemos realizar uma escolha adequada? Segundo a classificação proposta pelo Guia Alimentar, temos a seguinte opção: o pão comprado de forma avulsa em padarias e supermercados, produzido a partir de um conjunto de técnicas que combinam farinha, sal, água e fermento (alimento processado), pois trata-se de um alimento produzido por processos semelhantes às técnicas culinárias caseiras e que, além do uso de ingredientes culinários, passou pelo processo de fermentação. A outra opção é o pão de fermentação natural.

Na atualidade há um resgate da produção do pão de fermentação natural, diferente em muitos aspectos dos tipos de pães que mencionamos anteriormente, sobretudo pelo processo longo de fermentação, responsável pelos principais benefícios desse alimento. Compreender o declínio e o resgate deste tipo de pão envolve o entendimento de como a tecnologia envolvida na produção do pão se modificou em função das transformações socioeconômicas.

A produção do pão envolve uma tecnologia singular, que resulta de um longo aprendizado – da pré-história até os tempos atuais – de como manusear e produzir os elementos que são essenciais para sua produção – no caso, os cereais, os instrumentos e as máquinas que realizam a moagem do grão, os microrganismos, as substâncias químicas responsáveis pela fermentação da massa, os fornos e as pessoas que produzem e o consomem (Jacob, 2003; McGee, 2014).

Esse conjunto de aspectos, na atualidade, culmina na busca e produção de trigos que sejam resistentes às mudanças climáticas e que apresentem alta capacidade de crescimento para atender à demanda do mercado. Disso resulta o fato de que a espécie mais comum do trigo (*Triticum aestivum* L.) apresenta uma ampla variedade genotípica, o que explica, por exemplo, as diferenças no teor de proteínas, carboidratos e minerais que podemos encontrar de uma variedade para outra, o que impacta na qualidade da farinha que se produz a partir desse cereal (Biesiekierski, 2017).

Em meados de 1800, na Inglaterra, grande parte dos pães eram produzidos em fornos caseiros ou comunitários. Com a Revolução Industrial e o consequente aumento da população urbana e da renda *per capita*, as pessoas passaram a adquirir o pão nas padarias, que assumiram a sua produção. Se, por um lado, isso reflete em maior comodidade e

demonstra a expansão do capitalismo, por outro, surgem alguns problemas, como a adulteração da farinha, com o uso de materiais para dar volume à massa, como giz e osso. Com a industrialização do século XX a indústria assume um papel cada vez mais relevante na produção do pão. Há um declínio no consumo de pães, pois as pessoas, em função do aumento da renda, passam a consumir mais carne e bolo. Esse é um aspecto que reflete na forma como os pães serão produzidos a partir de então, com a preparação de massas à base de gordura e açúcares. Além da adição de novos ingredientes, da mecanização do processo para suprir a demanda cada vez mais crescente, temos mudanças no processo de fermentação biológica da massa, que deixa de respeitar o tempo necessário para as leveduras atuarem, por exemplo, no fortalecimento das cadeias de glúten e na quebra do amido (glicídios). Disso resulta a produção de pães macios, com textura semelhante ao bolo, de casca fina, flácida e com sabor diferente do pão de fermentação natural (Jacob, 2003; McGee, 2014; Pollan, 2014).

Esse breve recorte das principais transformações na produção do pão ilustra como o desenvolvimento científico e tecnológico, ao reproduzir aquilo que ocorre na natureza –

acelerando os processos em busca de maior produtividade – nem sempre resulta em benefícios às pessoas. Contrapondo a esse cenário, a partir da década de 1980 se inicia um resgate dos modos tradicionais de panificação – sobretudo nos Estados Unidos e na Europa –, em busca do sabor e da textura perdidos com o processo

de industrialização. Pequenas padarias começam a produzir pães com grãos menos refinados, desenvolvendo a massa por meio de uma fermentação longa como antigamente e assando o pão em fornos de tijolo, para obter filões escuros e de casca crocante. O advento da máquina de fazer pão é outro fator que auxilia nesse resgate, pois as pessoas, mesmo ocupadas ou com poucas habilidades culinárias, colocam os ingredientes na máquina e iniciam o processo (Jacob, 2003; McGee, 2014).

Os benefícios gerais da fermentação

A fermentação é um fenômeno natural muito mais amplo do que as práticas utilizadas na culinária.

A partir das pesquisas de Louis Pasteur começamos a desenvolver as ideias atuais sobre o processo de fermentação natural, cujo ponto central é o metabolismo de uma classe de fungos – as leveduras ou fermentos – que produzem gases. Atualmente conhecemos mais de cem espécies, sendo que algumas causam infecções nos seres humanos e provocam a deterioração de alimentos, ao passo que uma espécie, a *Saccharomyces cerevisiae*, pode ser utilizada na produção do pão e da cerveja. Ao metabolizar os açúcares, as leveduras liberam etanol e gás carbônico, conforme a equação

Em meados de 1800, na Inglaterra, grande parte dos pães eram produzidos em fornos caseiros ou comunitários. Com a Revolução Industrial e o consequente aumento da população urbana e da renda *per capita*, as pessoas passaram a adquirir o pão nas padarias, que assumiram a sua produção.

química: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$ (McGee, 2014; Rosa e Afonso, 2015). Durante o processo de preparação do pão, tanto o gás carbônico como o etanol ficam retidos na massa e ambos são eliminados durante o processo de cocção do pão. A farinha utilizada no preparo contém enzimas que são responsáveis pelo rompimento dos grãos de amido, produzindo os açúcares que serão metabolizados pelas leveduras. Além da liberação do gás carbônico, responsável pelo crescimento da massa, as leveduras produzem outras substâncias que contribuem para fortalecer o glúten e melhorar a elasticidade da massa do pão (McGee, 2014).

O fermento natural é produzido a partir de uma mistura de água e farinha. Essa mistura, na presença do ar, é dominada por uma complexa flora microscópica, composta por uma mistura de leveduras selvagens (fungos) e bactérias. Essa cultura é fundamental, por exemplo, para romper os grãos de amido e digerir parte do glúten durante a preparação da massa do pão, liberando carboidratos, proteínas e sais minerais que serão absorvidos pelo organismo (Pollan, 2014; Cooked, 2016). Existem diferentes técnicas para produzir o fermento natural, como as sugeridas por Camargo (2013) e Venquiaruto *et al.* (2011). O fermento biológico (fresco, seco ou instantâneo) comercializado é uma monocultura, na qual as leveduras foram selecionadas para se desenvolverem o mais rápido possível, resultando em um crescimento acelerado da massa durante o preparo do pão devido à liberação de gás carbônico. Essa simplificação do processo de fermentação, dentre outros aspectos, não confere ao pão o mesmo valor nutricional em relação ao de fermentação natural e o torna mais difícil de ser digerido pelo organismo, pois os nutrientes não estão disponíveis para serem absorvidos como ocorre em uma cultura *sourdough* (Katz, 2014; Cooked, 2016).

Na atualidade, há um interesse crescente pela fermentação devido aos seus benefícios à saúde, porém, essa é uma técnica mais ampla, que contribui para a conservação de alimentos, eficiência energética e na obtenção de sabores ricos e complexos.

Dentre os benefícios à saúde, os alimentos fermentados promovem, como mencionamos, a pré-digestão do alimento, o que favorece a disponibilidade de nutrientes para o organismo e, no caso do pão, a sua digestão ao realizar a quebra parcial das cadeias de glúten. Além disso, o alimento fermentado produz nutrientes, elimina toxinas e enriquece a microbiota do intestino (Katz, 2014; Pollan, 2014).

O pão de fermentação natural, produzido por meio de uma fermentação longa, resulta na produção de ácidos orgânicos que desaceleram a absorção de açúcares da farinha branca pelo organismo. Trata-se, por isso, de um alimento que apresenta menor índice glicêmico em relação ao pão fermentado com apenas uma única cultura de leveduras, como ocorre atualmente em grande parte da produção dos pães industrializados (Pollan, 2014).

O fermento natural é produzido a partir de uma mistura de água e farinha. Essa mistura, na presença do ar, é dominada por uma complexa flora microscópica, composta por uma mistura de leveduras selvagens (fungos) e bactérias.

Com relação à conservação de alimentos, a técnica de fermentação contribui para manter os alimentos estáveis a temperatura ambiente. No mundo contemporâneo, temos ao nosso alcance uma série de tecnologias que moldaram a maneira como pensamos na conservação dos alimentos (conservantes químicos, alimentos enlatados, embalados, congelados, irradiados e ultrapasteurizados). A fermentação não faz com que o alimento dure para sempre, mas contribui para prolongar as suas características saudáveis por um período maior de tempo. Isto acontece de várias maneiras, como, por exemplo, pela produção de substâncias que impossibilitam o desenvolvimento de bactérias. São os próprios organismos

que dominam o alimento os responsáveis por produzir proteínas antibacterianas ou subprodutos metabólicos como o álcool etílico, o ácido lático, o ácido acético e outros (Katz, 2014).

Do ponto de vista da eficiência energética, alguns alimentos fermentados podem ser consumidos

com menos cozimento, o que gera economia em termos de fonte de energia, seja de origem fóssil ou elétrica. Um exemplo disso são os grãos de soja, que podem levar até seis horas para cozimento em fogo brando. Em um momento em que há demanda cada vez maior por fontes de energia e de incertezas em relação a sua disponibilidade futura, é importante considerar a energia despendida pelos alimentos, seja no seu preparo ou na energia necessária para sua refrigeração (Katz, 2014).

O pão e o ensino de química

A inserção da temática da produção do pão de fermentação natural no currículo escolar possibilita o estudo de diferentes aspectos da química orgânica. Apresentamos aqui algumas possibilidades que, além de contemplarem os aspectos físico-químicos envolvidos na produção do pão, discutem as dimensões social, econômica e tecnológica que impactam na maneira como nos relacionamos com esse alimento na atualidade.

Aspectos físico-químicos na preparação do pão de fermentação natural

Os procedimentos e as técnicas utilizadas na produção do pão de fermentação natural não são padronizados, pois em função dos materiais de partida – água, farinha, sal e fermento –, das condições de temperatura, de estrutura física e das habilidades culinárias de cada indivíduo, é possível encontrar algumas variações no modo de preparo. Dentre as etapas envolvidas (Apêndice II), destacamos: a manipulação do fermento natural; a mistura dos ingredientes; a fermentação; a cocção e o resfriamento do pão.

Antes da mistura dos ingredientes, é necessário refrescar o fermento natural, ou seja, deve-se separar uma porção dele

já preparado (geralmente armazenado na geladeira) para realizar uma mistura com água e farinha. É necessário aguardar que a mistura resultante dobre de volume, sinal de atividade das leveduras, e adquira uma textura aerada para realizar a mistura dos ingredientes (Camargo, 2013; Katz, 2014).

Essa mistura é feita a partir de farinha, água, sal (NaCl) e o fermento refrescado. Nessa etapa os grânulos de amido (polissacarídeo) rompidos absorvem água e as enzimas digerem parte do amido, transformando-os em açúcares que serão consumidos pelas leveduras que, por sua vez, produzem gás carbônico e álcool. Uma vez formada a massa, inicia-se o seu processo de desenvolvimento por meio da sova – um processo físico e repetitivo, que consiste em estender, dobrar e comprimir a massa por inúmeras vezes. Esse processo é fundamental, como será discutido mais adiante, para desenvolver o glúten (Camargo, 2013; Pollan, 2014; McGee, 2014).

Em seguida inicia-se a chamada primeira fermentação, imprescindível para que as leveduras atuem, produzindo o gás carbônico responsável pelo crescimento da massa, o álcool e o ácido láctico. Trata-se de uma etapa longa e que sofre influência da temperatura ambiente, que interfere na atividade das leveduras. No decorrer da primeira fermentação realizam-se cerca de quatro dobras na massa, com a função de alinhar e favorecer a interação entre as proteínas que constituem o glúten. Disso resulta uma massa estruturada e coesa, que permite o chamado boleamento (Apêndice II) do pão, para que seja levado à geladeira onde ocorrerá a segunda fermentação. A divisão do processo em duas etapas – temperatura ambiente e na geladeira – é uma forma de evitar que o trabalho realizado se estenda ao longo do dia e da noite. Ao colocar a massa na geladeira, realiza-se o controle da atividade biológica das leveduras, permitindo que a fermentação ocorra de forma lenta e gradual (Camargo, 2013; Pollan, 2014; McGee, 2014).

No dia seguinte, retira-se a massa da geladeira e inicia-se a etapa de cocção do pão, que pode ser realizada em um forno convencional com algumas adaptações, como o uso de um termômetro para o melhor controle da temperatura e de uma panela de ferro com tampa para evitar que o vapor d'água se dissipe do forno durante a cocção. É a presença de vapor d'água que aumenta a transferência de calor para a massa, resultando em sua rápida expansão. A causa principal dessa expansão é a vaporização do álcool e da água da massa, formando gases que preenchem e expandem os bolsões formados durante a fermentação. O próprio vapor, ao condensar-se na superfície da massa, forma uma película de água que impede a sua secagem e a formação da casca, deixando-a elástica para não prejudicar o crescimento inicial do pão. Como se pode observar nas imagens (Apêndice II), inicialmente usa-se a panela tampada e, após um certo tempo, retira-se a tampa para finalizar a cocção. Por fim, deve-se retirar o pão do forno e aguardar o seu resfriamento que,

Uma vez formada a massa, inicia-se o seu processo de desenvolvimento por meio da sova – um processo físico e repetitivo, que consiste em estender, dobrar e comprimir a massa por inúmeras vezes.

dentre outros aspectos, resulta no equilíbrio de temperatura entre a parte externa da casca (200°C) e o interior (93°C) do pão (McGee, 2014).

A descrição e a socialização das imagens de parte do processo são um meio para que o professor tenha condições de contextualizar o tema na sala de aula e problematizar, dentre outros aspectos, a forma como o pão de fermentação natural é produzido, as variáveis que interferem no processo e o papel das leveduras. Nesse sentido apresentamos um questionário (Apêndice I) que pode ser realizado antes de se discutir o tema na sala de aula. O levantamento do conhecimento prévio dos estudantes em diálogo com essa abordagem visa ir além da motivação ou simplesmente da transmissão de um conjunto de informações. Esse trabalho pode ser dialogado com a experimentação, como propõem Venquiaruto *et al.* (2011) ao comparar a atividade biológica das leveduras em diferentes condições de temperatura e concentração.

Discutir o modo de preparo do pão de fermentação natural e as transformações realizadas pela indústria alimentícia no seu modo de produção é fundamental para o estudante entender as implicações sociais da Química e das tecnologias em sua vida.

A importância do glúten na formação da estrutura da massa do pão

O trigo guarda em si algumas particularidades que o distinguem de outros cereais. Qualquer ingrediente em pó misturado com a água, de modo geral, forma uma pasta simples e inerte. No entanto, se uma porção de farinha for misturada com cer-

ca da metade de água, temos uma mistura que parece ganhar vida própria. Inicialmente temos uma massa uniforme e que dificilmente muda de forma, mas com o tempo e a sova, essa mistura começa a ganhar elasticidade e coesão (Apêndice II, imagens 7 e 8).

A estrutura do pão se deve basicamente à interação de três elementos: a água, as proteínas do glúten da farinha e os grânulos de amido. A massa que se forma a partir da mistura de água e farinha pode ser firme – caso contenha mais farinha que água – ou líquida – caso contenha mais água que farinha. Em geral, as massas firmes apresentam rigidez suficiente para serem trabalhadas com as mãos. Nesse tipo de massa toda a água interage com as proteínas do glúten e com os grânulos de amido. Durante a cocção do pão os grânulos de amido absorvem água, se expandem e formam uma estrutura sólida fixa, como se pode observar na imagem 16 (Apêndice II). O miolo do pão representa essa estrutura sólida, formada por amido, proteínas e uma série incontável de bolhas de ar que se romperam durante a cocção do pão. São as proteínas do glúten que armazenam o gás carbônico proveniente da fermentação, como uma espécie de balão. Durante a cocção ocorre a expansão e o seu rompimento, tornando a massa leve e porosa.

Para que esse resultado seja atingido é fundamental que a farinha de trigo utilizada apresente um teor proteico elevado, para que seja possível desenvolver as proteínas do glúten que irão estruturar a massa do pão (McGee, 2014). Atualmente são cultivados e comercializados vários tipos de trigo, que nem sempre apresentam a qualidade e o teor de proteínas adequadas para panificação, o que resulta, por exemplo, na comercialização de melhoradores de farinha e na adição de glúten nos pães que são produzidos pela indústria.

Na atualidade fala-se muito sobre o glúten e os seus possíveis malefícios à saúde. Cunha (2018) argumenta que o glúten não é uma invenção da indústria alimentícia, como são os corantes, aromatizantes, estabilizantes e até mesmo as gorduras trans, mas um conjunto de complexas proteínas naturais que derivam de cereais como trigo, centeio, cevada e aveia.

As proteínas são macromoléculas formadas pela combinação de aminoácidos e, no caso das principais proteínas do glúten, são formadas por cerca de mil unidades de aminoácidos (McGee, 2014). Conceitualmente, as proteínas apresentam quatro níveis de organização: estrutura primária, secundária, terciária e quaternária.

A estrutura primária corresponde à sequência de aminoácidos de uma proteína. A secundária refere-se à conformação de uma cadeia polipeptídica, ou seja, trata-se do arranjo espacial de segmentos de aminoácidos localizados na estrutura primária. A estrutura terciária é a forma que o polipeptídeo assume em função das interações entre grupos de peptídeos que estão localizados em diferentes partes da estrutura primária, o que resulta na estrutura tridimensional da proteína. Por fim, a estrutura quaternária corresponde ao arranjo espacial de mais de uma cadeia polipeptídica (Francisco Junior e Francisco, 2006; Soares, 2008).

As proteínas do trigo correspondem de 8 a 15% do peso total do grão, cuja separação resulta em quatro classes de proteínas: as albuminas, globulinas, prolaminas e gluteninas. Do conteúdo total de proteínas, 15% é constituído pelas albuminas, globulinas e peptídeos menores, ao passo que 85% correspondem às frações prolamina e glutenina do trigo, que abrangem, respectivamente, as proteínas gliadina e glutenina (Soares, 2008).

Essas classes de proteínas em conjunto constituem o glúten e são responsáveis por conferir vivacidade às massas em função da capacidade de absorção de água, coesão, viscosidade e elasticidade, aspectos fundamentais na feitura de um pão fermentado. Secas, gliadinas e gluteninas são imóveis e inertes, no entanto, na presença de água elas adquirem a capacidade de mudar de forma, passam a ter mobilidade e interagem entre si (Pollan, 2014; McGee, 2014). A Figura 2 apresenta um modelo para as proteínas gliadina, glutenina e para a junção delas.

A gliadina é uma proteína monomérica – formada por apenas uma cadeia polipeptídica – e globular. Cada esfera representada na Figura 2 corresponde a um monômero (Soares, 2008). Do ponto de vista estrutural, as gliadinas dobram sobre si mesmas, formando uma estrutura compacta e que interage com as cadeias de gluteninas. Estas, por sua



Figura 2: Modelo para as proteínas gliadina, glutenina e para a junção delas. Fonte: Ribeiro, 2012.

vez, estabelecem interações intra e intermoleculares entre suas próprias cadeias, formando uma rede extensa e firme (McGee, 2014; Ceresino, 2018).

A presença das gliadinas entre as gluteninas confere ao glúten plasticidade, ou seja, capacidade de mudar de forma quando submetido a pressão e de reassumir a forma original quando esta cessa (McGee, 2014). As gliadinas, quando hidratadas, comportam-se como um líquido viscoso que confere à massa a propriedade de extensibilidade (Ceresino, 2018). Em função de sua conformação, as gliadinas atuam como “rolamentos” e permitem que determinadas partes das gluteninas deslizem umas em relação às outras sem o estabelecimento de ligações entre suas cadeias (McGee, 2014).

A elasticidade e a força da massa, por sua vez, se devem à estrutura helicoidal e sinuosa das gluteninas (Figura 3). Juntas, gliadinas e gluteninas conferem a propriedade viscoelástica à massa do pão (McGee, 2014; Ceresino, 2018).



Figura 3: Representação de uma das subunidades das gluteninas. Fonte: Ribeiro, 2012.

As interações entre as cadeias de glutenina, uma proteína polimérica e fibrosa, se devem, principalmente, ao fato de que suas extremidades apresentam aminoácidos que contêm enxofre, como a cisteína (Figura 3). Isso resulta na formação de pontes de dissulfeto (-S-S-) com os mesmos aminoácidos nas extremidades de outras cadeias da mesma proteína, o que contribui para as estruturas secundárias e terciárias dos polipeptídeos como o glúten (Atkins e Jones, 2001; Balakireva e Zamyatnin Jr, 2016; McGee, 2014). O grupo funcional tiol (grupo -SH) ao longo da cadeia da glutenina também permite o estabelecimento de pontes de dissulfeto, o que leva à formação de uma rede extensa e que confere ao glúten estabilidade e força. As interações intra e intermoleculares são importantes na estabilização da estrutura polimérica da glutenina, bem como as ligações de hidrogênio entre

as cadeias polipeptídica do glúten. A Figura 4 apresenta a estrutura quaternária na cadeia polipeptídica de proteínas do glúten (McGee, 2014; Ceresino, 2018).

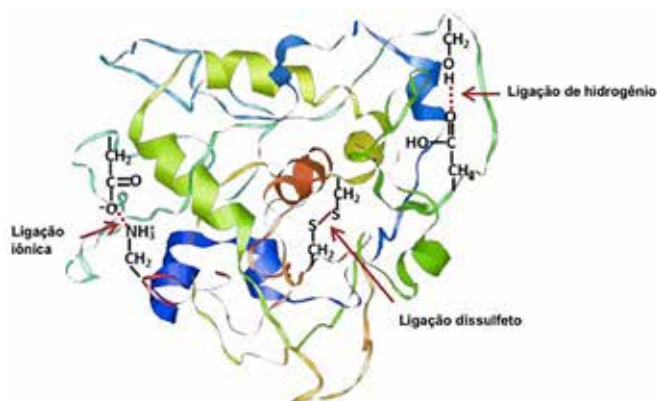


Figura 4: Representação das ligações químicas na cadeia polipeptídica do glúten. Fonte: Ceresino, 2018.

A estrutura quaternária representada na Figura 4 indica a disposição de mais de uma cadeia polipeptídica (subunidades) na composição do glúten. As setas mostram algumas das interações que ocorrem: uma ponte de dissulfeto; a ligação de hidrogênio, que neste caso se estabelece entre o hidrogênio da hidroxila e o oxigênio da carbonila; e uma ligação iônica, também denominada ponte salina ou interação iônica, formada entre as cadeias laterais de um aminoácido que possui o grupo amino (NH_3^+ , carregado positivamente) e o grupo carboxílico (COO^- , carregado negativamente). O estabelecimento dessas interações entre os aminoácidos que estão localizados em diferentes pontos da estrutura primária resulta na estrutura tridimensional assumida pelo polipeptídeo (Atkins e Jones, 2001; Ribeiro, 2012; Ceresino, 2018).

Esse conjunto de aspectos explica a elasticidade do glúten, pois as estruturas secundárias e terciárias tornam a cadeia de glúten sinuosa e helicoidal. O ato de sovar a massa, ou seja, a força mecânica que exercemos com as mãos estende

O ato de sovar a massa, ou seja, a força mecânica que exercemos com as mãos estende a massa, alongando as curvas sinuosas e as espirais do glúten se reconstituem e a massa volta a apresentar o tamanho e as formas de origem [...].

a massa, alongando as proteínas do glúten. Ao cessar a sova as curvas sinuosas e as espirais do glúten se reconstituem e a massa volta a apresentar o tamanho e as formas de origem (Apêndice II, imagens de 6 a 8).

As controvérsias em torno do glúten têm gerado, por um lado, a busca por dietas sem glúten (*glutenfree*) e, por outro, o desenvolvimento por parte da indústria alimentícia de opções culinárias sem glúten. O fato é que os grãos responsáveis pela formação do glúten são amplamente consumidos, sendo que a quantidade de proteínas varia conforme a qualidade do trigo e depende de vários fatores, como as condições ambientais do plantio (tipo de solo, uso de fertilizantes e agroquímicos) e a variedade genotípica do trigo cultivado, o que dificulta a análise e o entendimento dos distúrbios associados a seu consumo, como a doença celíaca e as alergias associadas ao trigo.

Segundo Pollan (2014), essa aversão ao glúten pode estar associada ao fato de que passamos a consumir nas últimas décadas uma série de alimentos industrializados (pães, bolos e bolachas) que não passaram pelo processo de fermentação natural, responsável pela quebra parcial do glúten, facilitando a sua digestão e eliminando alguns peptídeos responsáveis pela intolerância. Além do fato das práticas modernas de cozimento terem reduzido o processo de fermentação do pão, Biesiekierski (2017) destaca que existem fontes, nem sempre tão óbvias, de glúten em inúmeros alimentos processados, como: carnes, frutos do mar reconstituídos, espessantes, emulsificantes ou agentes gelificantes em balas, sorvetes, manteiga, temperos, molhos, etc. Ou seja, o glúten, em função de suas propriedades, é comumente utilizado como um aditivo nos alimentos para melhorar a textura, sabor e retenção de umidade.

Com relação à interface com o ensino de química, sugerimos explorar a formação do glúten e a sua importância na estrutura da massa de pão para discutir aspectos da química orgânica como, por exemplo, o estudo das proteínas.

Cada situação de contextualização explicitada no

Quadro 2: Abordagem das proteínas em sala de aula.

Parte	Contextualização	Tópicos conceituais abordados	Recursos / Fonte de pesquisa
I	Como a formação do glúten confere à massa uma estrutura elástica e coesa?	Interações intermoleculares.	Atividade de sensibilização a partir de uma mistura de água e farinha.
II	Como são formadas as proteínas?	Polímeros, aminoácidos, aminas, ácidos carboxílicos e ligação peptídica.	Francisco Junior e Francisco (2006).
III	Qual o papel das interações na estrutura de uma proteína?	Interações intermoleculares. Estrutura primária, secundária, terciária e quaternária. Desnaturação.	Correia <i>et al.</i> (2004). Francisco Junior e Francisco (2006).

Quadro 2 é uma forma do professor apresentar o objeto de estudo de forma dialogada com o estudante, acessar seu conhecimento prévio e, ao mesmo tempo, evidenciar que apenas o seu conhecimento não é suficiente para compreender determinados aspectos da constituição das proteínas, sendo necessário ampliá-lo. Na parte I, por exemplo, sugerimos associar a formação do glúten a partir de algum tipo de atividade de sensibilização, como a manipulação de uma mistura de farinha e água. O trabalho tátil com a massa, as diferentes quantidades de água para formar a mistura e até mesmo o uso de melhoradores de farinha, são meios para que o estudante perceba, de forma concreta, como se dá a formação das cadeias de glúten e como isto confere à massa uma estrutura elástica e coesa. A partir da percepção do fenômeno é fundamental transitar para o nível representacional e discutir, de acordo com a Figura 2, a interação entre as cadeias de gliadina e glutenina na formação do glúten. Na parte II, professor e estudantes exploram como se dá a formação de uma proteína. A formação de uma cadeia peptídica, por exemplo, pode ser realizada a partir de uma das frações de aminoácidos que formam a gliadina, como glutamina, prolina, fenilalanina e tirosina. Neste sentido, sugerimos o trabalho de Francisco Junior e Francisco (2006) que, além do respaldo teórico, sugerem um experimento simples que auxilia na discussão de temas ligados à alimentação.

Como mencionamos anteriormente, em função do tamanho e do tipo de interação, as proteínas do glúten assumem diferentes formas no espaço, associadas ao nível conformacional de uma proteína. Esse estudo, na parte III, permite compreender a instabilidade das proteínas em diferentes condições. Diferentemente dos carboidratos e das gorduras, as proteínas podem desnaturar e modificar a sua estrutura quando expostas ao calor, ao sal, ao ar ou até mesmo aos ácidos (McGee, 2014). Por se tratar de algo que transita pelos níveis representacional e submicroscópico do conhecimento químico, sugerimos a atividade proposta por Correia *et al.*

(2004), que faz o uso de cliques coloridos e massa de modelar para representar a estrutura primária de uma proteína e suas interações. Ao associar a estrutura molecular de um aminoácido com uma determinada cor do clipe, analisam-se os grupos funcionais que podem interagir entre si e ligá-los por meio da massa de modelar, de modo a discutir a forma espacial de uma proteína.

Interpretação de rótulos de pães industrializados

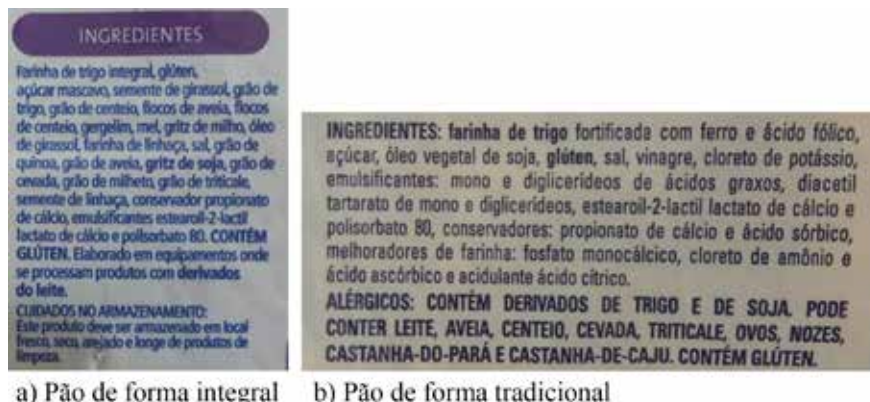
Tendo em vista a quantidade de alimentos industrializados que são ofertados e o fato de que a maioria dos pães que consumimos são produzidos pela indústria alimentícia, é importante desenvolvermos junto aos estudantes o hábito de leitura e interpretação dos rótulos desse tipo de alimento. A literatura apresenta algumas possibilidades nesse sentido, com enfoque no reconhecimento dos tipos de nutrientes presentes nos alimentos (glicídios, proteínas e lipídios), o teor calórico e o seu papel no organismo (Chassot *et al.*, 2005; Neves, Guimarães e Merçon, 2009; Cunha, 2018). Além de possibilitar uma interface com os conteúdos da química, esse tipo de atividade mostra como deve ser constituído um rótulo, com base nas especificações

da ANVISA (2005). A lista dos ingredientes, origem, prazo de validade, conteúdo líquido (quantidade total de produto contido na embalagem), lote e a tabela nutricional são itens obrigatórios. Além disso, informações sobre conservantes, lactose, glúten e outras substâncias que são usadas na composição de alimentos

enlatados e processados são importantes para pessoas que apresentam algum tipo de doença, alergia ou intolerância a algum componente do alimento.

No intuito de dialogar com as recomendações do Guia Alimentar para a população brasileira, propomos uma atividade que tem como objetivo principal classificar o alimento com base no seu grau de processamento. Apresentamos, na Figura 5, rótulos de pães que podem ser adquiridos em supermercados e padarias.

Tendo em vista a quantidade de alimentos industrializados que são ofertados e o fato de que a maioria dos pães que consumimos são produzidos pela indústria alimentícia, é importante desenvolvermos junto aos estudantes o hábito de leitura e interpretação dos rótulos desse tipo de alimento.



a) Pão de forma integral b) Pão de forma tradicional

Figura 5: Ingredientes encontrados em pães comercializados.

A Figura 5 apresenta a lista dos ingredientes que são utilizados na produção de cada tipo de pão. Essa lista, de acordo com as normas da ANVISA (2005), apresenta os ingredientes em ordem decrescente, ou seja, o primeiro ingrediente é aquele que está em maior quantidade e o último, em menor quantidade no produto. Seguem algumas sugestões para discussão em sala de aula: a ordem de apresentação dos ingredientes apresenta algum significado? O rótulo do alimento apresenta algum tipo de informação para pessoas que possuem alguma restrição alimentar? No rótulo do pão, há ingredientes que são produzidos pela indústria? Em caso afirmativo, cite dois exemplos e a sua função. Com base na classificação do Guia Alimentar, como podemos classificar os pães (a e b)?

Os questionamentos apresentados são sugestões para que o professor discuta em sala de aula o fato de que os pães comercializados, em sua maioria, são alimentos ultraprocessados (Quadro 1). Para fomentar as discussões e as reflexões acerca do impacto dos ultraprocessados em nossa alimentação, sugerimos resgatar do questionário o tipo de pão que geralmente é consumido pelos estudantes, para classificá-los com base no Guia Alimentar. Além disso, é interessante que os estudantes procurem discutir a experiência que eles possuem com esse alimento em particular. Trata-se de algo fundamental para que possamos perceber que a escolha por um determinado alimento não deve ser pautada apenas em função do teor calórico e dos nutrientes que o compõem, e sim pelo seu grau de processamento, uma vez que os ultraprocessados apresentam uma série de substâncias sintetizadas pela indústria e quantidades

maiores de sal, açúcar e gordura em sua formulação, o que tem contribuído para uma série de problemas de saúde, como hipertensão, sobrepeso e obesidade. Aliás, se compararmos os ingredientes dos pães representados na Figura 5, notamos que o pão de forma tradicional (b) apresenta em sua formulação açúcar e gordura vegetal hidrogenada, que o tornam mais calórico em relação ao pão de forma integral (a).

Considerações finais

Contemplar a feitura do pão de fermentação natural na escola é um meio para problematizar como as dimensões social, tecnológica e econômica moldaram ao longo do tempo a nossa relação com o preparo do alimento, deixando que essa atribuição fosse assumida cada vez mais pela indústria alimentícia. Nesse sentido essa temática é importante na busca de um ensino de Química que explore o diálogo com diferentes áreas do conhecimento, a vivência do estudante, que fomente o seu

processo reflexivo e que resulte na adoção de uma postura crítica e voltada para uma sociedade mais igualitária e que utilize os recursos naturais de forma sustentável.

Contemplar a feitura do pão de fermentação natural na escola é um meio para problematizar como as dimensões social, tecnológica e econômica moldaram ao longo do tempo a nossa relação com o preparo do alimento, deixando que essa atribuição fosse assumida cada vez mais pela indústria alimentícia.

241

Aroldo Nascimento Silva (arosilva32@gmail.com), licenciado em Química, mestre e doutor na área de Ensino de Ciências pela USP, atualmente é professor/pesquisador na área de Educação Química. São Paulo, SP – BR. **Fabiana Campacci Frísio** (fcfrisio@gmail.com), é licenciada e mestra na área de Educação pela UNESP, atualmente é professora na Secretaria Municipal de Educação. São Paulo, SP – BR.

Referências

ABESO. *Mapa da obesidade*. Disponível em: <https://abeso.org.br/obesidade-e-sindrome-metabolica/mapa-da-obesidade/>. Acesso em mai. 2020.

ANVISA. *Rotulagem nutricional obrigatória: manual de orientação aos consumidores*. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. Disponível: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/396679/manual_consumidor.pdf/e31144d3-0207-4a37-9b3b-e4638d48934b, acesso em jun. 2020.

ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Trad. I. Caracelli et al. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BALAKIREVA, A. V. e ZAMYATNIN Jr., A. A. Properties of gluten intolerance: gluten structure, evolution, pathogenicity and detoxification capabilities. *Nutrients*, v. 8, 2016.

BIESIEKIERSKI, J. R. What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, n. 32 (suppl. 1), p. 78–81, 2017.

BRAIBANTE, M. E. F.; SILVA, D.; BRAIBANTE, H. T. S. e PAZINATO, M. S. A química dos chás. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 3, p. 168-175, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf, acesso em mai. 2020.

CAMARGO, L. M. *Pão nosso: receitas caseiras com fermento natural*. São Paulo: Editora Panelinha, 2013.

CERESINO, E. B. *Ligações cruzadas em proteínas do glúten aplicando transglutaminase de Streptomyces sp. CBMAI 1617 em massa de trigo e outros materiais*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

CHASSOT, A.; VENQUIARUTO, L. D. e DALLAGO, R. M. De olho nos rótulos: compreendendo a unidade caloria. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 10-13, 2005.

COOKED (Temporada 1, ep. 3). Alex Gibney. Estados Unidos: Netflix, 2016. Streaming (53 min.).

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

CUNHA, M. B. O glúten em questão. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 1, p. 59-64, 2018.

DIAS, P. C.; HENRIQUES, P.; ANJOS, L. A. e BURLANDY, L. Obesidade e políticas públicas: concepções e estratégias adotadas pelo governo brasileiro. *Cadernos de Saúde Pública*, n. 7, v. 33, 2017.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. e FRANCISCO, W. Proteínas: hidrólise, precipitação e um tema para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 12-16, 2006.

JACOB, H. E. *Seis mil anos de pão*. Trad. J. M. Justo. São Paulo: Nova Alexandria, 2003.

MARCONDES, M. E. R. Proposições metodológicas para o ensino de química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. *Revista em Extensão*, v. 7, 2008.

MC GEE, H. *Comida e cozinha: ciência e cultura da culinária*. Trad. M. B. Cipolla. 2ª ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2014.

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

NEVES, A. P.; GUIMARÃES, P. I. C. e MERÇON, F. Interpretação de rótulos de alimentos no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 34-39, 2009.

NUPENS. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2019. Disponível em: <https://www.fsp.usp.br/nupens/o-que-e-o-guia-alimentar/>, acesso em mai. 2020.

POLLAN, M. *Cozinhar: uma história natural da transformação*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2014.

RIBEIRO, A. C. *Estudo estrutural da gliadina*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ROSA, N. A. e AFONSO, J. C. A química da cerveja. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 2, p. 98-105, 2015.

SOARES, R. M. D. *Caracterização físico-química, morfológica e influência da reticulação em suspensões precursoras e biofilmes de gliadina*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008.

KATZ, S. E. *A arte da fermentação: explore os conceitos e processos essenciais da fermentação praticados ao redor do mundo*. Trad. C. Yamagami. São Paulo: Tapioca, 2014.

VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M.; VANZETO, J. e DEL PINO, J. C. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: um estudo envolvendo a produção artesanal do pão. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 3, p. 135-141, 2011.

WARTHA, E. J. e FALJONI-ALARIO, A. A contextualização no ensino de Química através do livro didático. *Química Nova na Escola*, n. 22, p. 42-47, 2005.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L. e BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 84-91, 2013.

Abstract: *The chemistry of naturally fermented bread and the changes in our relationship with the preparation of this food.* In this paper we present the chemistry related to the manufacturing of naturally fermented bread and the impact of the fact that food industry took over the greatest part of its production and commercialization, particularly from the 19th Century Industrial Revolution onwards. By means of a contextualized approach, we propose possibilities for discussing this theme in high school to approach organic chemistry contents.

Keywords: bread, fermentation, chemistry teaching.

APÊNDICE I

Levantamento do conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema.

- Em seu dia a dia, você consome pão?
() Não. Por que?
() Sim. Qual?
- Você sabe quais são os ingredientes necessários para se fazer um pão?
() Não
() Sim. Quais?
- Você sabe fazer um pão?
() Não
() Sim. Como?
- Existe alguma diferença entre o pão feito em casa e o pão adquirido em padarias ou supermercados?
() Não
() Sim. Qual(is)?
- Na sua família há alguém que tem o hábito de fazer pão?
() Não
() Sim. Quem?
- Caso tenha respondido sim na questão anterior, converse com essa pessoa para saber como ela faz o pão e, em seguida, registre de forma sucinta as principais etapas do processo.
- Qual a importância do processo de fermentação e do seu controle na preparação do pão?
- Quais são os produtos da fermentação e o nome dos gases responsáveis pela expansão da massa?
- Você conhece o processo de fermentação natural?
() Não
() Sim. Como é?
- Quando você adquire um alimento industrializado, qual é o principal aspecto que você considera? Justifique.
a) Preço do produto.
b) Ingredientes.
c) Informações nutricionais.
d) Sabor.

APÊNDICE II

Algumas etapas envolvidas na preparação do pão de fermentação natural.

Fermento natural, nutrido com água e farinha. O aumento de volume, perceptível visualmente, ilustra a atividade das leveduras (2 e 3). Em 4, realiza-se o teste de flutuação com uma pequena porção do fermento. O fato da amostra flutuar indica que o fermento está ativo o suficiente para panificar.			
Mistura dos ingredientes. Em 5, realiza-se a mistura de água mineral e farinha. Em 6, incorpora-se o fermento refrescado. Em 7, inicia-se o processo de sova para desenvolver as cadeias de glúten. Em 8, realiza-se a verificação do chamado ponto de véu, uma forma de verificar que as cadeias de glúten estão desenvolvidas, com elasticidade e coesão adequadas para a estrutura do pão.			
Dobras e boleamento da massa. No decorrer da primeira fermentação, realizam-se dobras na massa para favorecer o desenvolvimento e as interações entre as proteínas do glúten (9 e 10). Ao final dessa etapa, realiza-se o boleamento da massa para dar forma ao pão (11 e 12). Essa etapa precede a segunda fermentação, realizada na geladeira.			
Cocção do pão. Inicia-se o processo de cocção com a panela fechada para que ocorra a expansão da massa (13). Em seguida, retira-se a tampa para finalizar a cocção (14 e 15). Em 16, observa-se o miolo do pão, constituído de glúten e amido e as bolhas de gás que foram rompidas no forno, responsáveis pela textura e leveza adquirida pela massa.			

Fonte: Elaborado pelos autores.



Iohana S. Santarelli, Gabriela Venturi, Catarinie D. Pereira, Karine P. Naidek e Brenno R. M. Oliveira

O presente trabalho discute a importância da extensão universitária como um meio de divulgação científica. Foi realizada uma análise dos resultados de um programa de extensão chamado “Cientifi-CIDADE: popularizando a Ciência e a universidade”, desenvolvido por professores e acadêmicos da licenciatura em Química de uma universidade na cidade de Joinville-SC, ao longo de dois anos de sua execução. As três ações que formam o programa (Universidade na Rede; Universidade na Escola e Escola na Universidade) mostraram-se eficazes na divulgação científica e na construção de conhecimentos por parte de estudantes do Ensino Médio e trouxeram contribuições para a formação docente dos acadêmicos do programa.

► divulgação científica, ensino de química, extensão universitária ◀

Recebido em 22/07/2020, aceito em 24/10/2020

A Ciência e a Tecnologia têm cada vez mais se mostrando essenciais na sociedade, contribuindo diretamente para o seu desenvolvimento, mas também impondo novos desafios, a partir das diversas problemáticas que as envolvem. Em vista disso, a relação de mútua interferência entre Ciência, Tecnologia e Sociedade tem sido alvo de muitas discussões no atual cenário do ensino de Química (Bouzon *et al.*, 2018; Schnetzler, 2004). Alguns autores defendem a utilização de Ciência e Tecnologia para a formação de cidadãos. Toti, Pierson e Silva (2000) destacam que:

*[...] a maior parte desses argumentos se apoia na ideia de que a educação científica é parte essencial da formação de um cidadão, que em certa medida é um cidadão universal, que se identifica não necessariamente com um conjunto de direitos e deveres tutelados pelo estado, mas, sobretudo, com a cultura humana, para a qual a cultura científica é, destacadamente, parte relevante (Toti *et al.*, 2000, p. 2).*

[...] a Ciência é uma construção humana e, como tal, evolui, acerta, erra, tem caráter dinâmico. Com isso, o conhecimento científico também acompanha tal dinamismo e precisa, constantemente, ser comunicado à população, independentemente de faixa etária, classe social, gênero, localização, etc.

Assim sendo, a Ciência é uma construção humana e, como tal, evolui, acerta, erra, tem caráter dinâmico. Com isso, o conhecimento científico também acompanha tal dinamismo e precisa, constantemente, ser comunicado à população, independentemente de faixa etária, classe social, gênero, localização, etc. Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007) consideram que:

*[...] precisamos de uma imagem de ciência e tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico-tecnológico, entendido como produto resultante de fatores culturais, políticos e econômicos. Seu contexto histórico deve ser analisado e considerado como uma realidade cultural que contribui de forma decisiva para mudanças sociais, cujas manifestações se expressam na relação do homem consigo mesmo e os outros (Pinheiro *et al.*, 2007, p.1).*

O contato do cidadão com o conhecimento científico não deve ser realizado apenas durante sua trajetória escolar, no ambiente físico da escola, mas em todos os meios e formas de comunicação, em ambientes formais e não formais, a partir

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



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

de ações de todos os profissionais das áreas afins. A divulgação científica tem como finalidade aproximar o cidadão da Ciência de forma que o indivíduo consiga compreender a informação. Albagli (1996, p. 2) ressalta que a “divulgação supõe a tradução de uma linguagem especializada para uma leiga, visando a atingir um público mais amplo”.

Além disso, a divulgação científica incentiva a população a se interessar pela Ciência. Se por um lado, atualmente, há grande interesse dos indivíduos em conhecer a Ciência, os benefícios das pesquisas e a aplicação cotidiana dos conhecimentos, por outro lado, muitos rótulos são criados e, em alguns casos, criam-se estereótipos negativos sobre áreas da Ciência, como a Química, ou ainda, sobre o perfil de um cientista e seu ambiente de trabalho, que reforçam a falta de interesse das pessoas pela Ciência.

Dessa situação, aparentemente contraditória, surge a necessidade de buscarmos uma divulgação científica mais crítica, capaz de conscientizar as pessoas e permitir o acesso ao conhecimento científico, desmitificando ideias e emancipando o pensamento dos cidadãos.

A divulgação científica é um dos meios que permitem ao público leigo compreender a Ciência e a sua lógica, e se tornar capaz de desvendar e solucionar problemas relacionados a fenômenos já estudados. Nesse sentido, para que a divulgação possa alcançar maior eficácia, é primordial que haja um esforço no sentido de tornar a linguagem técnica acessível a todos.

A divulgação científica estimula ainda a consciência da população e expande a sua visão em relação às questões sociais, econômicas e ambientais, e também possibilita a troca de saberes entre a sociedade e a universidade, o que viabiliza a construção do conhecimento.

Um estudo liderado por Cunha (2017) constatou que, aplicado um mesmo questionário a dois grupos distintos – um deles não recebeu informações sobre determinado assunto, e o outro fez uma leitura prévia de um texto sobre o tema – as respostas obtidas foram mais satisfatórias no segundo grupo do que no primeiro. Porém, ao analisar as opiniões críticas sobre o assunto, foi constatado que em nenhum dos grupos houve convicção sobre o tema. A partir disso, podemos dizer que somente a leitura não faz com que os leitores se tornem pessoas críticas. É necessário que haja mediação de professores e cientistas para que, na formação estudantil, os estudantes consigam opinar sobre assuntos e embasar suas hipóteses em conhecimentos adquiridos. Por isso, é importante que haja a mediação dos professores na forma com que a ciência é comunicada, superando as dificuldades da transposição dos conteúdos para uma linguagem e um formato acessíveis.

No mundo contemporâneo existem diversos veículos utilizados para a divulgação científica como, por exemplo, os jornais e revistas científicas, os museus científicos, os canais de televisão e *internet*, as redes sociais, *weblogs* ou *sites*, entre outros.

A divulgação científica é um dos meios que permitem ao público leigo compreender a Ciência e a sua lógica, e se tornar capaz de desvendar e solucionar problemas relacionados a fenômenos já estudados.

Um espaço bastante explorado no meio acadêmico para realizar a divulgação científica é a extensão universitária, que pode contemplar atividades distintas para promover a interação entre o ambiente acadêmico e a comunidade na qual ele está inserido, tornando o conhecimento científico mais acessível à população.

Nunes e Silva (2011) defendem a ideia de que a universidade deve ser mais do que um laboratório, objeto de estudo ou campo de pesquisas, mas também um ambiente humano, com pessoas, demandas, reivindicações, anseios e saberes que se encontram dentro e fora da universidade.

Além disso, a extensão universitária pode proporcionar uma troca de saberes acadêmicos e populares, o que possibilita o aprendizado de valores e o acesso à cultura de sua comunidade, bem como a divulgação do conhecimento científico.

A extensão universitária tanto pode promover atividades nas quais a comunidade geral pode ser inserida no espaço físico do campus para participar de atividades e vivenciar um pouco desse ambiente, quanto pode estreitar a relação com a população indo até os mais remotos ambientes da comunidade. É desse contato da universidade com a sociedade que surge a legitimidade da estrutura das ações de extensão e de seu currículo.

Melo Neto (2013) defende que a extensão universitária é:

um trabalho social útil sobre a realidade, realizado como processo dialético de teoria e da prática dos sujeitos envolvidos, externando um produto que é o conhecimento novo, cuja produção e aplicabilidade possibilitam o exercício do pensamento crítico e do agir coletivo (Melo Neto, 2013, p. 15).

A partir disso, Jezine (2004) defende que:

A nova visão de extensão universitária passa a se constituir parte integrante da dinâmica pedagógica curricular do processo de formação e produção do conhecimento, envolvendo professores e alunos de forma dialógica, promovendo a alteração da estrutura rígida dos cursos para uma flexibilidade curricular que possibilite a formação crítica (Jezine, 2004, p. 3).

É de ressaltar que a conceituação da extensão universitária no Brasil vem evoluindo com a ampliação dos debates nesse âmbito, tanto na compreensão dos papéis dos envolvidos, quanto nas legislações e políticas públicas que regem as ações extensionistas.

Nesse sentido, Villar (2011) discute que a extensão universitária passou a ser concebida de maneira mais ampla do que apenas um meio de oferecimento de cursos e conferências ou da prestação de serviços à comunidade, em um sentido mais assistencialista; tornando-se um espaço de relação indissociável da pesquisa e do ensino, que se inicia

na produção e sistematização do conhecimento e vai até a divulgação no âmbito acadêmico e social. Ou seja, as ações extensionistas proporcionam:

uma relação dialógica entre universidade e sociedade, através da troca de saberes entre o conhecimento comum (popular) e o conhecimento científico (acadêmico), materializando o confronto do conhecimento científico, tecnológico e filosófico produzido na academia com as experiências concretas vividas na realidade social (Villar, 2011, p. 54).

Outros autores (Pucci, 1991; Oliva, 1995; Sousa, 2001; Serrano, 2001) também defendem a ideia de que a extensão universitária deve priorizar a integração entre as atividades de ensino, pesquisa e extensão, bem como a relação universidade-sociedade, de modo a superar a visão simplista de universidade-trabalho em um sentido mais amplo de compromisso social, e também deve envolver aspectos morais, culturais e ideológicos na articulação entre esses pilares, produzindo transformações dentro e fora da universidade.

Perante essa reflexão que permeia o arcabouço teórico da extensão universitária e da divulgação científica, o presente trabalho se propõe a avaliar as ações de um programa de extensão realizado durante os anos de 2018 e 2019, que teve como principal objetivo a divulgação científica e a aproximação da universidade com a comunidade. Tal programa, intitulado “Cientifi-CIDADE: Popularizando a Ciência e a Universidade” envolveu docentes e acadêmicos do curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública de Santa Catarina e será referido neste texto apenas como Cientifi-CIDADE. Cabe salientar que, nessa instituição, os programas de extensão são aquelas ações extensionistas compostas por, pelo menos, três projetos de extensão que se articulam entre si.

Percurso metodológico

O programa de extensão Cientifi-CIDADE começou a ser desenvolvido no final de 2017, tendo seu início oficial em 2018. O programa teve como objetivo divulgar a Ciência e o espaço universitário para toda a população da cidade de Joinville e cidades vizinhas, especialmente para alunos de Ensino Médio.

As três ações do programa (1 - Universidade na Rede; 2 - Universidade na Escola e 3 - Escola na Universidade) procuraram atingir esse objetivo de diferentes maneiras. Ademais, as atividades propostas em cada uma das ações buscaram também permitir o desenvolvimento do perfil docente dos licenciandos que participavam do projeto, o que envolveu a exploração do caráter investigativo durante

os processos de planejamento de materiais e no exercício da docência durante as atividades de ensino, o estímulo à criatividade na construção de materiais didáticos relacionados a Química, a melhoria tanto da comunicação escrita e falada quanto da organização das ideias, entre outros.

Universidade na Rede

A ação “Universidade na Rede” contemplou atividades de divulgação científica por meio de redes sociais (*YouTube*, *Facebook* e *Instagram*), que são ferramentas de fácil acesso para jovens e adultos. A equipe do Cientifi-CIDADE elaborou diversos materiais como vídeos, imagens e textos, para comporem as “séries” de postagens, realizadas semanalmente. Dentre as séries criadas, destacam-se: “Música com Química”; “Minha Pesquisa é Essa”; “Hoje Conheci um Cientista”; “Acontece na UDESC”, “#tbt”, “Curiosidades da Química”.

Na série “Música com Química” foram feitos vídeos apresentando paródias de músicas envolvendo conteúdos químicos. As letras das paródias foram produzidas pelo coordenador do programa e foram interpretadas (cantadas/tocadas) por estudantes, professores e servidores da própria universidade.

Na série “Minha Pesquisa é Essa” foram produzidos vídeos com estudantes de pós-graduação da área de Química, com o propósito de divulgar o que são as pesquisas científicas desenvolvidas nessa área e quais suas contribuições, e também de explorar de

que maneira as pessoas envolvidas com a pesquisa fazem a transposição da linguagem científica para uma que permita tornar o conhecimento científico acessível a qualquer pessoa que assista ao vídeo.

Na série “Hoje Conheci um Cientista” foram produzidos vídeos com entrevistas realizadas com professores do Departamento de Química da instituição, que discutiram um pouco sobre os trabalhos realizados por eles no ensino, na pesquisa e na extensão. Um dos objetivos dessa série foi o de humanizar e desmitificar a figura estereotipada do cientista.

Na série “Acontece na UDESC” foram produzidos textos e imagens para divulgar o que acontece no dia a dia da universidade, ou seja, as ações e eventos que ocorrem no campus, bem como os serviços oferecidos por parte de diversas ações de extensão para as quais é permitida a participação da população em geral.

Na série intitulada “#tbt”, foram realizadas postagens de fotos das atividades realizadas pelo Cientifi-CIDADE, com o intuito de impulsionar os engajamentos e trazer pessoas novas através do *hiperlink* gerado.

Por fim, na série “Curiosidades da Química” foram produzidos textos e imagens para explicar alguns fatos curiosos sob a perspectiva da Química, como, por exemplo, a composição química do chocolate e o funcionamento dos fogos de artifícios.

Os conteúdos das séries mencionadas podem ser acessados por meio de buscas aos termos @cientificidade_udesc no *Instagram*, @Cientificidade.udesc.CCT no *Facebook* ou Cientifi-CIDADE UDESC no *YouTube*.

Universidade na Escola

A ação “Universidade na Escola” consistiu na divulgação realizada nas dependências físicas das escolas de Joinville e região, tendo como público-alvo apenas estudantes de Ensino Médio. A divulgação consistiu basicamente em expor aos estudantes o amplo campo de atuação da área Química, especialmente em relação ao papel do profissional graduado em Licenciatura em Química por nossa instituição. Durante a exposição também eram apresentadas informações sobre o vestibular, as políticas de auxílio financeiro da instituição e as bolsas de iniciação científica, entre outras informações do universo acadêmico, relevantes para os estudantes que pensam em ingressar no ensino superior.

Ao longo dos dois anos, a estrutura da apresentação foi sendo modificada, passou a ser chamada de “Química em ação”, se tornou mais dinâmica e divertida, tanto com a inclusão de memes e situações cômicas quanto com a realização e explicação de experimentos de Química, e contou com a participação dos estudantes das escolas em discussões sobre como é um cientista e seu ambiente de trabalho.

Nessas discussões, os estudantes deviam escolher alguns adereços para caracterizar um(a) cientista da área da Química e seu ambiente de trabalho, dentre os quais: retrato de família, fones de ouvido, tabela periódica, ampulheta, jaleco, óculos de proteção, peruca do Einstein, óculos comuns, relógio, entre outros. A partir desse estereótipo, os adereços eram retirados gradativamente durante a apresentação conforme iam sendo apresentadas as atribuições e possíveis atuações de um químico, a fim de desmitificar a ideia de um cientista homem, isolado, descabelado, e de construir a ideia de que o cientista é alguém comum, com características normais como as demais pessoas.

Essa divulgação foi realizada oito vezes, nas cidades de Joinville, Barra Velha, Jaraguá do Sul, Garuva e Florianópolis, durante as visitas a escolas públicas e privadas.

Escola na Universidade

A ação “Escola na Universidade” consistiu na divulgação científica no espaço da universidade, por meio de visitas de estudantes do Ensino Médio aos laboratórios de Química da universidade, onde participaram de oficinas temáticas elaboradas pelos integrantes do Cientifi-CIDADE. A primeira oficina temática oferecida foi a de Química Forense e a segunda (em construção) terá como tema o Café.

A oficina se baseou em três momentos principais. Na

problematização inicial, os estudantes eram divididos em grupos de cinco integrantes e deviam solucionar a situação problema proposta: encontrar o culpado pela morte de um químico em uma história em quadrinhos construída pelos integrantes do Cientifi-CIDADE. Na organização do conhecimento os estudantes realizaram sete experimentos que subsidiavam a resolução do caso proposto inicialmente (extração do DNA do morango; teste de presunção de sangue; teste de pH; presença de níquel na água analisada pelo químico; análise de digitais; análise de resíduo de disparo de arma de fogo; e revelação da mensagem oculta deixada pelo químico). Após a realização de cada experimento, a equipe do Cientifi-CIDADE discutia com os estudantes os conceitos químicos envolvidos e a conclusões possíveis a partir de sua realização. Na aplicação do conhecimento, os estudantes responderam a questões sobre conceitos estudados nos experimentos e sobre as evidências construídas a partir desses experimentos que poderiam auxiliar na resolução do caso, e também rediscutiram a situação-problema.

Ao final, os estudantes responderam a um questionário de avaliação da oficina. Em seguida, foi feito um registro fotográfico com a toda a turma. Ao longo dos dois anos, foram realizadas 22 oficinas com estudantes de escolas públicas e privadas, oriundos de Joinville e de outras cidades como Jaraguá do Sul, São Bento do Sul, Barra Velha e Florianópolis.

Ao longo dos dois anos, a estrutura da apresentação foi sendo modificada, passou a ser chamada de “Química em ação”, se tornou mais dinâmica e divertida, tanto com a inclusão de memes e situações cômicas quanto com a realização e explicação de experimentos de Química, e contou com a participação dos estudantes das escolas em discussões sobre como é um cientista e seu ambiente de trabalho.

Resultados e discussões

O Cientifi-CIDADE traz consigo uma abordagem diferenciada da Química no cotidiano, uma vez que busca despertar o interesse dos estudantes para o mundo científico de forma dinâmica. De modo geral, as atividades desenvolvidas no programa trouxeram experiências significativamente positivas, tanto para os graduandos que participaram do programa nesse período de dois anos, como para os estudantes que acompanharam as postagens nas redes sociais, participaram das oficinas de Química Forense ou das apresentações do “Química em ação”.

A seguir são apresentados alguns resultados atingidos por cada uma dessas ações. A discussão acerca da ação “Universidade na Rede” se baseou na análise estatística dos dados e na análise de conteúdo (Bardin, 2004), buscando compreender o significado dos percentuais obtidos nas interações das redes sociais sob a perspectiva de categorias preestabelecidas, que seriam os próprios indicadores. Em relação à ação “Escola na Universidade”, também foi utilizada a análise de conteúdo para discutir os resultados da avaliação das aplicações da oficina de Química Forense. Por fim, a discussão sobre a ação “Universidade na Escola” foi realizada de forma qualitativa, com base nas impressões

e *feedbacks* recebidos presencialmente durante as visitas às escolas, pois não foram coletados dados concretos nessas atividades.

Universidade na Rede – Alguns resultados

Dentro do período analisado, a primeira postagem nas redes sociais do programa aconteceu no dia 14/09/2018 e a última postagem no dia 10/12/2019. Foram feitas 60 publicações, sendo nove vídeos da série “Hoje conheci um cientista”, onze da série “Acontece na UDESC”, três da série “Curiosidades da Química”, 18 publicações de “#tbt”, cinco vídeos da série “Música com Química”, seis vídeos da série “Minha Pesquisa é Essa”, entre outras postagens. Das sessenta publicações, todas foram publicadas no *Instagram*, cinquenta e quatro foram publicadas no perfil do *Facebook* e quarenta e quatro foram publicadas na página do *Facebook*. Vale ressaltar que grande parte do público que acompanha as redes sociais do Cientifi-CIDADE são jovens do Ensino Médio, pois vários deles participaram das outras atividades realizadas pelo Cientifi-CIDADE (“Universidade na Escola” e “Escola na Universidade”) e outros foram encontrados em buscas que a equipe do Cientifi-CIDADE realiza nas redes sociais em relação aos perfis atrelados às páginas e grupos das escolas de Ensino Médio de Joinville e região.

248

Nessas redes sociais, existem formas de avaliar se há pessoas interagindo com as suas postagens, como, por exemplo, as curtidas (*likes*) no *Instagram* e no *Facebook*. Nessas interações também se encaixam os comentários a uma publicação e os compartilhamentos (quando algum usuário gosta da sua publicação e quer mostrar a outras pessoas).

Além das interações, as redes sociais também oferecem a possibilidade de se medir o alcance de uma publicação, ou seja, identificar quantas pessoas não diretamente ligadas à página tiveram acesso à publicação sem interagir. Já os envolvimento, que aparecem somente nas páginas do *Facebook*, têm a mesma função de uma interação social e representam a soma de curtidas, compartilhamentos e comentários em uma publicação. Diante disso, a análise de impacto das publicações de cada uma das redes sociais foi realizada com base no somatório das interações obtidas em cada uma delas.

Ao todo, foram 2520 *likes* na rede social *Instagram* e 1260 *likes* e 282 compartilhamentos no perfil do programa no *Facebook*. Já na página, observamos um alcance de 16455 perfis e um envolvimento de 1998 perfis. De acordo com esses números, obtivemos aproximadamente 40 interações para cada publicação no *Instagram*, cerca de 24 interações para cada publicação no perfil do *Facebook* e 45 interações na página. Logo, a página do Cientifi-CIDADE no *Facebook* é a rede social com mais interações do público, seguido pelo perfil do *Instagram*.

As séries que mais atingiram o público no *Instagram* foram “#tbt”, “Hoje Conheci um Cientista”, “Música com Química”, “Curiosidades da Química” e “Minha Pesquisa é Essa”, em ordem decrescente de interações, conforme pode ser observado na Figura 1.

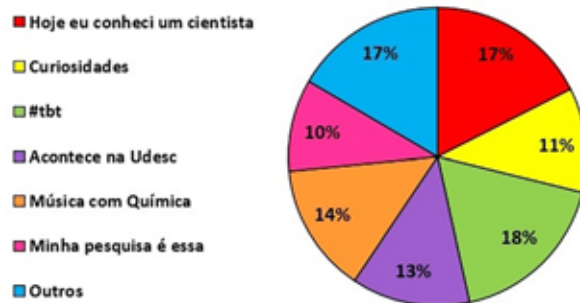


Figura 1: Interações na rede social *Instagram*

Apesar das percentagens estarem bem distribuídas entre as séries, os resultados denotam que a série “#tbt” foi a que teve a maior interação com o público, o que pode ser explicado pelo fato de a maioria das postagens envolver a participação dos estudantes nas oficinas e nas demais atividades; os estudantes interagem mais por quererem ver a sua escola, seus colegas e até a si mesmos nas redes sociais do projeto.

Em contrapartida, a série “Minha Pesquisa é Essa” foi a de menor interação, o que nos leva a considerar a possibilidade de o público-alvo não ter se interessado por um conteúdo voltado à pesquisa científica.

A Figura 2 apresenta os resultados das interações no perfil do projeto no *Facebook*.

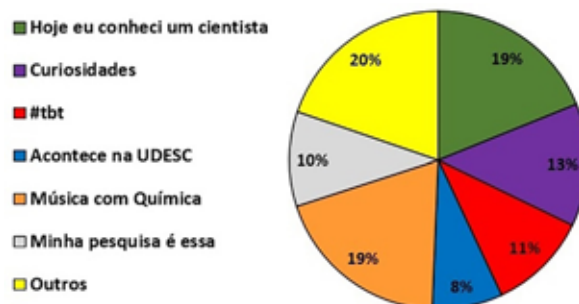


Figura 2: Interações no perfil na rede social *Facebook*.

As séries que mais tiveram interações do público no perfil do *Facebook* foram “Hoje Conheci um Cientista” e “Música com Química”. Isso pode sugerir uma boa aceitação em relação aos assuntos, a forma de abordagem e também pelo fato de os materiais serem publicados por meio de vídeos. As mesmas publicações feitas em vídeo no *Facebook* foram feitas no *Instagram* (com apenas uma imagem de divulgação e um *link* direcionando para o *YouTube*), rede que apresentou menor aceitação dos materiais.

A Figura 3 apresenta os resultados das interações na página do *Facebook*.

Os resultados apresentados pela página do *Facebook* mostram que “Música com Química” e “Hoje conheci um cientista” foram as séries mais acessadas. As justificativas para esse resultado são análogas àquelas apresentadas para o perfil do *Facebook*.

Para a construção dos três gráficos (Figuras 1 a 3) foram utilizados somente dados referentes às interações nas redes

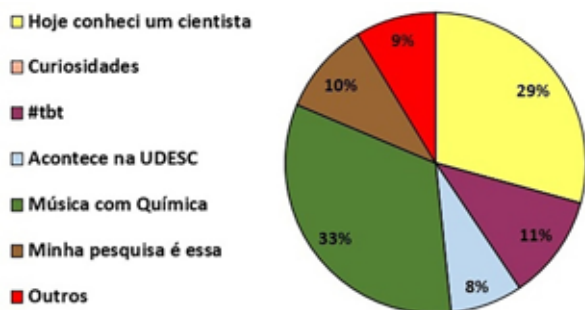


Figura 3: Interações na página do programa na rede social Facebook.

digitais, sem levar em conta, portanto, os alcances. Para cada uma das redes sociais, foi calculada a média das interações sociais por *post* de cada série. Assim, foi obtido um valor para cada série em cada uma das redes sociais, o que possibilitou identificar qual série mais se destacou em cada uma delas.

Todas as séries foram desenvolvidas com o objetivo de atrair a população para a Ciência e a universidade. As temáticas escolhidas foram pensadas para que as publicações alcançassem mais pessoas nas redes sociais e levassem a elas a Ciência de um modo descontraído, despertando o interesse da comunidade. Além disso, as séries tinham como propósito desmitificar a Ciência e a universidade, as pesquisas universitárias e sua importância, quebrar tabus relacionados à Química e aos cientistas, e ensinar Química usando recursos didáticos de imagem e som.

Embora algumas dessas séries tenham alcançado um público bem maior do que outras, isso contribuiu para o crescimento das redes sociais do projeto e ajudou na divulgação das postagens, uma vez que, a partir do momento que um usuário se torna seguidor da página, ele passa a receber atualizações das postagens.

Consideramos que esses resultados condensam o *feedback* da comunidade em relação ao conteúdo e ao formato dos materiais produzidos, indicando possíveis caminhos de modificações e melhorias ou reafirmando algumas das estratégias estabelecidas para a produção das séries.

A Tabela 1 apresenta as séries produzidas pelo Cientifi-CIDADE em ordem de acesso a cada rede social.

As séries "Hoje Conheci um Cientista", "Música com Química" e "#tbt" foram as que tiveram maior destaque,

conforme dados da Tabela 1, ocupando os primeiros lugares no número de acessos nas três redes sociais. Isso pode ser um indício de que o público, mais especificamente os estudantes, gostam desses assuntos e aprovaram a forma com que foram abordados. Os estudantes podem, por exemplo, assistir às entrevistas com os cientistas e se identificarem com a pessoa ou o seu trabalho, ou ouvir as paródias que abordam os conteúdos químicos, o que pode ser uma ótima forma de relembrar os conceitos aprendidos em Química. Além disso, observamos, por meio de *feedbacks* de discentes que acompanham as redes sociais do projeto, que tais ferramentas possibilitam aos professores que atuam no Ensino Médio a utilização de um recurso didático acessível.

A Figura 4 ilustra algumas das ações desenvolvidas nas redes sociais do Cientifi-CIDADE.

Universidade na Escola – Alguns resultados

Em relação à ação "Universidade na Escola", embora as apresentações tenham sido planejadas pensando em discutir pontos importantes e alcançar maior proximidade com os estudantes, não há dados coletados formalmente que comprovem a interação dos estudantes com o programa Cientifi-CIDADE diretamente.

Entretanto, foram vários os momentos durante o "Química em ação" que apresentaram indícios de seu sucesso, que fizeram os estudantes conhecerem a Química de uma maneira que foge do senso comum, ou seja, de uma forma que talvez eles não estivessem acostumados a ver na escola – uma vez que a maioria das escolas que receberam o programa eram instituições de ensino públicas, de localização afastada e com falta de laboratórios, vidrarias e reagentes. Muitos dos estudantes que participaram do "Química em ação" nunca sequer entraram em um laboratório de Química e, muito menos, participaram de um experimento.

Durante a dinâmica e discussão sobre o cientista da área de Química e seu ambiente de trabalho, em praticamente todas as escolas os estudantes escolheram para representar o cientista um homem de jaleco, com uma peruca do Einstein e um óculos de proteção. Essa figura pouco humana parece não gostar de ouvir música, não parece com uma mulher, não parece ter família ou vínculos sociais. Em contrapartida,

Tabela 1 – Séries do projeto Cientifi-CIDADE: Popularizando a ciência e a universidade, em ordem decrescente de acessos nas redes sociais.

	Instagram	Facebook	YouTube
1º	#tbt	Música com Química	Hoje Conheci um Cientista
2º	Hoje Conheci um Cientista	Hoje Conheci um Cientista	Música com Química
3º	Música com Química	#tbt	Minha Pesquisa é Essa
4º	Acontece na UDESC	Minha Pesquisa é Essa	-
5º	Curiosidades da Química	Acontece na UDESC	-
6º	Minha Pesquisa é Essa	Curiosidades da Química	-

Fonte: Os autores.



Figura 4: Imagens da divulgação da equipe do programa, da série “Hoje conheci um cientista”, “Minha pesquisa é essa” e “Música com Química”

outro objetivo dessa apresentação foi desmitificar a imagem que os estudantes têm de um cientista da área Química e mostrar/debater que a profissão não é exclusivamente masculina (pelo contrário, existem muitas cientistas mulheres de relevância), que ser cientista na Química não significa ficar isolado dentro de um laboratório, ou “explodindo coisas”, como muitos deles pensam.

Durante a apresentação dos experimentos, alguns alunos foram convidados a participar de sua execução e então foi realizada uma breve explicação do que foi observado. Dessa forma, os estudantes não somente se divertiram, mas aprenderam conteúdos químicos.

Foi observado que essa apresentação despertou muito mais o interesse e a participação do público do que o formato anterior, no qual eram apresentadas as informações formais. Isso também foi verificado após as apresentações, momento em que muitos estudantes fizeram perguntas sobre a universidade, sobre o vestibular, e principalmente sobre o valor do acesso ao ensino superior.

Alguns estudantes mostraram-se surpresos quando souberam que a universidade é gratuita e que pode haver isenção de pagamento da taxa do vestibular, bem como que existe a possibilidade de receber algum auxílio financeiro por meio de bolsas. Isso reflete a importância, para a comunidade, da extensão universitária que estimula os estudantes a ingressarem no ensino superior, ao mostrar possibilidades que até então os estudantes não tinham conhecimento.

Além disso, observamos um aumento na procura pelo curso de Licenciatura em Química em nossa instituição e atribuímos parte desse resultado ao trabalho de divulgação realizado pelo Cientifi-CIDADE. No primeiro semestre de 2020 ingressaram 35 estudantes, sendo que anteriormente a média era de aproximadamente 20. Atualmente temos também uma aluna do curso de Licenciatura em Química que participou do “Química em ação” em seu Ensino Médio.

A Figura 5 apresenta alguns registros das apresentações do Química em ação.



Figura 5: Episódios de duas apresentações do Química em ação

Na ação “Escola na Universidade” foram elaboradas formas de avaliar o aprendizado dos estudantes que participaram da oficina, bem como o quanto a oficina foi significativa para eles. Durante todo o processo, os alunos receberam diversos materiais para anotação, sendo o primeiro uma folha de acompanhamento, que inicialmente deveria ser preenchida com os suspeitos do crime. Em seguida, eles passaram a receber os roteiros experimentais, que apresentavam o passo a passo dos procedimentos experimentais e perguntas sobre conceitos químicos do experimento. Após sua execução, cada experimento foi discutido com todos e os aspectos químicos foram explicados. Ao final da oficina, os estudantes receberam uma ficha de avaliação, conforme o modelo da Figura 6.

1) Assinale com um “X” a opção que mais se aproxima de seu nível de concordância. Marque apenas um X para cada proposição.

	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Indiferente	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
1. Foi possível aprender sobre química nesta oficina	😊	😊	😊	😞	😞
2. As explicações para a compreensão dos experimentos foram satisfatórias	😊	😊	😊	😞	😞
3. O conteúdo foi relevante	😊	😊	😊	😞	😞
4. A duração da oficina foi suficiente	😊	😊	😊	😞	😞
5. Gostaria de participar de outras oficinas como esta	😊	😊	😊	😞	😞

2) De que você mais gostou nesta oficina?

3) Se fosse participar de outra oficina temática, sobre qual assunto gostaria de saber mais?

4) Deixe suas sugestões e críticas gerais sobre a oficina.

Figura 6: Ficha de avaliação da oficina

No total, 377 estudantes participaram das oficinas e responderam ao questionário. As respostas foram contabilizadas de 1 a 5, sendo que 1 corresponde a “Concordo totalmente” e 5 corresponde a “Discordo totalmente”. A Figura 7 apresenta os resultados relacionados às duas primeiras afirmações da questão 1: “1- Foi possível aprender Química nesta oficina” e “2- As explicações para a compreensão dos experimentos foram satisfatórias”.

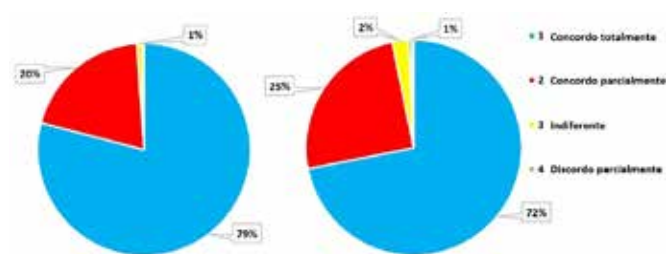


Figura 7: Respostas para a primeira e segunda afirmações da questão 1.

Em relação à primeira afirmação, observamos que a maior parte das respostas ficou compreendida em “concordo totalmente” e “concordo parcialmente”, totalizando 99% das respostas. Situação idêntica foi verificada na segunda afirmação, na qual a maioria das respostas se concentrou em “concordo totalmente” e “concordo parcialmente”, totalizando 97% das respostas.

Observamos que as respostas obtidas para a afirmação “3- O conteúdo foi relevante” ficaram compreendidas em sua maioria em “concordo totalmente” e “concordo parcialmente”, totalizando 98% das respostas. Para a afirmação “4 – A duração da oficina foi suficiente”, as respostas ficaram em sua maioria compreendidas em “concordo totalmente” e “concordo parcialmente” totalizando 88% das respostas. Por fim, para a afirmação “5 - Gostaria de participar de outras oficinas como esta”, 97% dos alunos assinalaram “concordo totalmente” e “concordo parcialmente”.

De modo geral, foi possível verificar que a maioria dos estudantes afirmou que puderam aprender um pouco mais de Química na oficina, que as explicações foram satisfatórias, que os conteúdos foram relevantes, que a duração da oficina foi suficiente e que eles gostariam de participar de outras oficinas como essa.

Observamos que várias respostas à questão “Deixe suas sugestões e críticas gerais para a oficina” criticaram a falta de tempo para a realização dos experimentos e sugeriram uma oficina de 5 horas, em vez das 3 horas e meia realizadas. Ressaltamos que a oficina recebeu muitas escolas e que foi possível notar os diferentes níveis de conhecimento e de aptidão no manuseio dos materiais de laboratório entre os estudantes, o que fazia com que a aplicação durasse mais ou menos tempo de uma escola para outra, mesmo considerando que cada experimento possuía um tempo cronometrado para ser executado.

Ademais, a procura para participação nas oficinas por parte das escolas foi relevante, com fila de aproximadamente 10 escolas em cada semestre. Tudo isso demonstra os bons resultados dessa ação em aproximar os estudantes de uma Química mais aplicada e interessante, bem como de levá-los a conhecer um pouco do espaço acadêmico nos laboratórios da universidade.

A Figura 8 apresenta alguns registros feitos durante aplicações da oficina de Química Forense.

Considerações finais

As ações do Cientifi-CIDADE mostraram-se eficazes e importantes tanto para a formação docente dos acadêmicos, que evoluíram na docência ao planejarem e executarem as atividades, quanto para a população em geral. Em seus relatórios finais, os licenciandos ressaltaram a importância do programa para sua formação docente, como ferramenta complementar ao curso de Licenciatura em Química, evidenciando que as atividades permitiram que eles desenvolvessem sua criticidade em relação à Ciência e aos materiais de divulgação científica, aprendessem aspectos didáticos na condução das oficinas e aprimorassem a organização das ideias para as explicações e para os planejamentos de materiais.

Refletindo sobre os resultados e as dificuldades advindas do processo vivenciado ao longo dos dois anos iniciais do programa, a equipe do Cientifi-CIDADE reconheceu que vários desafios são impostos à produção e publicação de



Figura 8: Episódios de duas aplicações da oficina de Química Forense.

materiais de qualidade que tenham como objetivo a divulgação científica nas redes sociais, que vão desde a aquisição de equipamentos, o domínio das técnicas de pesquisa, produção e edição dos materiais, até as estratégias de *marketing* e divulgação para promover constantemente as publicações nas redes sociais. Além disso, percebemos que as estratégias utilizadas para as oficinas e visitas às escolas foram efetivas para o cumprimento dos objetivos e os alunos demonstraram aprovar o formato das atividades.

Cabe ressaltar que as três ações são complementares, visto que há uma relação mútua: a rede social divulga o projeto junto às escolas, que entram em contato para participar das demais ações, ou ainda, as escolas são visitadas pelo Cientifi-CIDADE ou participam das ações na universidade e os alunos passam a acompanhar o programa nas redes sociais. As ações obtêm mais divulgação indireta pelos alunos nas escolas e nas redes sociais, trazendo assim mais engajamento para que o programa continue crescendo.

Ademais, reafirmamos o protagonismo da extensão universitária nos demais pilares da universidade (ensino e pesquisa), bem como seu papel essencial de levar conhecimentos à população em geral e realizar uma divulgação científica de qualidade, especialmente em tempos escassos de fomento às universidades, de depreciação dos investimentos

em educação e de falta de pensamento crítico por parte das pessoas.

Iohana Souza Santarelli (iohana_santarelli@hotmail.com), cursa licenciatura em Química pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CCT e participou de diversos projetos de ensino e de extensão que promovem a aproximação entre universidade e escola por meio de ações que envolvem o uso de estratégias inovadoras no ensino de química. Joinville, SC – BR. **Gabriela Venturi** (gabrielaVenturi@gmail.com), cursa licenciatura em Química pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CCT e participou de diversos projetos de extensão que exploram discussões pertinentes ao ensino de química, a linguagem no ensino de ciências e a divulgação científica. Joinville, SC – BR. **Catarinie Diniz Pereira** (catarinie.dp@gmail.com), licenciada e bacharel em Química pela Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, mestre em Química Aplicada pela mesma instituição e doutora em Química analítica pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é professora do Departamento de Química na Universidade Estadual de Maringá. Joinville, SC – BR. **Karine Priscila Naidek** (karine.naidek@udesc.br), graduada e mestre em Química e doutora em Química Inorgânica, ambas pela mesma universidade Universidade Federal do Paraná. Atualmente atua como professora do Departamento de Química da Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville, SC – BR. **Brenno Ralf Maciel Oliveira** (brenno.oliveira@udesc.br), graduado em Química pela Universidade Estadual de Maringá, especialista em Ensino de Ciências pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, mestre na área de Ensino de Química pelo Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, da Universidade Estadual de Maringá e doutor em Ensino de Química pelo Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências, da Universidade de São Paulo. Atualmente atua como professor no Departamento de Química da Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville, SC – BR.

Referências

- ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? *Ciência da Informação*, Brasília-DF, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2004.
- BOUZON, J. D.; BRANDÃO, J. B.; SANTOS, T. C. e CHRISPINO, A. O ensino de química no ensino CTS brasileiro: uma revisão bibliográfica de publicações em periódicos. *Química Nova na Escola*, v. 40, n.3, p. 214-225, 2018.
- CUNHA, M. B. A divulgação científica: uma investigação com graduandos em Química Licenciatura. *Enseñanza de las ciencias*, n. extraordinário, p. 1741-1746, 2017.
- JEZINE, E. As Práticas Curriculares e a Extensão Universitária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA. Belo Horizonte, v.2, p. 3, dez. 2004.

MELO NETO, J. F. Extensão universitária e produção do conhecimento. *Conceitos*, v. 5, n. 9, p. 13-19, 2003.

NUNES, A. L. P. F. e SILVA, M. B. C. A extensão universitária no ensino superior e a sociedade. *Mal-Estar e Sociedade*, v. 4, n. 7, p. 119-133, 2011.

OLIVA, V. J. Extensão e qualidade. *Cadernos de Extensão Universitária*, Espírito Santo., v. 1, n. 4, p. 31-36, 1995.

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 e Educação*, v.13, n. 1, 2007.

PUCCI, B. A indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão. *Impulso*, v. 5, n. 10, p. 33-42, 1991.

SCHNETZLER, R. A pesquisa no ensino de química e a importância da Química Nova na Escola. *Química Nova na Escola*, n. 20, 2004.

SERRANO, R. M. S. M. Extensão universitária: um projeto político e pedagógico em construção nas universidades públicas. *Participação*, v. 5, n. 10, p. 26-28, 2001.

SOUSA, A. L. L. Concepções de extensão universitária: ainda precisamos falar sobre isso? In: FARIA, D. S. (org). *Construção conceitual da extensão universitária na América Latina*. Brasília: UnB, 2001.

TOTI, F. A.; PIERSON, A. H. C. e SILVA, L. F. Diferentes perspectivas de cidadania presente nas discussões atuais

em defesa da abordagem CTS na educação científica. IN: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Florianópolis, p. 2, nov. 2000.

VILLAR, A. E. V. Extensão universitária: concepções e ações na UFRN sob a temática direitos humanos e justiça no período de 2008 a 2010. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Serviço Social, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal-RN, 2011.

Abstract: *Cientifi-CIDADE (Scientifi-CITY): stimulating the dissemination of science through university extension.* This paper discusses the importance of university extension as a tool for scientific dissemination. Results of an extension program called “*Cientifi-CIDADE (Scientifi-CITY): popularizing science and the university*” were analysed. The program was developed over two years by public-university, chemistry undergraduates and their professors in Joinville (state of Santa Catarina, Brazil). The three actions that constitute the program (university in the web; university in the school; school in the university) were effective in scientific divulgation and for the construction of knowledge by high school students, and contributed for the pre-service teachers education.

Keywords: Scientific Divulgation, Chemistry Teaching, University Extension.

Do caos à ordem: oscilações químicas, padrões e auto-organização

Raphael Nagao e Rafael C. Mori

Quando a cinética de sistemas químicos afastados do equilíbrio conjuga várias etapas elementares irreversíveis e a formação de intermediários de reação, podem surgir ciclos de retroalimentação. A interação entre os ciclos com escalas temporais distintas resulta em oscilações de concentração dos intermediários. O mais célebre sistema químico oscilante, a reação de Belousov-Zhabotinsky, desperta o interesse por exibir padrões espaço-temporais auto-organizados, cuja formação parece apresentar analogias com o processo de morfogênese. Assim, reações químicas podem mimetizar padrões formados espontaneamente em sistemas biológicos. Tais desenvolvimentos sugerem que questões como a origem da vida podem ser elucidadas com protagonismo da química. Ressalta-se, assim, o caráter frutífero dos novos paradigmas do século XX (especialmente, a ciência do caos), que reaproximaram o pensamento humano de fenômenos naturais e questões filosóficas até então alijados das explicações científicas.

► oscilações químicas, irreversibilidade, auto-organização ◀

Recebido em 17/03/2020, aceito em 06/08/2020

Na primeira parte desta publicação (Mori e Nagao, 2020), narramos como uma reorientação temática, em que o determinismo laplaciano deu lugar às incertezas da física moderna e do paradigma do caos, chamou a atenção da comunidade científica para fenômenos tradicionalmente negligenciados.

As ciências e a química, re-considerando tais fenômenos à luz de possibilidades preditivas apenas probabilísticas, relacionaram-nos a temas mais amplos, por exemplo, o aumento da entropia nos sistemas dinâmicos e, daí, a unidirecionalidade do tempo – lembremos, aspecto em acordo com as observações sensoriais, mas ausente nas descrições físicas clássicas e até nas modernas, geralmente voltadas aos estados de equilíbrio (no mais das vezes, estático), ironicamente infrequentes na natureza.

Ora, havendo, nesses processos irreversíveis, dependência

temporal não linear, podem surgir ciclos de retroalimentação que descrevem o comportamento de diversos ritmos naturais. Como veremos, tais oscilações geram estruturas auto-organizadas, mimetizando padrões biológicos e indi-

cando vias para se abordar questões complexas, como a emergência da vida (Nagao e Varela, 2016).

Oscilações, equilíbrio, não linearidade e retroalimentação

Falar em oscilações nos remete, quase sempre, ao pêndulo mecânico: sistema em que o movimento

de um corpo é alternado em sentidos opostos, numa mesma trajetória, em relação a uma posição média. Havendo atrito, o corpo tende ao repouso no ponto de equilíbrio, seu estado de energia mínima, quando as forças peso e de tensão da corda se equiparam. Diante de uma perturbação, o corpo sofre uma força restauradora proporcional, e podemos classificar o sistema como um oscilador harmônico, nesse caso, de tipo amortecido, dada a presença do atrito.

Em sistemas químicos, o afastamento do equilíbrio resulta também numa força restauradora que tende a minimizar

Em sistemas químicos, o afastamento do equilíbrio resulta também numa força restauradora que tende a minimizar a energia do sistema, não de caráter mecânico, mas atrelada à 2ª Lei da Termodinâmica, isto é, ao aumento inexorável da entropia.

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



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

Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR
Vol. 43, N° 3, p. 254-260, AGOSTO 2021

a energia do sistema, não de caráter mecânico, mas atrelada à 2ª Lei da Termodinâmica, isto é, ao aumento inexorável da entropia. Imagine a combinação de leite com café numa xícara. Em minutos, a troca de calor entre os líquidos, a movimentação por convecção e a homogeneização por difusão conduzem a mistura a uma cor intermediária amarronzada. Quando a coloração e outras propriedades macroscópicas (como a temperatura) cessam de variar, o sistema está em equilíbrio, seu estado de menor energia. Diferentemente do pêndulo, a mistura não oscila entre o branco e o preto, evoluindo gradualmente para o marrom. Isso era esperado: tal oscilação de cores refletiria uma diminuição entrópica, violando uma das leis mais inescapáveis da ciência.

Ora, hoje conhecemos uma infinidade de reações que alternam cores periodicamente (Faria, 1995). Estariam elas em desacordo com a 2ª Lei? Não, pois os mecanismos das oscilações químicas e físicas (como no movimento do pêndulo) são distintos. Embora compartilhem uma característica essencial, a dependência matemática não linear (funções trigonométricas nos osciladores harmônicos; analogamente, funções exponenciais e quadráticas nas leis de velocidade de etapas elementares das reações irreversíveis, respectivamente, de 1ª e 2ª ordens), as diferenças sobrepujam essa semelhança. Vejamos.

No tratamento cinético de uma reação ideal, a velocidade de reação é proporcional às concentrações dos reagentes, elevadas às respectivas ordens de reação. Mas, duas situações desafiam essa aproximação: a autocatálise e a autoinibição. No primeiro caso, há retroalimentação positiva na velocidade da reação, em que a formação do produto favorece ainda mais sua geração, e sua concentração cresce até abruptamente os reagentes se esgotarem. No segundo, a retroalimentação é negativa, com o produto dificultando sua própria formação. Considere, então, várias etapas elementares acopladas e a formação de intermediários (o produto de uma etapa sendo reagente de outra), afetando diferentes reações paralelas e consecutivas. Essa atuação conjunta é suscetível a exibir ciclos de retroalimentação positiva e negativa, de forma que a interação entre os ciclos com escalas temporais distintas resulta, por fim, em oscilações de concentração dos intermediários de reação (Epstein e Pojman, 1998).

Como ilustração, vejamos o modelo de Lotka-Volterra. Proposto para a cinética de reações químicas oscilantes, ele acabou amplamente utilizado em estudos ecológicos de dinâmicas populacionais, que usaremos como metáfora. Assim, seja X uma população de lebres (presa), que se reproduzem

livremente. A é a quantidade de grama que alimenta as lebres ($A + X \rightarrow 2X$) e possui valor constante, por estar em grande excesso em comparação ao seu consumo. Y é a população de lincos (predador) que se alimentam das lebres ($X + Y \rightarrow 2Y$), sendo P a população de lincos mortos ($Y \rightarrow P$). A Figura 1 representa a dinâmica resultante.

Todas as etapas são irreversíveis: lebres não se tornam grama, lincos não geram lebres, lincos mortos não revivem. As oscilações populacionais resultam da diferença de fase entre as reproduções de lebres e lincos. Se as lebres consomem grama e se reproduzem, aumentando em número, algum tempo depois a população de lincos também cresce. Com eles em maior número, as lebres são predadas mais rapidamente do que repostas pela reprodução e, então, sua população cai, o que, por sua vez, repercutirá na diminuição de lincos. Com a população de lincos baixa, as lebres procriam, aumentam em número e o ciclo recomeça. Observe a presença de autocatálise na procriação das duas espécies (retroalimentação positiva), associada à inibição do crescimento populacional da presa via predação (retroalimentação negativa).

Sendo a quantidade de grama finita, seu estoque será totalmente consumido pelas lebres, que sucumbirão, seguidas dos lincos, por falta de presas. Observaríamos, no número populacional, oscilações amortecidas até o sistema atingir o equilíbrio, com a morte de todos os animais. Assim, para que as oscilações permaneçam estáveis, deve-se suprir continuamente o sistema com grama, o que o mantém fora do equilíbrio e sustentando o aumento de entropia.

Resumindo, oscilações químicas são possíveis. As equações que as descrevem são não lineares e regidas por ciclos de retroalimentação. Sua dinâmica se dá em condições longe do equilíbrio, com processos irreversíveis atuando conforme a 2ª Lei da Termodinâmica.

Reação de Belousov-Zhabotinsky e auto-organização

Vejamos o exemplo clássico de reação oscilante, que se difundiu a partir de meados do século XX (Epstein e Pojman, 1998; Faria, 1995; Winfree, 1984; Zhabotinsky, 1991).

O russo Boris Pavlovich Belousov (1893-1970), estudando o ciclo de Krebs em 1951, preparou num béquer uma solução com $KBrO_3$, $Ce(SO_4)_2$, $C_6H_8O_7$ (ácido cítrico) e H_2SO_4 . Instantes depois, ele observou que a cor da solução alternava periodicamente entre amarela e transparente. O fato foi relatado num artigo, seguidamente recusado, sob o argumento de que tais oscilações violariam a 2ª Lei da

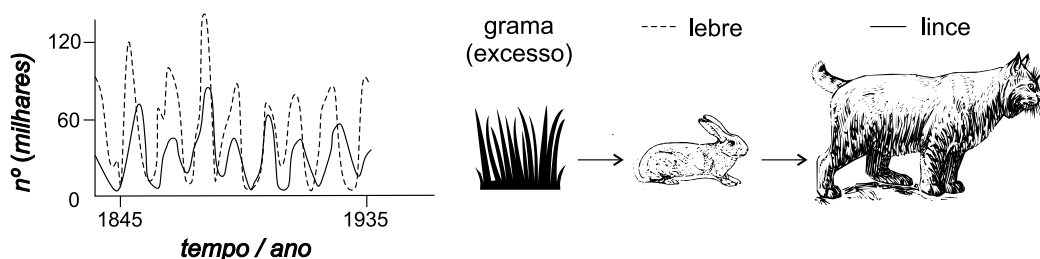


Figura 1: Evolução da população de lebres (linha pontilhada) e da população de lincos (linha contínua) durante um período de 90 anos (1845-1935).

Termodinâmica – como vimos, uma concepção decorrente da analogia para com os osciladores físicos, como o pêndulo mecânico. As observações de Belousov seriam publicadas apenas em 1959, numa obscura antologia sobre radiação medicinal.

Por sugestão de seu orientador, o biofísico Anatol Markovich Zhabotinsky (1938-2008) veio a estudar o sistema descrito por Belousov. Zhabotinsky trocou o $C_6H_8O_7$ por $CH_2(COOH)_2$ (ácido malônico), mostrou que as cores refletiam a mudança do estado de oxidação dos íons cério e identificou a formação de $HBrO_2$ (ativador) como etapa autocatalítica, sendo seu consumo por íons Br^- (inibidor) a etapa inibidora. Por fim, notou que uma alíquota da solução, numa placa de Petri, exibia padrões espaço-temporais espiralados e ondas propagadas ao longo da placa – como se, na mistura de café com leite, os componentes se separassem espontaneamente!

Voltaremos a tais resultados mais adiante, cabendo ressaltar, por ora, que a comunidade custou a aceitá-los. Isso ocorreu apenas a partir de 1974, com a proposta do modelo cinético de Field, Körös e Noyes (FKN), além de simulações numéricas, justificando-se teoricamente as observações empíricas da hoje célebre reação de Belousov-Zhabotinsky (ou reação de BZ). Mais tarde, Field e Noyes, na Universidade de Oregon, simplificaram o modelo FKN em apenas 5 etapas elementares que abrangiam os aspectos gerais da reação de BZ (Faria, 1995). O novo modelo foi batizado de Oregonator, cuja proposta reacional (Field, 2007) é apresentada na Figura 2.

Modelo Oregonator	
Formulação geral	Espécies químicas
$A + Y \rightarrow X + P$ $X + Y \rightarrow 2P$ $A + X \rightarrow 2X + 2Z$ $2X \rightarrow A + P$ $B + Z \rightarrow \frac{1}{2}fY$	$X = HBrO_2$ $Y = Br^-$ $Z = Ce^{4+}$ $A = BrO_3^-$ $B = CH_2(COOH)_2$ $P = HOBr$ ou $BrCH(COOH)_2$

Figura 2: Proposta do modelo Oregonator para a reação de BZ. Os destaques em cores se referem ao ativador (azul) e ao inibidor (vermelho). Note a produção autocatalítica do ativador e o seu consumo pelo inibidor.

Os reagentes e produtos A , B e P apresentam altas concentrações, supondo-se serem constantes; X , Y e Z são as concentrações que oscilam; e f é um parâmetro estequiométrico ajustável. Esse parâmetro deve-se à imposição da conservação de massa no sistema junto à simplificação do conjunto de reações para apenas 5 etapas elementares. Como o modelo de Lotka-Volterra, o Oregonator cumpre os requisitos para o surgimento das oscilações: produção autocatalítica de X (retroalimentação positiva) e seu consumo por Y (retroalimentação negativa). Resumidamente, o modelo FKN abrange três processos:

1. Consumo de $HBrO_2$ e BrO_3^- por Br^- , baixando aos poucos a concentração do inibidor;

2. Autocatálise na produção de $HBrO_2$ e, portanto, decaimento abrupto da concentração de Br^- . Então, o catalisador é oxidado de Ce^{3+} para Ce^{4+} , sendo o crescimento autocatalítico limitado pelo desproporcionamento de $HBrO_2$ para BrO_3^- ; e
3. Quando a concentração de Br^- atinge um valor crítico, ocorre a oxidação de $CH_2(COOH)_2$ e $BrCH(COOH)_2$, reduzindo os íons Ce^{4+} para Ce^{3+} , e a restauração de íons Br^- , regenerando o ciclo.

A Figura 3 refere-se a um experimento da reação de BZ realizado no Laboratório de Dinâmica Eletroquímica e Conversão de Energia do Instituto de Química da Unicamp. Com a troca de $Ce(SO_4)_2$ por ferroína como catalisador metálico, as cores oscilam entre vermelho e azul, associadas aos estados de oxidação do par redox Fe^{3+}/Fe^{2+} . Monitorou-se as oscilações por meio de medidas de absorvância em 520 nm, dada a absorção da ferroína nesse comprimento de onda.

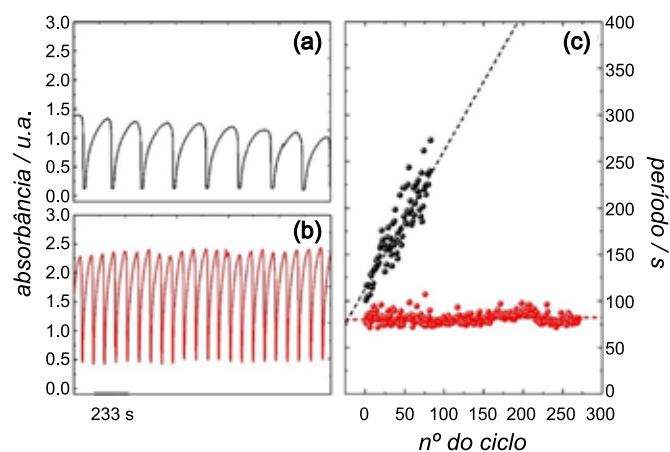


Figura 3: Medida de absorvância em 520 nm da reação de BZ conduzida em: a) batelada; b) sob alimentação contínua. O gráfico c) explicita o período das oscilações em função de ciclos, para esses dois regimes experimentais.

As formas de controle foram duas. A primeira (Figura 3a) representa um experimento em batelada, misturando uma quantidade pré-determinada de reagentes sem reabastecimento no curso da reação, que transcorre até seu esgotamento. No outro caso (Figura 3b), realimenta-se continuamente o sistema com reagentes, retirando-se a solução reacional à mesma taxa de abastecimento; esse tipo de controle é feito nos chamados reatores de fluxo contínuo agitado ou CSTR (do inglês, *continuous stirred-tank reactor*). As Figuras 3a e 3b mostram que a absorvância varia periodicamente, mas com diferenças na evolução do período e na amplitude das oscilações. Em batelada, a amplitude diminui a cada ciclo, enquanto o período aumenta. Já em alimentação contínua, período e amplitude permanecem relativamente estáveis. A Figura 3c mostra como o período varia ao longo do tempo em ambos os controles.

Note-se que, em batelada, os reagentes são consumidos irreversivelmente até o equilíbrio, analogamente à competição lebres/lince com grama limitada, em que o equilíbrio significa a morte dos animais, o fim das oscilações. Já a

inserção de reagentes a uma taxa constante no CSTR (especialmente o $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$) induz reações químicas irreversíveis, regidas por ciclos de retroalimentação, mantendo a dinâmica fora do equilíbrio e, portanto, as oscilações.

Distribuindo uma fina camada dessa solução numa placa de Petri, observam-se as oscilações entre o vermelho e o azul, mas sem uniformidade. Surgem as estruturas mostradas na Figura 4a: padrões espaço-temporais na forma de espirais, alvos e ondas viajantes por toda a extensão do espaço, colidindo com outras frentes de onda ou com as paredes da placa.

É notável como a estruturação espontaneamente auto-organizada da solução lembra a distribuição espacial de uma colônia de amebas *Dictyostelium discoideum* (Figura 4b). Será que os microrganismos se auto-organizam como os padrões da reação de BZ? Constitui a colônia de amebas um sistema oscilatório, como no caso da competição populacional entre lincos e lebres?

Note-se que, em batelada, os reagentes são consumidos irreversivelmente até o equilíbrio, analogamente à competição lebres/lincos com grama limitada, em que o equilíbrio significa a morte dos animais, o fim das oscilações.

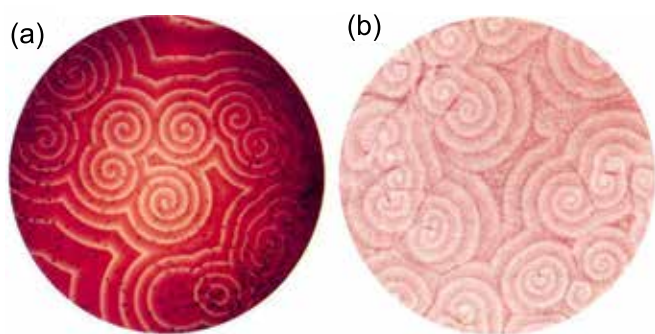


Figura 4: a) reação de BZ espacialmente estendida; b) distribuição espacial de uma colônia de amebas *Dictyostelium discoideum*. Figura adaptada de Epstein (2006) com permissão da National Academy of Sciences, direitos autorais 2006.

Padrões de Turing e vida

Para entender a origem dos padrões auto-organizados, é preciso visualizar o sistema discretizado, em que a reação de BZ espacialmente estendida seja fragmentada, ao longo da placa de Petri, em micro-compartimentos imaginários que interagem entre si, como torcedores lado a lado numa arquibancada. Se cada torcedor possui um comportamento oscilatório e periódico, podendo estar em pé com os braços ao alto ou sentado com os braços abaixados, sua comunicação verbal permite que se combinem oscilações em fases diferentes, mas com certa sincronização. Os mais próximos conseguem ouvir uma instrução para se levantar, e o fazem erguendo seus braços abruptamente, sentando-se em seguida. Aqueles ao redor repetem o movimento, atrasados. No final, será observada uma “ola” – um padrão espaço-temporal. O caso da reação de BZ é análogo, pois cada micro-compartimento também possui comportamento periódico e pode se

comunicar localmente. Mas trata-se de uma comunicação química, oriunda do transporte de massa difusional, isto é, diferentes localidades da reação de BZ interagem umas com as outras dado o gradiente de concentração local de espécies. No caso das amebas, a comunicação é ditada pela liberação individual de monofosfato de adenosina cíclica, o que induz um movimento cooperativo oscilatório, resultando nos padrões (Nagano, 2000).

O ordenamento, em escala superior aos subelementos que compõem os sistemas acima mencionados, é conduzido sem nenhuma instrução externa, daí o prefixo “auto”. Observa-se, então, que muitos sistemas na natureza se comportam auto-organizadamente. A cooperação entre pessoas, animais, células, moléculas e até partículas pode estar sujeita à auto-organização se o sistema em questão estiver longe do equilíbrio termodinâmico. Como a 2ª Lei não é violada, esperar-se-ia uma situação cada vez mais desorganizada, mas, sendo os sistemas mencionados abertos (trocando matéria e energia com as vizinhanças), a entropia produzida é exportada – comentaremos isso mais adiante.

Assim, a auto-organização química parece se associar à formação de diversos padrões naturais. O matemático inglês Alan Mathison Turing (1912-1954) – considerado o pai da computação, mas cujos interesses cobriam um vasto leque – estudou essa questão pioneiramente. Seu artigo *The chemical basis of morphogenesis* (Turing, 1952) lançou fundamentos químico-matemáticos para descrever a morfogênese, o mecanismo de divisão celular que desencadeia o processo de diferenciação, criando tecidos com funções específicas. Turing propôs a formação de padrões pelo acoplamento de uma cinética de reação não linear com o transporte de massa das espécies químicas do meio reacional, como ocorre na reação de BZ.

Turing previu seis tipos de mecanismos de formação de padrões. Um deles foi batizado com seu nome, os Padrões de Turing (PT), com estruturação estacionária no tempo e oscilatória no espaço. Por sua semelhança com a distribuição espacial da pigmentação superficial de animais – como leopardos, zebras, peixes, etc., vide a Figura 5 –, os PT têm sido utilizados na compreensão do surgimento de padrões encontrados na natureza (Nagao e Varela, 2016).

Nem todo padrão pode ser descrito como um PT. Um requisito deve ser cumprido: o coeficiente de difusão das espécies inibidoras ser 8 a 10 vezes maior que o das ativadoras. Por esse motivo, 38 anos separam a proposta teórica da primeira observação experimental de um PT, com a reação CIMA – do inglês, *chlorite – iodide – malonic acid*. Obter essa diferença de magnitude entre coeficientes de difusão em solução aquosa é difícil, e ocorreu acidentalmente quando amido (que diminui o coeficiente de difusão dos íons ativadores) foi utilizado como indicador, por formar um complexo azulado com íons I^- .

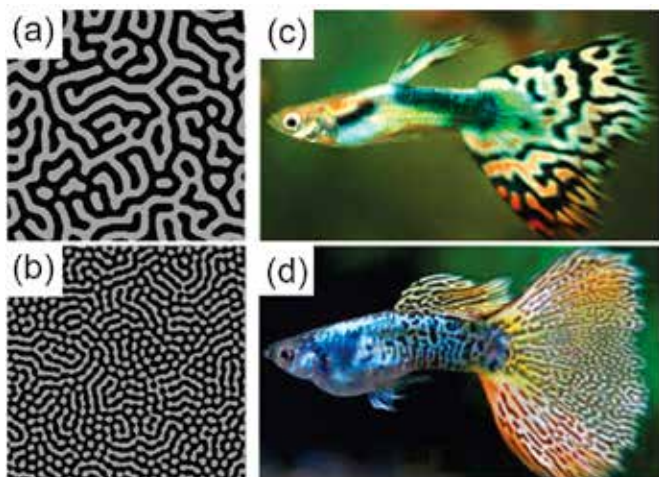


Figura 5: Padrões de Turing na forma de a) listras e b) listras e pontos, e a respectiva comparação com a distribuição espacial da pigmentação em pele de peixes mostrados em c) e d). Figura adaptada de Kondo (2017) com permissão da Elsevier, direitos autorais 2017.

Em suma, reações químicas simples podem mimetizar padrões complexos formados espontânea e auto-organizadamente em sistemas biológicos. Como mencionamos na primeira parte desta publicação, Schrödinger, em *O que é vida?*, anteviu isso, propondo que, fora do equilíbrio termodinâmico, a ordem poderia surgir por meio de uma entropia negativa ou “neguentropia” (*negentropy*) (Schrödinger, 1997). Ora, fazemos isso diariamente: alimentar-se é introduzir no corpo materiais neguentrópicos, altamente organizados (por exemplo, carboidratos), cuja queima gera energia; o resíduo metabólico, como CO_2 e calor, é mais entrópico que o alimento original, por possuir mais graus de liberdade. Assim, para conservar nossos ciclos (circadianos, hormonais, cardíacos, neuronais, respiratório etc.), mantemo-nos longe do equilíbrio, ativando processos irreversíveis não lineares. A auto-organização impede que esse sistema degenere: importa-se neguentropia para as necessidades energéticas e exporta-se a entropia resultante.

Ilya Prigogine (1917-2003), laureado com o Prêmio Nobel de Química em 1977 por suas pesquisas com sistemas longe do equilíbrio termodinâmico – levando à elaboração do conceito de estrutura dissipativa, em que a ordem emerge do caos de forma semelhante ao que ocorreria nos intercâmbios energético-entrópicos imaginados pro Schrödinger –, assim se expressou sobre esses achados: “podemos afirmar, hoje, que é graças aos processos irreversíveis associados à flecha do tempo que a natureza realiza suas estruturas mais delicadas e mais complexas”, ou mais sucintamente, “Os processos irreversíveis desempenham um papel *construtivo* na natureza” (Prigogine, 2011, p. 30-31, grifo do autor).

[...] alimentar-se é introduzir no corpo materiais neguentrópicos, altamente organizados (por exemplo, carboidratos), cuja queima gera energia; o resíduo metabólico, como CO_2 e calor, é mais entrópico que o alimento original, por possuir mais graus de liberdade.

Diante do exposto nesta seção, é natural que a pergunta que intitula o livro de Schrödinger, “O que é vida?”, queira ser retomada e repensada. No entanto, respondê-la permanece não sendo trivial. Sequer conseguimos definir do que se trata a vida. E, se é possível (teoricamente) haver uma diversidade de tipos de formas vivas, por enquanto só conhecemos a forma baseada no carbono. A hipótese de Oparin-Haldane foi testada com aparente sucesso no célebre experimento de Urey-Miller (que sintetizou aminoácidos a partir de uma possível atmosfera terrestre primitiva, contendo apenas H_2 , CH_4 , H_2O , NH_3 , as substâncias da chamada “sopa primordial”), mas não houve desenvolvimentos, desde então, capazes de explicar a transição de um sistema químico orgânico para um sistema biológico vivo.

Porém, arriscamo-nos a uma certeza: essa espécie de questão não pode ser respondida apenas pela física (por seu caráter reducionista) ou pela biologia (por sua inerente complexidade). A química, aí, há de exercer protagonismo – sobretudo, porque já lançou elementos para a compreensão, ainda que de forma rudimentar, do mecanismo de construção supramolecular que está associada às bases elementares de manutenção de seres vivos.

Considerações finais

Ao longo das duas partes desta publicação, mostramos que as revoluções científicas do século XX colocaram em xeque a pretensão da física em busca de poder preditivo quase ilimitado, o que tornaria possível o amplo domínio da natureza. A nova ciência, ao incorporar conceitos como bifurcação, não linearidade e auto-organização, promoveu uma reaproximação do pensamento humano com fenômenos naturais e questões filosóficas que, anteriormente, estavam alijados da explicação científica.

Como demonstram nossos exemplos, a ordem pode emergir espontaneamente em condições de instabilidade, afastadas do equilíbrio. Tais condições são justamente as que cercam a maior parte dos fenômenos naturais, embora os cursos de Química (seja na educação básica, seja na educação superior) praticamente se restrinjam ao estudo de casos muito específicos, com sistemas em equilíbrio ou reações relativamente simples e tratáveis. Isso pode criar uma percepção, profundamente falsa, de que o mundo em que vivemos é atemporal e povoado de objetos que jazem em seu estado de menor energia. Na realidade, é exatamente o inverso: o mundo transborda, pulsa e esbanja aumento de entropia.

Assim, os processos irreversíveis intrínsecos a qualquer evento natural ditam a unidirecionalidade do tempo e induzem a organização autônoma de sistemas em multiescalas, dando origem a diversos padrões naturais. Esse novo entendimento sobre a auto-organização parece fornecer pistas para elucidar mistérios como o surgimento da vida – ainda que

Quadro 1: Características do empreendimento científico, em seus diferentes paradigmas, da Antiguidade às revoluções científicas do século XX

Período	Campo	Conceitos	Anomalia ou desafio	Ferramentas matemáticas	Grande tema	Simetria	Lema
Antiguidade a Idade Média	filosofia da natureza	cosmos, Ser, movimento (mudança), origem/essência	paradoxos lógicos, movimento retrógrado	lógica, aritmética, álgebra, geometria euclidiana	ordem (comunidade jurídica, equilibrada e bela)	espacial	ordem a partir da ordem e desordem a partir da desordem
Modernidade	mecânica	Universo, movimento (deslocamento), órbita, experimento, predição/controlado	problema dos três corpos	cálculo infinitesimal, geometria analítica	ordem (equilíbrio mecânico, estático)	temporal	
Transição para a Contemporaneidade	termodinâmica	máquina, movimento (atômico/molecular), estado, calor, energia, conservação, entropia	evolução num universo tendente à desordem	diferenciais de função de estado, séries	ordem (em resistência à dissipação entrópica)		
Contemporaneidade	física moderna	descontinuidade, orbital, quantização, probabilidade	paradoxos quânticos e relativísticos	operadores, matrizes, geometria não euclidiana	ordem (espaço-temporal probabilística)	espaço-temporal	
	física, química, geociências, biologia (ciências sociais?)	iteração, bifurcação, não linearidade, auto-organização, neguentropia, estrutura dissipativa	lacuna entre auto-organização e fenômenos emergentes complexos	espaços de fases, atratores estranhos, geometria fractal	desordem (criadora/ inovadora)	em escalas	ordem a partir da desordem e desordem a partir da ordem

haja uma lacuna a ser superada, entre os desenvolvimentos teórico-práticos e essa questão essencial. Acreditamos, porém, que tal lacuna não deva desencorajar o investimento na prática científica, nem justificar o irracionalismo que, assustadora e crescentemente, tem se difundido pela sociedade. Pelo contrário: a história do pensamento humano mostra que os motores de novos desenvolvimentos são justamente as dúvidas e limites que se interpõem na trajetória científica.

Finalizando, um resumo esquemático das ideias discutidas neste artigo é apresentado no Quadro 1, que complementa e amplia o quadro apresentado anteriormente (Mori e Nagao, 2020).

Agradecimentos

À Fapesp (processo 2016/01817-9) e ao CNPq (processo 405235/2018-6); à Bianca T. Kitagaki, pela realização dos experimentos da Fig. 3; e aos assessores de QNesc, por suas contribuições nas duas partes do artigo.

Raphael Nagao (nagao@unicamp.br), bacharel em Química, mestre e doutor em Físico-Química pela Universidade de São Paulo. É docente do Instituto de Química, da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP – BR. **Rafael Cava Mori** (rafael.mori@ufabc.edu.br), bacharel e licenciado em Química, mestre e doutor em Físico-Química pela Universidade de São Paulo. É docente do Centro de Ciências Naturais e Humanas, da Universidade Federal do ABC. Santo André, SP – BR.

Referências

- EPSTEIN, I. R. Predicting complex biology with simple chemistry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, v. 103, n. 43, p. 15727-15728, 2006.
- EPSTEIN, I. R.; POJMAN, J. A. *Introduction to nonlinear chemical dynamics. Oscillations, waves, patterns and chaos*. New York: Oxford University, 1998.
- FARIA, R. D. Introdução aos sistemas químicos oscilantes. *Química Nova*, v. 18, n. 3, p. 281-294, 1995.
- FIELD, R. J. Oregonator. *Scholarpedia*, [s.l.], v. 2, n. 5, p. 1386, 2007.
- KONDO, S. An updated kernel-based Turing model for

studying the mechanisms of biological pattern formation. *Journal of Theoretical Biology*, v. 414, p. 120, 2017.

MORI, R. C.; NAGAO, R. Da ordem ao caos: uma reorientação das ciências e da química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 4, p. 337-343, 2020.

NAGANO, S. Modeling the model organism *Dictyostelium discoideum*. *Development Growth & Differentiation*, Nagoya, v. 42, p. 541-550, 2000.

NAGAO, R.; VARELA, H. Padrões de Turing em sistemas químicos. *Química Nova*, v. 39, n. 4, p. 474-485, 2016.

PRIGOGINE, I. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. Tradução de Roberto Leal Ferreira. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2011.

SCHRÖDINGER, E. *O que é vida? O aspecto físico da célula*

viva seguido de *Mente e matéria e Fragmentos autobiográficos*. Tradução de Jesus de Paula Assis e Vera Yukie Kuwajima de Paula Assis. São Paulo: Unesp, 1997.

TURING, A. M. The chemical basis of morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, v. 237, n. 641, p. 37-72, 1952.

WINFREE, A. T. The prehistory of the Belousov-Zhabotinsky oscillator. *Journal of Chemical Education*, v. 61, n. 8, p. 661-

663, 1984.

ZHABOTINSKY, A. M. A history of chemical oscillations and waves. *Chaos*, Woodbury, v. 1, p. 379-386, 1991.

Para saber mais

PRIGOGINE, I. *As leis do caos*. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Unesp, 2002.

Abstract: *From chaos to order: chemical oscillations, patterns and self-organization.* When the kinetics of chemical systems far from equilibrium combines several irreversible elementary steps and the formation of reaction intermediates, feedback loops can arise. The interaction between cycles with different time-scales results in oscillations in the concentration of intermediates. The most famous oscillating chemical system, the Belousov-Zhabotinsky reaction, arouses interest as it exhibits self-organized spatiotemporal patterns, the formation of which seems to bear analogies with the morphogenesis process. Thus, chemical reactions can mimic patterns formed spontaneously in biological systems. Such developments suggest that issues such as the origin of life can be elucidated with chemistry playing a leading role. We therefore stress the fruitfulness of the new paradigms of the 20th century (especially, the science of chaos), which brought human thinking closer to natural phenomena and philosophical issues hitherto excluded from scientific explanations.

Keywords: chemical oscillations, irreversibility, self-organization

Ciclo Açucareiro: da fabricação de açúcar à produção de etanol

Paulo Henrique Melo, Alvaro C. C. Bara, Karine G. Fernandes, Fabiana A. C. Vieira e Ivoni Freitas-Reis

O presente relato, explanado pelos alunos do curso de licenciatura em química da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), consiste na apresentação da atividade proposta e desenvolvida durante a disciplina *Introdução à Pesquisa no Ensino de Química*. A escolha do tema Ciclo Açucareiro advém de sua presença no Programa de Ingresso Seletivo Misto - PISM, também da UFJF, o qual não é contemplado na escola considerada. Sustentados pela necessidade de um ensino mais dinâmico e contextualizado, optamos por metodologias de ensino diversificadas, tais como, o lúdico na aprendizagem e a experimentação no ensino de química. A partir delas, propusemos uma sequência didática que ambicionava melhorar a compreensão da química por trás dos processos inerentes ao ciclo da cana-de-açúcar, que foi aplicada a 64 alunos do 3º ano do Ensino Médio. Foi possível perceber bom aproveitamento e entusiasmo dos estudantes em relação aos recursos utilizados.

► cana-de-açúcar, sequência didática, jogo didático ◀

Recebido em 16/03/2020, aceito em 31/08/2020

261

Por diversas vezes, as maneiras como as metodologias para o ensino de química são aplicadas, sobretudo na Educação Básica, acabam por tornar o aprendizado da disciplina pouco atrativo para os estudantes. A grande quantidade de conteúdos com um alto nível de detalhamento, a título de exemplo, é um dos empecilhos apontados por professores para a efetiva e adequada inserção de práticas, tais como a contextualização durante as aulas. Em contrapartida, além de assimilar o conteúdo específico da matéria, é esperado que os alunos tenham a clareza da relação entre transformações químicas e a importância desse conhecimento em sua realidade, mormente relacionando-os ao desenvolvimento de maior autonomia na tomada de decisões e, portanto, de seus papéis como cidadãos críticos.

O ensino em química não se resume a meramente entender e memorizar informações, conceitos e concepções, mas a

O ensino em química não se resume a meramente entender e memorizar informações, conceitos e concepções, mas a auxiliar o estudante a lidar melhor com situações que fazem parte do seu cotidiano.

auxiliar o estudante a lidar melhor com situações que fazem parte do seu cotidiano. A literatura (Rocha e Vasconcelos, 2016; Castro *et al.*, 2019) segue nos apontando as dificuldades dos estudantes em compreender as representações químicas, dado que os níveis microscópico e simbólico são complexos devido ao fato de que a observação do fenômeno nem sempre é visual e a aprendizagem - a mais das vezes - é construída a partir dos sentidos. Buscando melhorar a compreensão desse conhecimento, estudiosos têm sugerido condutas como a diversificação de abordagens e metodologias de ensino a serem trabalhadas na escola (Greszczyszyn *et al.*, 2017).

Pesquisadores da área (Castro e Costa, 2010) enfatizam a relação entre os empecilhos impostos pelo ensino tradicional à aprendizagem e a maneira unidirecional com que é trabalhada. Em outras palavras, muitas vezes a figura do professor se apresenta como detentora do saber, conduzindo o aluno à posição de mero ouvinte no processo de ensino e aprendizagem. Nesse cenário, cabe ao estudante receber

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



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

e armazenar as informações transmitidas mecânica e memoristicamente, perpetuando uma postura de resignação contrária à criticidade. As consequências apresentar-se-ão como baixo rendimento escolar, desinteresse do discente e, como resultado, a constatação da ineficiência por parte dessa abordagem.

É igualmente importante ressaltar outra característica frequentemente presente em aulas tradicionais, marcada pela falta de contextualização e consequente impasse quanto ao aprendizado da matéria. Santana e Rezende (2008) consideram que, de maneira geral, o ensino de química não foge ao já consagrado, estando centrado na memorização e repetição de fórmulas, nomes e cálculos. Entretanto, em nossos estágios e incursões em sala de aula, enquanto licenciandos de química, notamos um número cada vez mais significativo de professores que se interessam e se entusiasmam com metodologias de ensino variadas. Certamente o esforço dos professores da área de ensino, nas universidades, em nos mostrar quão dinâmica é a ciência e suas múltiplas possibilidades de abordagens, bem como o interesse daqueles que estão em sala de aula e que não foram assim estimulados, é o que nos motiva a compartilhar nossa experiência neste artigo.

Práticas experimentais interessantes que proporcionem aprendizagem significativa, quando bem exploradas, podem ser capazes de abarcar situações-problema baseadas na realidade, permitindo a contextualização e o estímulo ao ensino questionador. Nesse sentido, o conteúdo a ser trabalhado servirá como base para que os alunos investiguem a situação proposta e tenham as ferramentas necessárias para obter as respostas. Tomando como respaldo Guimarães (2009), que avalia que aulas experimentais não devem ser pautadas em uma “receita de bolo” em que é entregue um roteiro a ser executado, por vezes sem que haja embasamento teórico prévio, cujos resultados são programados e esperados, procuramos elaborar um roteiro questionador e que permitisse incursões dos alunos durante a prática.

A sequência didática, desenvolvida e explanada no trabalho, é finalizada com uma atividade lúdica que pode contribuir de maneira expressiva para a transformação do ensino convencional. O uso de jogos no ensino de química e de ciências é relativamente recente tanto no Brasil quanto no exterior. Estudiosos como Santana e Rezende (2008) destacam que a eficiência dos jogos não se centra em facilitar a memorização de determinado assunto, mas em despertar o interesse dos alunos pela disciplina, levá-los a raciocinar, refletir e construir ou reconstruir, se necessário, o próprio conhecimento.

A ludicidade pode ser um instrumento motivador, atraente e estimulador do processo de ensino e aprendizagem. Para isso, o lúdico deve ser desenvolvido e abordado com responsabilidade e com controle relativamente moderado, pois,

Práticas experimentais interessantes que proporcionem aprendizagem significativa, quando bem exploradas, podem ser capazes de abarcar situações-problema baseadas na realidade, permitindo a contextualização e o estímulo ao ensino questionador.

a atividade constitui parte da proposta do docente. Desta forma, o lúdico pode ser validado como instrumento que contribui com o ensino em sala de aula. Para tanto, o professor deve ser o mediador de tais práticas proporcionando que a diversão não esteja alheia à sua função educativa, portanto é necessário conciliar a liberdade característica dos jogos com a orientação própria dos processos educativos (Cunha, 2012).

O tema escolhido neste trabalho, visando atuar junto às práticas pedagógicas citadas anteriormente, foi o ciclo açucareiro e a produção de biocombustível. O Brasil é um grande produtor de açúcar desde a época Colonial, nas décadas de 1530 e 1540, utilizando-se principalmente de pequenos engenhos movidos, em sua maioria por tração animal e alguns por força hidráulica. A mão de obra inicialmente utilizada era composta principalmente por índios, sendo que, com a expansão da produção, bem como das terras cultivadas, introduziu-se a mão de obra escrava trazida do continente africano, já com experiência nesse tipo de trabalho. No século XVII, os engenhos se localizavam majoritariamente na região Nordeste e a cana-de-açúcar era o principal produto exportado para o mercado Europeu, tratando-se de um comércio extremamente lucrativo

para os portugueses (Braibante *et al.*, 2013).

Para o processo de produção do açúcar, é necessário o uso de técnicas e cuidados ao longo de todas as etapas que vão desde a plantação, cultivo, colheita, até o refinamento. O caldo da cana-de-açúcar, obtido após a moagem, também é utilizado como matéria-prima para a produção de etanol através de um processo químico conhecido como fermentação alcoólica (Braibante *et al.*, 2013).

O conteúdo curricular que relaciona os processos químicos envolvidos na utilização da cana-de-açúcar e a própria indústria canavieira é assunto presente nos editais do Programa de Ingresso Seletivo Misto - PISM da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). O programa consiste em um vestibular seriado dividido em três anos correspondentes aos três anos do ensino médio. O Programa, bem como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), são as vias de acesso à UFJF. A temática ainda proporciona uma consciência no estudante para com o mundo, onde se espera que compreenda a importância do saber químico para as indústrias, em específico a açucareira e a produção de biocombustível. Dessa forma, estimulados pela professora regente das turmas, optamos por abordá-lo, visto que não iríamos interferir no seu cronograma.

Consideramos que ao abordar metodologias de ensino variadas, a saber: Experimentação, o uso do Lúdico e ao lançar mão da História da Ciência e ensino de forma a contextualizar o tema, tenhamos fornecido um dinamismo capaz de motivar e instigar questionamentos, estratégias que consideramos fundamentais para uma aprendizagem duradoura e aplicada ao cotidiano.

O passo a passo da sequência didática será aqui descrita, mas acreditamos que o Quadro I permitirá ao leitor uma visão panorâmica do nosso trabalho: (I) Entrega de um questionário, com finalidade de averiguar o saber prévio dos alunos; (II) Uma aula introdutória, com uso de um projetor, que buscava utilizar da história do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, em uma visão social e contextualizada; (III) Prática experimental, reprodução em escala laboratorial das rotas industriais; (IV) Atividade lúdica, jogo “QuimiAçúcar”; (V) Questionário final, para averiguar a compreensão dos processos e conteúdos químicos trabalhados durante a sequência.

É importante destacar que o trabalho consiste em um relato dos alunos da disciplina *Introdução à Pesquisa no Ensino de Química* da UFJF. O questionário final possui alta relevância para os mesmos, pois as respostas dos alunos do ensino médio proporcionaram aos graduandos uma avaliação da sequência didática, bem como sua relevância e também foi um *feedback* da postura dos futuros docentes em sala de aula. Nesta perspectiva, trataremos adiante a explanação de como foi possível trabalhar as temáticas abordadas por essa breve introdução com o propósito de apresentar nossa experiência para à comunidade que faz educação por meio da Química.

Metodologia e estratégia de ação

A sequência didática foi abordada em um Colégio de Aplicação, cujos participantes se encontravam cursando o terceiro ano do Ensino Médio nas turmas 3A, 3B e 3C. Ali desenvolvemos a sequência intitulada *Ciclo Açucareiro: da Fabricação de Açúcar a Produção de Etanol* como parte da referida disciplina, sendo o trabalho de campo conduzido durante o estágio obrigatório para Licenciandos em Química.

Nesse sentido, nosso objetivo geral foi investigar e contribuir, a partir de uma sequência didática diversificada, com a compreensão de processos químicos por trás do sistema de fabricação de açúcar e etanol a partir da cana-de-açúcar em turmas de 3º ano do Ensino Médio. Ao final, a sequência teve duração de 5 aulas de 50 minutos cada, acompanhadas nos dias 20, 22, 29 e 31 de maio de 2019.

Em linhas gerais, o primeiro momento baseou-se na distribuição, aos alunos de todas as turmas, de um questionário contendo 5 questões fechadas. Nosso intuito era o de verificar suas concepções prévias acerca do processamento da cana-de-açúcar na manufatura de novos produtos. A partir das respostas, o segundo passo envolveu ministrar uma aula utilizando como recurso um projetor *datashow*, a fim de introduzir o tema e oferecer uma base teórica para o momento seguinte, que compreendeu uma aula experimental para que se pudesse visualizar, de forma prática, processos por trás das produções de açúcar e etanol, simulando a rotina e os tratamentos químicos envolvidos em seus processos industriais.

Em seguida, propusemos um jogo didático como atividade lúdica para revisar o conteúdo ministrado, bem como ampliar o aprendizado dos alunos, estimulando a participação de todos. O jogo didático, intitulado de “QuimiAçúcar”,

é composto por 28 perguntas de múltipla escolha, sendo 10 de conhecimentos variados e 18 de conhecimentos químicos – sendo todos os conteúdos previamente trabalhados –, quando o jogador mover seu pião no tabuleiro, dependendo da cor em que o pião parar, o jogador será obrigado a responder uma pergunta ou poderá intimar um oponente a respondê-la (Figura 1).



Figura 1. Jogo didático “QuimiAçúcar”. Fonte: Autores.

A sequência didática foi finalizada com a distribuição de um segundo questionário, este composto por 6 questões, sendo 2 de caráter aberto e 4 de múltipla escolha, cujo objetivo foi avaliar o nível de compreensão e possível aproveitamento da dinâmica, bem como contribuir para uma formação dos licenciandos e proporcionar a ambos, licenciandos e alunos do ensino médio, uma experiência diferente. No total, 64 alunos participaram respondendo nossas perguntas, sendo 25 estudantes da turma 3A, 22 da turma 3B e 17 da turma 3C. Visando melhor organização, apresentamos, no Quadro 1, o cronograma com as atividades oferecidas.

Explicação das respostas obtidas nos questionários

Neste tópico, buscaremos realizar uma apresentação e uma discussão breve a respeito dos momentos que compuseram a sequência didática, bem como das perguntas e respostas provenientes dos questionários. Como será visto, uma característica presente nesta escrita é de, além dos relatos fornecidos pelos alunos, apontar para nossas expectativas quanto aos retornos, ora previstos ou inesperados, tal qual para a reflexão sobre pontos interessantes da sequência ou que poderiam ter sido melhor trabalhados.

Questões de caráter fechado

Primeiramente, a respeito da pergunta “Além da cana-de-açúcar, qual outra fonte é muito utilizada na obtenção de açúcar?” presente no primeiro questionário, 37 estudantes – logo a maior parte dos participantes – escolheram, corretamente, a beterraba. Este resultado nos gerou interesse, uma vez que o açúcar de beterraba é opção pouco comum para o brasileiro.

Por outro lado, como pode ser visto no gráfico 1, a

Quadro 1. Cronograma das atividades.

Momento	Duração/ Data	Atividade	Conteúdo principal desenvolvido / Finalidade da atividade
01	15 min 20/05/2019	Distribuímos o primeiro questionário, com 5 questões de múltipla escolha, em cada turma.	Compreender os conhecimentos prévios de cada estudante sobre o assunto.
02	35 min 20/05/2019	O tema escolhido foi trabalhado com os alunos através de uma sequência de slides.	Abordamos o contexto histórico do primeiro relato da obtenção de açúcar a partir da cana-de-açúcar no Brasil. Composição do caldo de cana. Reação de formação da sacarose. Reação de sulfitação e de calagem. Processo de purificação (i) centrifugação; (ii) filtração (iii) decantação. Reação bioquímica de fermentação.
03	50 min 22/05/2019 e 29/05/2019	A aula prática foi dividida em dois momentos devido ao tamanho das turmas. Os alunos foram divididos em dois grupos que se revezaram para utilizar o laboratório de química da escola.	Esperávamos, com esta etapa, realizar os procedimentos abordados na aula teórica, possibilitando aos estudantes vivenciar as etapas da produção de etanol e açúcar. Os experimentos correspondem às reações acima; ao fim de cada experimento, a reação deveria ser montada pelo aluno no quadro do laboratório, quando necessário o licenciando auxiliava os estudantes.
04	1 h 25 min 31/05/2019	No último dia da sequência, propusemos um jogo didático chamado por nós de “QuimiAçúcar”, composto por 28 perguntas de múltipla escolha a respeito dos conteúdos trabalhados.	A ideia por trás do jogo foi revisar o conteúdo estudado, bem como ampliar o aprendizado dos alunos de uma maneira lúdica, estimulando a participação de todos. As perguntas abordavam temas sobre o contexto histórico trabalhado, sobre as reações químicas e a ordem das etapas na indústria, dentre outros.
05	15 min 31/05/2019	Desenvolvida logo após o jogo didático, essa etapa consistiu na aplicação de um segundo questionário	Para avaliarmos a aprendizagem após a sequência didática e proporcionar uma reflexão do trabalho dos licenciandos.

Fonte: Autores

segunda alternativa mais marcada, principalmente por alunos do terceiro ano C, foi a que correspondia à batata-doce. Acreditamos que esse equívoco possa ter sido causado pelo nome *doce* do tubérculo, já que sua utilização como precursor do açúcar é baixa e incomum. Ainda assim, a partir deste e outros resultados que serão vistos a seguir, observamos um bom conhecimento prévio, importante para a preparação das atividades posteriores.

Em seguida, o gráfico 2 relaciona as respostas para a pergunta “Qual dos combustíveis abaixo apresenta menor impacto ambiental?” do questionário inicial. Ainda que o diesel e o querosene tenham sido escolhidos por 15 alunos

cada - possivelmente por serem menos discutidos no dia a dia - o etanol foi a opção mais popular. Em contrapartida, é quase unânime que a gasolina causaria maior impacto ambiental. Relacionamos a isso sua participação nas discussões cotidianas, seja pela mídia, escola ou seus círculos de convivência, uma vez que os combustíveis mais comuns a nós são justamente a gasolina e o etanol.

A respeito da questão “Todo açúcar contém sacarose?”, presente tanto no início quanto ao final das intervenções, obtivemos resultado diferente do previsto. Possuindo duas alternativas – *sim* e *não* – esperávamos que, no primeiro questionário, a maior parte dos alunos respondesse positivamente e, após

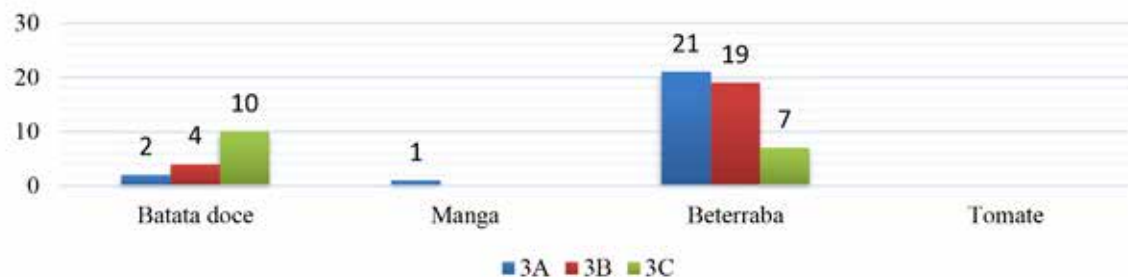


Gráfico 1. Respostas à pergunta “Todo açúcar contém sacarose?” em ambos os questionários. As turmas 3A, 3B e 3C possuem 24, 23 e 17 estudantes, respectivamente. Fonte: Autores.

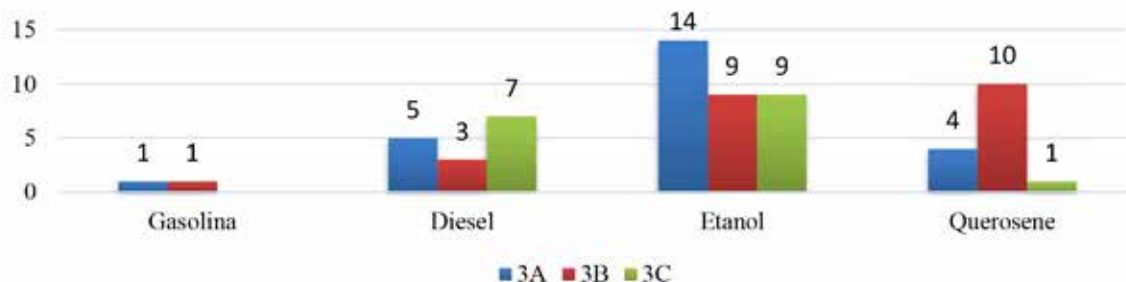


Gráfico 2. Respostas à pergunta “Qual substância garante o sabor adocicado da cana de açúcar?”. As turmas 3A, 3B e 3C possuem 24, 23 e 17 estudantes, respectivamente. Fonte: Autores.

intervenção, chegassem a compreender melhor a bioquímica presente nos açúcares, o que modificaria suas respostas.

Conforme pode ser visualizado no gráfico 3, primeiramente 30 participantes responderam *sim*, enquanto 34 responderam *não*. Já no último questionário obtivemos 34 respostas positivas e 30 negativas. Tais números indicam que as repostas de quase metade dos estudantes destoam em relação às respostas iniciais, bem como não houve mudança significativa ao final. A partir desse resultado, entendemos que houve falha de nossa parte no momento da aula, já que boa parte dos alunos manteve uma concepção equivocada a respeito desse assunto em específico.

De forma distinta, a pergunta “Além da utilização como fonte de produção de energia, qual outro destino é dado para o bagaço da cana-de-açúcar?”, também presente em ambos os questionários, gerou os resultados esperados. Primeiramente, a maior parte das respostas disse respeito ao uso do bagaço na fermentação alcoólica, sendo que apenas 9 participantes

responderam corretamente (gráfico 4). Após as intervenções, porém, a alternativa esperada - alimentação bovina - foi marcada por 54 alunos, tendo decrescido o número de marcações em todas as demais opções. Esse desfecho indica não apenas melhor compreensão das etapas de obtenção do álcool, como também de etapas secundárias envolvendo tal processo.

Relacionando a questão do primeiro questionário “Qual substância garante o sabor adocicado da cana de açúcar?” à pergunta “A sacarose possui uma ligação glicosídica formada por duas moléculas. Quais são elas?” do último momento, notamos evolução dos alunos no entendimento sobre os sacarídeos. Inicialmente, ainda que a maioria tenha respondido corretamente, as respostas estavam divididas entre sacarose e frutose, caracterizando certa incerteza entre uma resposta e outra (gráfico 5). Já no segundo questionário, o número de acertos foi 58 - representando 92% dos alunos, visto que um participante da turma B deixou a questão em branco - o que demonstra maior confiança no momento de



Gráfico 3. Respostas à pergunta “A sacarose é uma ligação glicosídica formada por duas moléculas. Quais são elas?”. As turmas 3A, 3B e 3C possuem 24, 23 e 17 estudantes, respectivamente. Fonte: Autores.

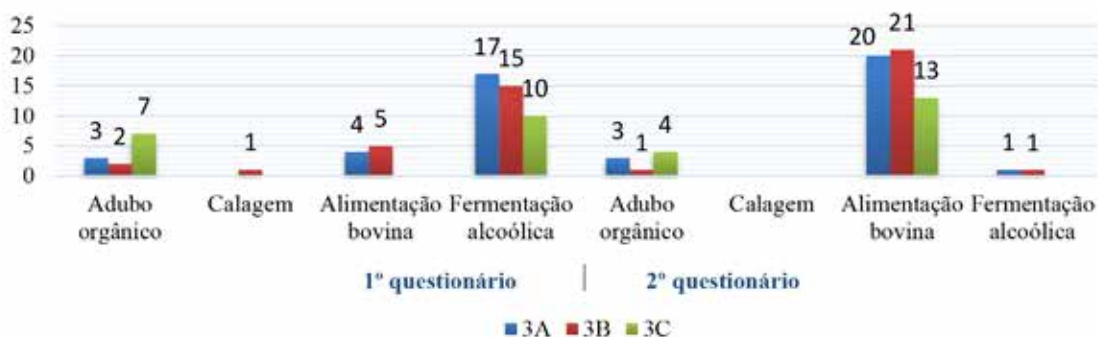


Gráfico 4. Respostas à pergunta “Além da utilização como fonte de produção de energia, qual outro destino é dado para o bagaço da cana-de-açúcar?”. As turmas 3A, 3B e 3C possuem 24, 23 e 17 estudantes, respectivamente. Fonte: Autores.

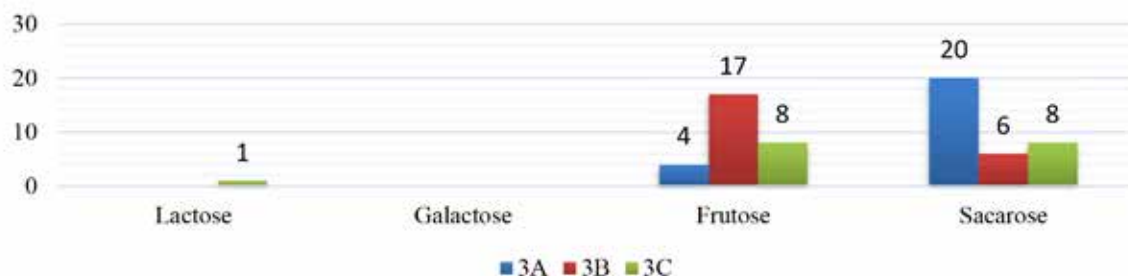


Gráfico 5. Respostas à pergunta “Além da cana-de-açúcar, qual outra fonte é muito utilizada na obtenção de açúcar?”. As turmas 3A, 3B e 3C possuem 24, 23 e 17 estudantes, respectivamente. Fonte: Autores.

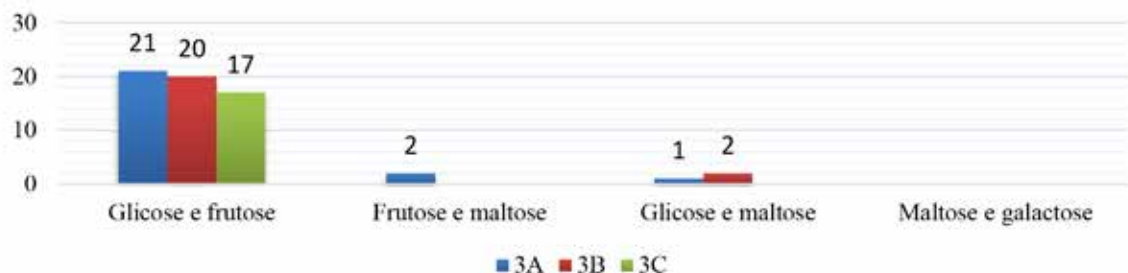


Gráfico 6. Respostas à pergunta “Qual dos combustíveis abaixo apresenta menor impacto ambiental”. As turmas 3A, 3B e 3C possuem 24, 22 e 17 estudantes, respectivamente. Fonte: Autores.

tratar sobre esse conhecimento (gráfico 6).

Por fim, a questão “*Para a formação da sacarose, há a perda de qual molécula?*”, contida no questionário 2, teve o CO_2 como resposta de maior índice, sendo H_2O a correta. Ainda que tenha sido a segunda mais escolhida, 50 alunos tiveram opiniões divergentes, número bastante significativo. Houve, pois, confusão entre o processo de branqueamento do caldo de cana e o processo de fermentação para obtenção de etanol. Na formação da sacarose há a perda de uma molécula de água, enquanto sua fermentação provoca quebra e liberação de dióxido de carbono. A partir destes dados, que podem ser melhor visualizados no gráfico 7, acreditamos que a quantidade de informações trazida no espaço de tempo dedicado à sequência de aulas foi excessiva, o que pode ter dificultado o aprendizado.

Questões de caráter aberto

A questão de número 5 do segundo questionário, uma das duas de caráter aberto, pedia “*Faça o esquema das etapas de produção do açúcar*”. A partir disso, orientamos os alunos a

realizarem a atividade de forma livre, fosse através de desenhos, esquemas, diagramas, texto ou outras maneiras, sendo que a maioria preferiu dissertar a seu respeito. Definimos, entre nós, que uma resolução correta deveria contemplar ao menos alguns dos processos físicos e químicos na ordem correta, sendo os mais citados a filtração, sulfitação e calagem. Somando-se as três turmas, 34 alunos apresentaram falhas nas respostas e 30 responderam corretamente.

Dentre os equívocos notados, parte dos estudantes representou as etapas da produção de etanol ao invés do açúcar, o que corrobora com a mesma tendência identificada em uma das questões de múltipla escolha analisadas anteriormente, na qual correlacionaram os processos de forma inapropriada. Por exemplo, o esquema feito pelo aluno 1A¹ - ao responder conforme a Figura 2 - trouxe elementos presentes em ambos os processos sem que houvesse distinção do produto final. Ainda que não interesse à questão o destino do bagaço, notamos que este aluno trouxe, também a partir de uma questão anterior, a informação ligada à alimentação bovina.

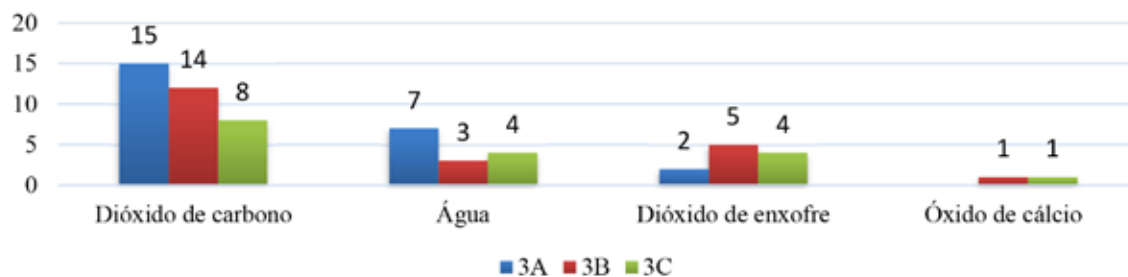


Gráfico 7. Respostas à pergunta “Para a formação da sacarose, há a perda de qual molécula?”. As turmas 3A, 3B e 3C possuem 24, 23 e 17 estudantes, respectivamente. Fonte: Autores.

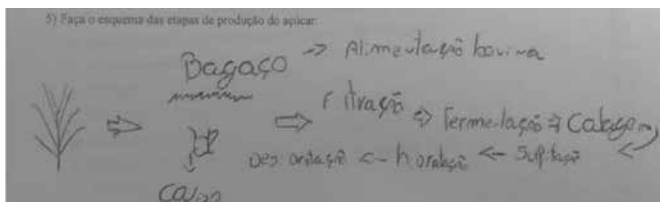


Figura 2. Resposta do Aluno 1A à quinta questão. Fonte: Autores.

O aluno 2A, conforme a Figura 3, esquematizou corretamente e de maneira sucinta os processos de filtração, sulfitação e calagem, ainda que tenha começado as etapas pelo açúcar e não pelo caldo. Neste momento é importante salientar que os processos foram trabalhados na aula introdutória, sendo feita também sua demonstração experimental. Assim, sem nos adentrarmos em reflexões mais aprofundadas acerca do processo de aprendizagem, fornecemos aos alunos a base necessária para responder essa questão, como sugere Guimarães (2009).

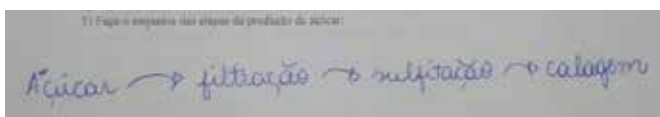


Figura 3. Resposta do Aluno 2A à quinta questão. Fonte: Autores.

Outra resolução interessante a ser exposta se encontra na Figura 4, em que o aluno 1B demonstrou criativamente o clareamento do caldo de cana. Poucos alunos optaram por desenhos, sendo que aqueles que preferiram esse método demonstraram como a memória visual foi importante para o ensino e aprendizagem dos conceitos. O aluno 1B, ainda que não tenha esboçado a calagem em sua representação, utilizou reticências em seu lugar, sinalizando saber que existe, ali, uma etapa intermediária.

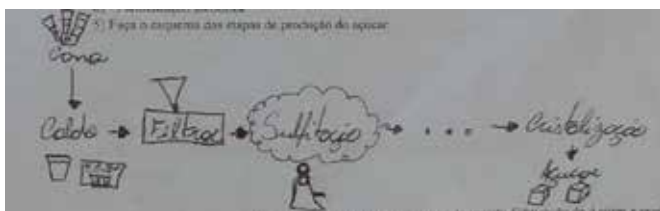


Figura 4. Resposta do Aluno 1B à quinta questão. Fonte: Autores.

O aluno 2B, por sua vez, descreveu as etapas de produção do açúcar da seguinte forma: sulfitação, filtração, fermentação e desidratação (Figura 5). Neste caso, além de inserir uma reação que se refere ao processo de obtenção do álcool, notamos um erro conceitual relacionado à ordem cronológica dos acontecimentos, visto que a filtração ocorre antes das demais etapas citadas. Como pode ser visto na Figura 6, o aluno 1C agiu de forma semelhante, tanto em relação à confusão entre os processos quanto a sua ordem. Mais uma vez, notamos características que nos sugerem a não ocorrência de aprendizagem significativa do que se sucede em cada fenômeno. Acreditamos, assim, que uma possível maneira de minimizar as concepções equivocadas

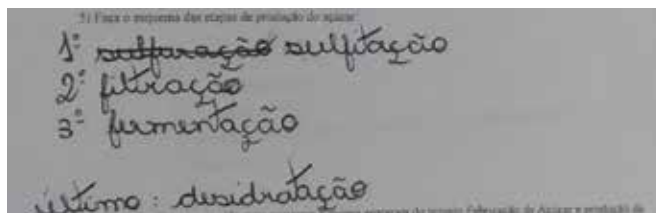


Figura 5. Resposta do Aluno 2B à quinta questão. Fonte: Autores.



Figura 6. Resposta do Aluno 1C à quinta questão. Fonte: Autores.

entre os dois processos seria trabalhá-los em momentos diferentes.

Nos voltando agora à sexta e última questão, solicitamos aos alunos que comentassem sobre quais partes do projeto tiveram mais afinidade, bem como as que acreditassem não ter sido proveitosas. Este momento foi importante para entendermos qual ou quais metodologias foram melhor aceitas pela maioria dos estudantes, bem como utilizar o *feedback* para aprimorarmos nossas práticas docentes em permanente formação.

Para analisar essa questão, fizemos sua categorização segundo os preceitos de Bardin (2016), resultando em 5 tópicos: (i) *aplicabilidade do conceito*, (ii) *dificuldade de entendimento* e (iii) *interesse pela aula teórica*, (iv) *pela experimentação* ou (v) *pelo jogo*, como foi organizado no gráfico 8. Ressaltamos, uma vez que as escritas pudessem contemplar mais de uma vertente, que uma mesma resposta pode ter sido classificada em mais de uma categoria.

Conforme esperávamos a partir das leituras de Santana e Rezende (2008) e Cunha (2012), a maior parte dos estudantes descreveu ter gostado, em especial, do jogo didático, sendo a aula teórica de menor apreço – ainda que alguns alunos tenham trazido sua importância como introdutória ao entendimento dos processos adotados no restante da sequência. Grande parte, em sua maioria da turma B, também mencionou a experimentação como um momento importante da aprendizagem. Cabe destacar que muitos estudantes relataram sobre a aplicabilidade dos conceitos no cotidiano, como por exemplo a utilização do bagaço da cana na alimentação de bois e vacas.

Como mencionado, o aluno 3A afirmou ter gostado da sequência didática como um todo, ressaltando a aula prática e o jogo, como mostra a Figura 7. Esse tipo de resposta, em corroboração a Guimarães (2009), Santana e Rezende (2008), demonstra a importância da utilização de atividades lúdicas e experimentações, muitas vezes incomuns em sala de aula, para instigar o interesse dos estudantes pela disciplina.

Em um último exemplo de resposta, o aluno 4A optou por um formato distinto dos demais, trazendo não as

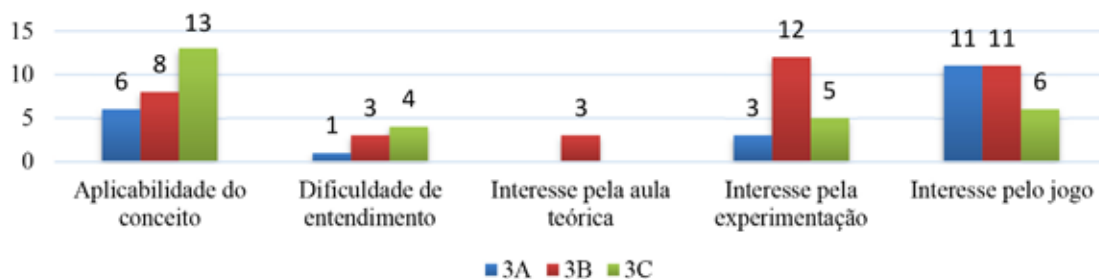


Gráfico 8. Relatos dos alunos sobre aspectos diversos da sequência didática. As categorias foram escolhidas de forma a contemplar as repostas dos estudantes, então, uma resposta pode ter sido classificada em mais de uma categoria. Fonte: Autores.

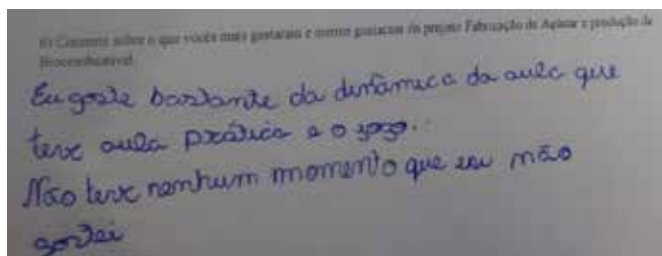


Figura 7. Resposta do Aluno 3A à sexta questão. Fonte: Autores.

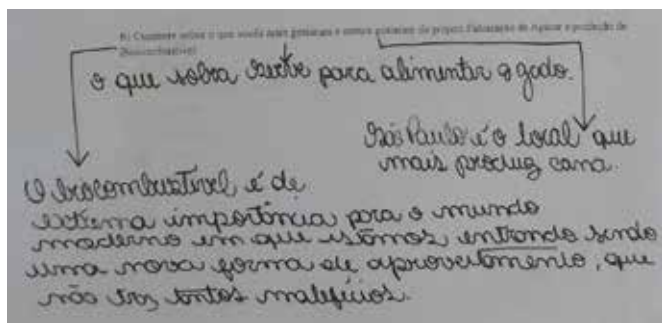


Figura 8. Resposta do Aluno 4A à sexta questão. Fonte: Autores.

metodologias, mas informações específicas trabalhadas em sala (Figura 8). Por exemplo, o estudante indicou ter compreendido a importância dos biocombustíveis, uma alternativa – proveniente da cana-de-açúcar – mais limpa em relação aos combustíveis fósseis. Por fim, ele também parece ter indicado que não o agradou saber que São Paulo é o estado de maior produção de cana, possivelmente por esperar que fosse Minas Gerais, onde reside.

Considerações Finais

De forma geral, os alunos obtiveram bom aproveitamento conforme suas respostas. Dentre os resultados alcançados, consideramos importante ressaltar primeiramente o sucesso do trabalho envolvendo estratégias de ensino variadas em auxiliar os estudantes a melhor relacionar o conteúdo com seu cotidiano, construindo um ensino mais democrático e questionador. Além disso, a partir da teoria aplicada (Savi, 2009; Guimarães, 2009; Santana e Rezende, 2008; Cunha, 2012), visualizamos a necessidade de incluir a experimentação e a ludicidade em sala de aula, o que reforça a importância da utilização de metodologias que

fujam ao tradicional e despertem o interesse, proporcionando uma aprendizagem prazerosa e que instigue o interesse por parte dos discentes.

Consideramos que, a partir das atividades desenvolvidas, tenhamos alcançado nossos objetivos, uma vez que percebemos evolução quanto ao conhecimento dos processos químicos por trás do sistema de fabricação de açúcar e etanol a partir da cana-de-açúcar. Ainda assim, reconhecemos o cuidado necessário no planejamento das aulas, devemos estar mais atentos à quantidade e distribuição dos conteúdos apresentados, bem como a uma didática de qualidade.

A experiência com a execução da sequência didática na disciplina *Introdução à Pesquisa no Ensino de Química* foi enriquecedora para os licenciandos e para os alunos do ensino médio. Os licenciandos vivenciaram, de forma prática, o quão importante é abordar os conceitos químicos de forma contextualizada e a aproximar os alunos do setor industrial, no caso a indústria canavieira, o que tornou a execução desta sequência dinâmica e prazerosa para ambos. As metodologias diversificadas utilizadas ao longo do trabalho proporcionaram atender um maior número de estudantes, uma vez que o conteúdo químico foi abordado durante toda a sequência didática de formas distintas.

Nota

¹Optamos pela seguinte representação para indicar os estudantes, sendo que a letra corresponde a uma das três turmas participantes.

Paulo Henrique de Melo (ptoledo@ice.ufjf.br), bacharel e licenciando em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora e mestrando em Físico-Química pela mesma Instituição. Juiz de Fora, MG – BR. **Alvaro Cesar Cagnin Barra** (alvaro_cagnin@hotmail.com), licenciado em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG – BR. **Karine Gabrielle Fernandes** (karinegf@gmail.com), licenciada em Química pelo Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, mestre em Educação pela Universidade Federal de Juiz de Fora e doutoranda em Química pela mesma Instituição. Juiz de Fora, MG – BR. **Fabiana Andrade da Costa Vieira** (fa_07_10@hotmail.com.), licenciada em Química pela Instituto Federal de Rio Pomba, mestre em Ciências pela Universidade Federal de São Paulo, doutora em Educação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e professora de Química do Colégio de Aplicação João XXIII (UFJF). Juiz de Fora, MG – BR. **Ivoni Freitas-Reis** (ivonireis@gmail.com), licenciada e bacharelada em Química pela Universidade Federal de Viçosa, mestre e doutora em História da Ciência pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e professora de Química da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG – BR.

Referências

BARDIN, Laurence. *Análise de Conteúdo*. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016. p. 279.

BRAIBANTE, M. E. F. *et al.* A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 1, p. 3–10, 2013.

CASTRO, B. J. de; COSTA, P. C. F. Contribuciones de un juego en la enseñanza y el aprendizaje de la química en la educación básica vista desde el aprendizaje significativo. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, v. 6, n. 2, p. 25–37, 2010. Disponível em: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-66662011000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=pt, acesso em jan. 2020.

CASTRO, E. A.; PAIVA, F. M.; SILVA, A. M. Aprendizagem em química: desafios da educação básica. *Nova Paideia*, v. 1, n. 1, p. 73–88, 2019. Disponível em: <http://novapaideia.org/ojs/ojs-2.4.8-3/index.php/RIEP/article/view/15/43>, acesso em jan. 2020.

CUNHA, M. B. da. Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Pesquisa em Ensino*, v. 34, p. 92–98, 2012. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_2/07-PE-53-11.pdf, acesso em jan. 2020.

GRESZCZYSCZYŃ, M. C. C. *et al.* A perspectiva semiótica de Pierce para o ensino e aprendizagem de química. In: ENCONTRO

NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11, 2017, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1475-1.pdf>, acesso em jan. 2020.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, v. 31, p. 198–202, 2009.

PAPERT, S. M. *A Máquina das Crianças*: repensando a escola na era da informática. Tradução de Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994. p. 210.

ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0145-2.pdf>, acesso em jan. 2020.

SANTANA, E. M. de; REZENDE, D. B. Influência de jogos e atividades lúdicas no ensino e aprendizagem de química. Instituto de Física da USP, 2008. Disponível em: <http://axpfep1.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/CR2/p467.pdf>, acesso em jan. 2020.

SAVI, R. Utilização de projeção multimídia em salas de aula: observação do uso em três escolas públicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 20., 2009, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1148>, acesso em jan. 2020.

Abstract: *Sugar Cycle: from the making of sugar to ethanol production.* The present report, explained by the students of the undergraduate course in chemistry at the Federal University of Juiz de Fora, consists of the project presentation and development activity during an Introduction to Research in Chemistry Teaching discipline. The Sugar Cycle theme choice comes from its presence in the Selective Mixed Admission Program content, also from UFJF, which is not included in the school considered. Supported by the need for more dynamic and contextualized teaching, we opted for diverse teaching methods, such as, playful in learning and experimentation in teaching chemistry. Based on them, we proposed a didactic sequence that aimed to improve the understanding of the chemistry behind the processes inherent to the sugarcane cycle, which was applied to 64 students in the 3rd year of high school. It was possible to perceive good performance and enthusiasm of the students about the resources used.

Keywords: sugarcane. sequence didactic. didactic game

Software Cidade do Átomo como instrumento didático no Ensino De Química

Mariane G. Nabiça e Jorge Raimundo da T. Souza

Este trabalho apresenta um relato sobre a metodologia abordada e ponto de vista de estudantes sobre o uso do *software* Cidade do Átomo, que utiliza estratégia de soluções de problemas voltado à produção de energia termonuclear. As atividades foram divididas em 3 etapas, com a participação de 16 alunos do ensino médio de uma escola pública. A etapa 1 consistiu na análise investigativa, onde foi coletado por meio do questionário 1, os relatos dos estudantes sobre a disciplina Química e o uso do computador. Na etapa 2, ocorreu o processo formativo com a apresentação do Tema Radioatividade e a aplicação da atividade com o *software*. Na etapa 3, ocorreu o processo avaliativo, onde os alunos responderam ao questionário 2 com perguntas referentes ao *software*. Os questionários foram examinados de acordo com análise de conteúdo de Bardin (2011). Os resultados evidenciaram a relação positiva entre os estudantes e a atividade desenvolvida, no qual permitiu o uso do computador como mediador da contextualização, por meio de uma problematização disponível no *software*.

► ensino de Química, instrumento didático, *software* Cidade do Átomo ◀

Recebido em 09/04/2020, aceito em 28/10/2020

Hoje a humanidade vive em um mundo tecnológico, em consequência do desenvolvimento científico que produz transformações no comportamento das pessoas e das instituições, provocando mudanças no sistema econômico, político e social. Por isso, é notório que alfabetizar os cidadãos em ciência e tecnologia é uma necessidade, onde se deve manter a inter-relação de Ciência, Tecnologia e Sociedade (Santos e Schnetzler, 1997; Santos e Mortimer, 2002; Pinheiro *et al.*, 2009).

Para isto, o incremento do uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) tem sido cada vez mais recorrente em sala de aula. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), ao longo da educação básica, a aprendizagem deve assegurar aos estudantes o desenvolvimento de competências, dentre elas, o aluno deve compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação, de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) (Brasil, 2017).

No ensino de Química, o uso do computador, que apresenta inúmeros recursos, funciona como um instrumento auxiliador, o qual reforça a ação do docente e viabiliza a minimização das dificuldades de aprendizagem desta Ciência.

Dentre os vários instrumentos que abrange as TDIC, que se refere a qualquer dispositivo que permita a navegação na internet (Costa *et al.*, 2015), destaca-se o computador, que é uma realidade em algumas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do Brasil, em virtude do Programa Nacional de Tecnologia Educacional (ProInfo), que leva às escolas computadores, recursos digitais e conteúdos educacionais, com o objetivo de contribuir com a aprendizagem.

Dependendo da forma que é empregado, o computador utilizado em sala de aula pode ser visto como uma mídia educacional. No ensino de Química, o uso do computador, que apresenta inúmeros recursos, funciona como um instrumento auxiliador, no qual reforça a ação do docente e viabiliza a minimização das dificuldades de aprendizagem desta Ciência.

Na literatura é possível encontrar pesquisas que apresentam os baixos níveis de aprendizagem por alunos de ensino médio na disciplina Química (Santos *et al.*, 2013; Meneses e Nunez, 2018), ocasionados pelas dificuldades em

compreender o assunto, refletindo no interesse pela disciplina e baixo desempenho escolar. Além disso, geralmente o ensino de Química vem sendo estruturado em torno de atividades que levam à memorização de informações, fórmulas e conhecimentos que limitam o aprendizado dos alunos.

Dependendo do método de ensino, essas dificuldades se acentuam, pois muitas delas não contemplam a construção do conhecimento e a compreensão dos níveis de representação para o entendimento de seus fenômenos, a partir da visualização de teorias e modelos que necessitam de abordagens pedagógicas que permitam a contextualização e a interdisciplinaridade.

Neste contexto, dentre os assuntos de Química, o tema radioatividade é um assunto pertinente, pois sua representação necessita da visualização de modelos teóricos propostos para explicar o comportamento do núcleo, e a utilização do computador pode auxiliar aos alunos na visualização dessas representações em tela. Por conseguinte, como ressaltam Souza *et al.* (2005) e Machado (2016), o computador é uma ferramenta importante para a compreensão e simulação de fenômenos químicos.

O tema radioatividade necessita também de um ensino mais contextualizado para o seu entendimento e a visualização de sua importância, bem como aplicabilidade e os perigos inerentes ao seu uso inconsciente e irresponsável para a saúde da população e do meio ambiente, para que haja o estímulo ao desenvolvimento da autonomia intelectual e o pensamento crítico do educando.

Assim como o tema em questão e outros de Química, esses não podem ser abordados apenas de forma superficial, limitado a cálculos de meia-vida de radioisótopos ou balanceamento de equações nucleares, ou seja, apenas baseado na memorização (Araújo *et al.*, 2018). Afinal, a construção do conhecimento é promovida por práticas docentes, onde educadores reforçam a capacidade crítica do educando, sua curiosidade, não limitado à decoração.

Para este efeito, o professor deve reconhecer que é um ser inacabado e ter a capacidade de inovar, assim podendo se adaptar a esses novos instrumentos pedagógicos como o computador, que por sua vez, apresenta uma gama de recursos que podem auxiliar no ensino e na compreensão dos níveis de representações.

Diante do exposto e em virtude dos aspectos positivos e perspectiva sobre o uso do computador como mediador da construção do conhecimento químico, este trabalho apresenta um relato sobre a metodologia abordada, ponto de vista dos estudantes sobre o uso do *software* Cidade do Átomo, que utiliza de estratégia de solução de problemas que envolvem os temas produção de energia termonuclear.

Metodologia

As estratégias escolhidas para abordagem no presente

A pesquisa foi realizada em uma escola pública, localizada no estado do Pará, município de Belém, Norte do Brasil, escolhida por possuir o suporte de uma sala de informática.

trabalho constituem elementos vivenciados em uma pesquisa de trabalho de conclusão de curso (TCC). A pesquisa foi de natureza qualitativa (Lüdke e André, 2012), no qual os dados coletados são predominantemente descritivos e interpretativos e a análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.

A pesquisa foi realizada em uma escola pública, localizada no estado do Pará, município de Belém, Norte do Brasil, escolhida por possuir o suporte de uma sala de informática.

De forma voluntária contou-se com a participação de dezesseis alunos do 1º ano do ensino médio. Praticamente todos os participantes estavam com idade regular, faixa etária entre 14 e 15 anos. As atividades realizadas na escola, que serão apresentadas durante a

leitura deste artigo, foram elaboradas e desenvolvidas por pessoas sem vínculo direto com o lócus da pesquisa. Para tanto, foram 4 encontros, no qual foram utilizados um total de seis aulas de quarenta minutos cada. A prática desenvolvida está apresentada no Quadro 1, no qual é observada a existência de 3 etapas, a saber: processo investigativo, formativo e avaliativo.

Quadro 1: Prática desenvolvida com os alunos em 4 encontros

Processo Investigativo (1 aula)- Etapa 1
1º momento (encontro 1, uma aula): Relatos dos alunos sobre a disciplina Química e o uso do computador pelos alunos e no ensino de Química. Busca de informações sobre os conhecimentos prévios a respeito do assunto que seria abordado.
Processo Formativo (4 aula)- Etapa 2
2º momento (encontro 2, uma aula): Processos de produção de energia elétrica em usinas termoeletricas, hidroeletricas e, a partir de fontes solares e eolicas.
3º momento (encontro 2, uma aula): Radioatividade- radioatividade natural e artificial, tipos de radiação (α , β e γ), poder de penetração e efeitos biológicos.
4º momento (encontro 3, uma aula): Produção de energia elétrica por uma usina nuclear- energia nuclear, obtenção da energia nuclear por meio da fissão e reação em cadeia, funcionamento do reator nuclear, vantagens e desvantagens de se ter uma usina nuclear para obtenção de energia elétrica, aspectos históricos com acidentes nucleares, dentre eles os acidentes ocorridos em Fukushima e Chernobyl.
5º momento (encontro 4, uma aula): Desenvolvimento das atividades no <i>software</i> Cidade do Átomo
Processo avaliativo (1)- Etapa 3
6º momento (encontro 4, uma aula): Avaliação da opinião dos alunos sobre o <i>software</i> Cidade do Átomo.

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

Utilizou-se como instrumento de coleta de dados 2 questionários semiestruturados elaborados pelos pesquisadores do TCC, com perguntas abertas e, uma atividade disponível no *software* intitulada Laudo de Inspeção da Usina Nuclear (L.I.U.N), este ultimo contém 3 perguntas com o propósito

de registrar os dados das tarefas, acompanhar e verificar o ponto de vista dos estudantes sobre a atividade do *software*.

Os dados quantitativos obtidos foram utilizados para a construção de gráficos, realizados no Microsoft Excel do pacote Office 2010, que posteriormente, para uma melhor visualização quantitativa no artigo, estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3. Para a análise das respostas dos estudantes ao questionário, alguns trechos mais recorrentes foram apresentados em categorias, destacados nos resultados entre aspas e em itálico. O procedimento para a escolha desses trechos foi adaptado da análise de conteúdo de Bardin (2011), no qual trechos de falas que se repetiam, que confirmavam ou modificavam aquelas presentes nas hipóteses e referenciais teóricos inicialmente propostos, foram destacados nos resultados.

A etapa 1 consistiu na análise investigativa, onde foi realizada um primeiro momento com a coleta e análise (Questionário semiestruturado 1) dos relatos dos estudantes sobre a disciplina Química e o uso do computador pelos alunos e no ensino de Química. Desta forma, na visão dos alunos, será possível verificar o interesse pela disciplina e o uso do computador de forma pessoal e na escola. Os resultados servirão como base para justificar o uso do computador como mediador do ensino e um “[...] um artefato para dinamizar as aulas e torná-las enriquecidas” (Gabini; Diniz, 2012, p.346). Posteriormente, com o intuito de instigar os estudantes, por meio de uma conversa, foi perguntado se os alunos conheciam as formas de produção de energia e funcionamento das mesmas, principalmente a gerada por usinas nucleares. Em seguida, foi apresentada a proposta da atividade.

Foi constatado por meio dos relatos e interações no momento da conversa, que os educandos apresentavam certo conhecimento sobre os meios de produção de energia elétrica, porém não sabiam como funcionavam, com exceção do tipo hidroelétricas e, a partir de fontes solares e eólicas. Observou-se que em relação às usinas nucleares, os alunos apresentaram apenas informações sobre os desastres que já ocorreram. Além disso, o assunto radioatividade ainda não tinha sido abordado durante o ano letivo. Por isso, para que os educandos pudessem relacionar e acessar o novo conteúdo através da reconfiguração de conhecimentos já existente e assim, fosse possível ter subsídios para compreensão da parte teórica do jogo, na etapa 2, ocorreu o processo formativo em 3 momentos.

No momento 2, na sala de informática da escola os alunos assistiram a uma apresentação em PowerPoint sobre processos de produção de energia elétrica em usinas termoeletricas, hidroelétricas e a partir de fontes solares e eólicas. A apresentação se deu por esquemas e imagens, também, foram mencionadas as principais vantagens e desvantagens e comparação entre os meios de produção de energia elétrica.

No 3º momento, o tema radioatividade foi apresentado,

com ênfase em radioatividade natural e artificial, tipos de radiação (α , β e γ), poder de penetração e efeitos biológicos nos seres humanos. Para isto, esquemas e imagens em movimento foram utilizadas, para que os alunos pudessem observar a nível microscópico como funciona o núcleo de um átomo instável e o processo de penetração radioativa.

No 4º momento, explicação sobre a produção de energia elétrica por uma usina nuclear (energia nuclear, obtenção da energia nuclear por meio da fissão e reação em cadeia, funcionamento do reator nuclear, vantagens e desvantagens de se ter uma usina nuclear para obtenção de energia elétrica). Para isto, esquemas e imagens em movimento foram utilizadas, para que os alunos pudessem observar a nível microscópico como funciona o núcleo em uma fissão e reação em cadeia. Além disso, a apresentação de um diagrama esquemático de uma central nuclear e um vídeo “energia nuclear em 2 minutos” (Eletronuclear TV, 2015) que enfatiza como funciona o processo de reação nuclear, da transformação de átomos em combustível para as usinas até a distribuição de energia. Ao final, aspectos históricos com acidentes nucleares, dentre eles os acidentes ocorridos em Fukushima e Chernobyl.

No 5º momento, após a explanação do tema radioatividade, foi apresentado e explicado os objetivos das atividades

a serem realizadas no *software* Cidade do Átomo. O *software* cidade do átomo é um jogo educacional que apresenta a categoria de exercício e prática, no qual retrata uma cidade chamada Átomo em que há a presença de uma usina nuclear. Esse jogo tem

como objetivo usar da simulação computacional para explorar e desenvolver no estudante a capacidade de investigação e solução de problemas relacionados à proteção radiológica (Eichler *et al.*, 2006).

O problema apresentado no *software* envolve um projeto de expansão da usina nuclear contida na cidade, no qual é apresentada a preocupação da população e do prefeito da cidade. Segundo Mori e Cunha (2020, p.176), a problematização estabelece “um “diálogo” entre conhecimentos, colocando em discussão a interpretação dos estudantes sobre determinada realidade e as teorias científicas, ou seja, problematiza-se tanto o conhecimento dos estudantes quanto o conhecimento científico em discussão”.

Essa ferramenta foi criada a partir de um projeto desenvolvido pela Área de Educação Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por Eichler *et al.*, em 2006, com o auxílio do Programa de Educação Tutorial (PET) Informática/UFRGS. O *software* utiliza o conceito livre, com suas ferramentas em português, produtos em linguagem Java e banco de dados MySQL, oferecendo a instalação na plataforma Windows e Linux e pode ser obtido, através de *download* no site <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/cidatom.htm>.

O desenvolvimento do 5º momento começou com a projeção no quadro da tela inicial do *software*, onde foi

O software cidade do átomo é um jogo educacional que apresenta a categoria de exercício e prática, no qual retrata uma cidade chamada Átomo em que há a presença de uma usina nuclear.

mostrado como se realizava o cadastro para o login no jogo. Após o início do acesso ao *software*, os estudantes visualizaram uma mensagem em forma de texto do prefeito da Cidade do Átomo para que o ajudassem a investigar a usina nuclear que existe em sua cidade, pois a população da cidade estaria inquieta com a presença da usina, principalmente depois dos atrasos nas inspeções técnicas preventivas na mesma. As investigações se dariam por meio de tarefas:

1. Inspeção de uma usina nuclear, presente na “Cidade do Átomo”, para verificar se as doses de radiação recebidas pelos trabalhadores da usina se encontram dentro dos valores seguros, que não afetam a saúde.
2. Coleta de amostra de água e solo, análise da amostra, a fim de verificar se a soma das intensidades das radiações (radiação de fundo) próximas à região de instalação da usina encontrava-se dentro de valores seguros.
3. A busca do depoimento da população da cidade, para verificar como eles de fato se posicionam sobre a polêmica da produção de energia nuclear.

Após a leitura das atividades, foi orientado aos educando a observação da barra de ferramentas do *software*, no qual apresenta várias ferramentas como: arquivo, sua tarefa é, análise, relatório, biblioteca e hemeroteca e ajuda. No Quadro 2 são apresentadas as ferramentas e suas respectivas funções.

Quadro 2: Barra de ferramentas superior do software Cidade do Átomo

Ferramentas	Funções
Arquivo	Abrir, sair e salvar
Sua tarefa é:	Mensagem do Prefeito da Cidade do Átomo Demócrito Rutherford Fermi
Análise	O botão “análise” serve para extrair e analisar a radiação de fundo da Cidade do Átomo.
Relatório	Nesse botão encontra-se disponível o L.I.U.N.
Biblioteca e Hemeroteca	Encontra-se fundamentos sobre o assunto radiação e relacionados a notícias atuais.
Ajuda	Ajuda da Cidade do Átomo: trata de instruções para desenvolver as tarefas. Sobre Cidade do Átomo: Informações sobre os desenvolvedores do projeto.

Fonte: dados do *software* Cidade do Átomo.

Logo em seguida, foi apresentada a biblioteca e a hemeroteca do *software*, enfatizando as leituras, seus conteúdos sobre os conceitos básicos de radiação, de radioatividade, de energia nuclear, notícias, reportagens encontradas em

jornais e revistas nacionais sobre temas relacionados à radioatividade.

Após as observações e leituras, os alunos foram convidados a fazer uma descrição da Cidade do Átomo de forma oratória e posteriormente anotaram no laudo (L.I.U.N.). Na tela do jogo, os alunos puderam observar que a cidade é

composta por um ambiente verde, com fazenda, zona urbana com prédios, praia, polo petroquímico, edifício de enriquecimento de urânio, usina nuclear e plataforma de extração de petróleo em altas profundidades marítimas.

Após isso, os alunos conheceram os compartimentos da usina termonuclear. O *software* apresenta em forma de imagem a parte interna da usina, onde é

possível conhecer suas divisões por meio destas imagens e informações em forma de texto sobre cada compartimento da usina como: edifício do reator nuclear PWR (*Pressurized Water Reactor*), complexo de refrigeração, edifício complexo de controle, edifício do turbo gerador, turbina, condensador, gerador elétrico, edifício dos sistemas auxiliares da usina e laboratório de radioecologia.

Após conhecerem os compartimentos da usina termonuclear, foi realizada a “inspeção” da usina. Os educandos verificaram as doses de radiação de cada compartimento. Para isto, os alunos posicionaram o mouse em cima da parte desejada para inspeção, em seguida aparecem os valores de radiação. Os valores limites máximos de radiação encontrados para trabalhadores, o valor máximo para população em geral e os valores de radiação identificados em cada parte da usina foram anotados no laudo (L.I.U.N.). Os alunos compararam os valores da radiação em cada parte da usina com o valor de 0,3 milisieverts por hora (mSv/h), pois, acima desse valor o trabalhador estará exposto a uma radiação que pode causar danos à saúde. Os valores limites máximos de radiação que os trabalhadores e população em geral podem receber em milisieverts (mSv) foi enfatizado no momento da explanação da aula no tópico efeitos biológicos, onde foi explicado os ricos de acidentes nucleares, como exemplo o acidente de Chernobyl, e os efeitos biológicos causados pelas altas doses de radiação, esses dados podem ser encontrados no tópico “radiação de fundo e proteção radiológica” contido na biblioteca do *software*.

Na segunda tarefa, foi verificada a radiação de fundo em amostras de água e de solo em 10 locais (pontos), a critério dos alunos. Após a verificação, foi registrado o valor mínimo e máximo de radiação encontrado no solo e na água, os dados no laudo (L.I.U.N.). Logo depois, os educandos compararam os valores encontrados com os de outras cidades, disponíveis em forma de texto na biblioteca do *software*.

Na terceira tarefa, os alunos coletaram os depoimentos da população da região da cidade do átomo. O *software* apresenta um ícone chamado “praça central” onde se encontram

Os valores limites máximos de radiação que os trabalhadores e a população em geral podem receber em milisieverts (mSv) foi enfatizado no momento da explanação da aula no tópico efeitos biológicos, quando foram explicados os ricos de acidentes nucleares, como exemplo o acidente de Chernobyl, e os efeitos biológicos causados pelas altas doses de radiação.

algumas personagens da cidade, ao se posicionar o mouse no personagem da cidade, um balão com o depoimento é visualizado. Após a coleta dessas informações, os alunos foram convidados também a se posicionarem sobre o projeto de expansão da usina nuclear, com argumentos e justificativas de seus pontos de vista, todos anotados no laudo.

Na etapa 3, que consiste no 6º momento, após a prática do jogo educacional, os alunos responderam ao último questionário (Questionário 2), elaborado pela pesquisadora, com sete perguntas contendo questões referentes ao software Cidade do Átomo, a fim de extrair a opinião dos alunos sobre a ferramenta utilizada.

Resultados e Discussão

A seguir será apresentado o tópico 3.1 Relatos sobre a disciplina de Química e o uso do computador, referente à etapa 1- análise investigativa. Neste item, serão mostrados os resultados dos relatos dos estudantes sobre a disciplina Química e o uso do computador pelos alunos e no ensino de Química.

3.1 Relatos sobre a disciplina de Química e o uso do computador

As informações obtidas com o primeiro questionário semiestruturado aplicado aos alunos foram analisadas e estão apresentadas na Tabela 1. Essa tabela apresenta as perguntas realizadas no questionário 1 e as respostas recorrente dos alunos, representadas em percentagem.

Com relação ao relato dos estudantes sobre gostar de química, 50% dos alunos responderam “um pouco”, dentre as justificativas categorizadas, teve-se predominantemente respostas que se encaixaram nas categorias “*muito difícil*” e “*chato*”. Os alunos que escolheram a opção “*não*”, 13%, a maioria apresentou em suas justificativas que “*não consigo entender a matéria*”. Este resultado soma com trabalhos já publicados na literatura (Santos *et al.*, 2013; Meneses e Nunez, 2018), sobre as dificuldade existentes de aprendizagem nesta disciplina, que por sua vez são muito recorrentes. Vale destacar que os alunos que escolheram a opção “*sim*”,

relataram a disciplina como “*importante*”, “*interessante*” e “*diferente*”.

Em relação à segunda pergunta, uma percentagem acentuada dos alunos, 38% dos estudantes, sentem dificuldades na disciplina e 31% “um pouco”. A maioria dos alunos retornaram as justificativas da pergunta anterior. Ressalta-se

que nessa turma é necessária uma investigação mais aprofundada sobre os motivos das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Química, pois os alunos participantes da pesquisa são do primeiro ano do ensino médio, esta série é caracterizada pelo estudo da parte inorgânica da matéria, podendo as dificuldades estarem

relacionadas com as estratégias ou formas de ensinar, como explicam Santos *et al.*, (2013).

Sobre o total de alunos que gostam de usar o computador, 94% dos estudantes respondeu que “*sim*”. Os motivos mais recorrentes categorizados foram que o computador seria “*uma forma de se comunicar por meio das redes sociais*”, além disso, “*o uso do computador facilita e ajuda em pesquisas*”. Sendo assim, visto que a maioria dos estudantes possui afinidade com o computador, o seu uso como ferramenta de ensino seria uma adequação da realidade dos estudantes. Como já mencionado neste trabalho, vivemos hoje em um mundo tecnológico e a inter-relação da Ciência, Tecnologia e Sociedade nessa escola é possível e de importância.

Em relação à quarta pergunta, todos os alunos afirmaram que os professores de Química nunca utilizaram o computador para ensinar. A escola supracitada possui estrutura que permite esse tipo de atividade. Logo, esse resultado expressa que mesmo com o avanço tecnológico e a presença marcante das tecnologias digitais de informação e comunicação e suas possibilidades no ensino de Química, ainda existem profissionais que optam em não usar ferramentas didáticas como o computador para auxiliar o desenvolvimento das aulas.

Sendo assim, na escola supracitada, este recurso poderia mediar o ensino de Química, tornando as aulas mais ricas e dinâmicas, como ratificam Gabini e Diniz (2012), facilitando a construção do conhecimento, pois, de acordo com as

Sobre o total de alunos que gostam de usar o computador, 94% responderam que “*sim*”. Os motivos mais recorrentes categorizados foram que o computador seria “*uma forma de se comunicar por meio das redes sociais*”, além disso, “*o uso do computador facilita e ajuda em pesquisas*”.

Tabela 1: Informações obtidas com o primeiro questionário aplicado aos alunos.

Pergunta	Sim	Um pouco	Não
1ª Pergunta: Você gosta de Química? Faça uma breve justificativa.	37%	50%	13%
2ª Pergunta: Você sente dificuldade na aprendizagem dos conteúdos de Química? Faça uma breve justificativa.	38%	31%	31%
3ª Pergunta: Você gosta de usar o computador? Faça uma breve justificativa.	94%	-	6%
4ª Pergunta: Os seus professores de Química já utilizaram alguma vez o computador para ensinar?	-	-	100%

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

Tabela 2: Informações obtidas com o segundo questionário aplicado aos alunos.

Pergunta	Sim	Um pouco	Não
1ª Pergunta: Para você o <i>software</i> Cidade do Átomo possui instruções fáceis e objetivas que facilitam o entendimento para solucionar o problema do jogo? Faça uma breve justificativa	87%	-	13%
	Fácil	Médio	Difícil
2ª Pergunta: Em sua opinião, a utilização do <i>software</i> Cidade do átomo é de: fácil, médio ou difícil uso? Faça uma breve justificativa	81%	-	19%
	Boa	Ruim	
3ª Pergunta: Você classificaria a layout do <i>software</i> como: boa ou ruim? Faça uma breve justificativa.	100%	-	
	Sim	Um pouco	Não
4ª Pergunta: Em sua opinião, as informações contidas na biblioteca e hemeroteca são necessárias? Faça uma breve justificativa.	100%	-	
	Sim	Um pouco	Não
5ª Pergunta: Você acha que com a utilização do <i>software</i> Cidade do Átomo, você pode criar uma opinião crítica acerca da instalação de usinas nucleares para produção de energia? Faça uma breve justificativa.	94%	-	6%
6ª Pergunta: Você gostaria que nas aulas de Química, a utilização de <i>softwares</i> educativos fosse mais frequente? Faça uma breve justificativa.	100%	-	-

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

respostas analisadas predomina-se a disciplina como difícil ou chata, tornando seu entendimento difícil por parte dos estudantes.

A seguir será apresentado o tópico 3.2 com a opinião dos estudantes sobre o *software* Cidade do Átomo, referente à etapa 3 - análise investigativa.

3.2 Opinião dos estudantes sobre o *software* Cidade do Átomo e atividade desenvolvida

Após o desenvolvimento das atividades no *software* Cidade do Átomo, os alunos responderam ao segundo questionário, as informações obtidas com o segundo questionário semiestruturado aplicado aos alunos foram analisadas e estão apresentadas na Tabela 2 e na Tabela 3 são apresentadas as notas dos alunos de 0 a 10 para o *software* Cidade do Átomo e suas ferramentas para o ensino de radioatividade.

Tabela 3: Notas dos alunos de 0 a 10 para o *software* Cidade do Átomo e suas ferramentas para o ensino de radioatividade.

Notas	Nº de alunos
10	8
9,5	6
8,0	1
7,0	1

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

Em relação à primeira pergunta, a maioria dos estudantes, 87%, considera que o *software* Cidade do Átomo possui instruções fáceis e objetivas que facilitam o entendimento para solucionar o problema do jogo, dentre as justificativas em

comum categorizadas, os alunos afirmaram que “as instruções ajudaram a entender o que era solicitado nas tarefas”; os que responderam “não”, justificaram que o *software* possui “textos muito extensos”. Durante a atividade desenvolvida no *software*, observou-se a necessidade de acompanhamento, por meio de leituras em conjunto e orientações de cada tarefa, para que fosse possível ter o controle da turma e assim, evitado que o jogo se tornasse cansativo ou desinteressante para os estudantes.

Como pode ser observado na Tabela 2, 81% dos alunos, acharam que o referido *software* é de fácil uso. As respostas mais recorrentes foram pelo fato de que “é apenas seguir as orientações”. Nesse caso, os alunos referem-se à mensagem com as orientações das tarefas, que fica disponível em um dos botões do *software*. Os alunos que responderam “difícil”, não justificaram. Para o desenvolvimento das tarefas no *software*, a facilidade de se encontrar as orientações, é de suma importância, pois não torna um *software* de difícil acesso.

Em relação à terceira pergunta, todos os alunos classificaram o layout do *software* como boa, dentre as justificativas categorizadas, teve-se que o jogo apresenta “desenhos de cada espaço da cidade”, “achei bonito, é colorido”. Contudo, destaca-se como sugestão para futuras atualizações do *software*, a utilização de efeitos sonoros ou interações como desenhos em movimentos, pois, possivelmente isso tornaria o *software* mais atraente para os estudantes.

Como pode ser observado na Tabela 2, todos os educandos acham que as informações contidas na biblioteca e hemeroteca são necessárias, destacando-as de forma positiva, algumas justificativas foram “ótimas ferramentas de informação”; “posso tirar dúvidas sobre o assunto de radioatividade”; “tem informações sobre o funcionamento

de uma usina nuclear”. Esta função no *software* é de suma importância, visto que o professor pode trabalhar com os textos contidos neles, como com discussões sobre assuntos polêmicos contidos na hemeroteca ou mesmo como base de estudo para os estudantes contidos na biblioteca.

Sobre a quinta pergunta, um total de 94% dos estudantes respondeu que a partir da utilização do *software* puderam criar uma opinião crítica acerca da instalação de usinas nucleares para produção de energia, dentre as várias justificativas, os alunos afirmaram que “*agora entendo como funciona uma usina nuclear*”, “*consegui entender os benefícios e riscos*”. Assim, a aplicação desta atividade com o auxílio do *software* Cidade do Átomo se adequa ao sugerido pela BNCC, pois os alunos dessa escola passaram a utilizar umas das TDIC de forma crítica, significativa e reflexiva para entender e pensar na forma mais viável de produção de energia para cada região, preocupando-se principalmente com as emissões de gases do efeito estufa, assim como com outros impactos sobre o meio ambiente e todos os seres que nela vivem.

Em relação à sexta pergunta, todos os alunos gostariam que nas aulas de Química fosse mais frequente a utilização de *softwares* educativos, dentre as respostas contidas nos questionários, os estudantes destacaram que “*as aulas seriam diferentes*”, “*seria mais legal*”, “*tornaria a aula mais interessante*”, “*melhor do que estudar somente com apostilas*”. Sendo assim, somando este resultado a avaliação positiva dada ao *software* pelos estudantes (Tabela 3), média aritmética simples das notas avaliativas foi de 9,5, ressalta a boa aceitação do *software*, por parte dos alunos, como ferramenta de auxílio pedagógico na aula.

Esta temática adotada permitiu uma abordagem abrangente e contextualizada do assunto radioatividade, não sendo limitado somente ao assunto ou de forma superficial, como Araújo *et al.* (2018) explicam, não podem ser abordados apenas desta forma, limitado a cálculos de meia-vida de radioisótopos ou balanceamento de equações nucleares, ou seja, apenas baseado na memorização.

Como já foi mencionado anteriormente, durante o desenvolvimento das atividades os alunos puderam vivenciar de forma virtual a experiência de conhecerem uma usina nuclear e verificar se as radiações eram viáveis para trabalhadores e moradores próximos à usina, além de poderem opinar e se posicionar, contra ou a favor, sobre a polêmica da expansão da usina nuclear presente na Cidade do Átomo. Na última pergunta contida no Laudo de Inspeção da Usina Nuclear (L.I.U.N), que seria sobre esse posicionamento, todos os alunos foram contra a expansão, pelo fato de algumas partes da usina possuírem níveis acima do permitido de radiação. Os estudantes destacaram com maior frequência o fato da

possibilidade de acidentes nucleares e a existência de outros meios de produção de energia elétrica que poderiam ser usados.

Considerações finais

Neste trabalho foi apresentado o relato sobre a metodologia e ponto de vista dos estudantes sobre o uso do *software* Cidade do Átomo. De modo geral, a partir da avaliação positiva da atividade desenvolvida, no qual permitiu o uso do computador como mediador da contextualização, por meio de uma problematização disponível no *software* Cidade do Átomo, observou-se que a associação do ensino com o uso do computador puderam trazer benefícios como a construção do conhecimento, aulas mais atrativas e enriquecidas, reflexão e discussão sobre situações que são debatidas nas mídias de informação. Além do mais, permitiu a vivência dos alunos sobre a presença de uma usina termoeletrica, que não é presente na cidade, mas o que não deixa de ser importante e necessário para formação de futuras opiniões sobre o assunto, caso necessário.

Além disso, as dificuldades em aprender Química são pertinentes em um número considerável de alunos. Sendo assim, como forma de minimizar essas dificuldades e a partir avaliação positiva sobre o uso do computador de forma pessoal, a utilização de computadores pode ser colocada em prática pelos docentes atuantes da referida escola, como

mediador da aprendizagem, pois de acordo com os relatos dos estudantes, até então nunca foram utilizados em aulas de Química. Todavia, é importante destacar que a sua utilização deve ser planejada, organizada a partir de estratégias que possibilitem uma aprendizagem mais ativa, respeitando as opiniões e o desenvolvimento cognitivo de cada estudante.

Para a aplicação do *software* o professor deve ter informação sobre o conhecimento prévio dos alunos sobre os tipos de produção de energia, principalmente a termonuclear e radioatividade, por mais que o *software* apresente uma biblioteca e uma hemeroteca com documentos sobre o assunto, o professor deve abordar de forma ativa sobre esses assuntos, associando a aula expositiva vídeos, imagens, *giffs*, simulações e entre outros, pois o jogo apresenta apenas uma simulação com imagens de uma cidade e uma usina nuclear, no qual os alunos a observam e utilizam de seus conhecimentos científicos para resolver uma problemática relacionada à produção de energia termoeletrica.

As características do *software* devem ser bem exploradas pelo educador, como a presença de textos longos durante a execução da atividade, a falta de animações e efeitos sonoros, necessitando do acompanhamento e orientação, para que seja possível ter o controle da turma e evitar que o jogo se

Para a aplicação do *software* o professor deve ter informação sobre o conhecimento prévio dos alunos sobre os tipos de produção de energia, principalmente a termonuclear e radioatividade, por mais que o *software* apresente uma biblioteca e uma hemeroteca com documentos sobre o assunto, o professor deve abordar de forma ativa esses assuntos, associando à aula expositiva, vídeos, imagens, *giffs*, simulações, entre outros [...].

torne cansativo ou desinteressante para os estudantes. Sendo assim, o professor o agente responsável pela construção do conhecimento e dinâmica do jogo e o *software* o mediador da contextualização.

Assim sendo, o crescimento contínuo da educação Química e as barreiras impostas para a não construção do conhecimento, podem ser solucionadas por meio de ações e práticas de ensino que permitam a inter-relação entre tecnologia e ciência. De modo específico, o uso do computador como mediador deste ensino, evidenciado por meio deste

trabalho, permitiu o uso do computador como mediador da contextualização, por meio de uma problematização disponível no *software*.

Mariane Gama Nabíça (mariane_gama@hotmail.com), graduação em licenciatura em Química (ICEN-UFPA), especialização em educação ambiental e sustentabilidade (NUMA-UFPA) e mestre em Química (PPGQ-UFPA), doutoranda em Química (PPGQ-UFPA). Belém, PA - BR. **Jorge Raimundo da Trindade Souza** (jrts@ufpa.br), graduação em Química industrial (ICEN-UFPA), mestrado em Geologia e Geoquímica (UFPA), doutorado em educação em ciências (IEMCI-UFPA). Atualmente é Professor na Universidade Federal do Pará (UFPA). Belém, PA - BR.

Referências

ARAÚJO, L.A.; GAZINEU, M. H. P.; LEITE, L. F. C. C. e AQUINO, K. A. S. A. A radioatividade no cotidiano: atividade com educandos do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 4, p. 160-169, 2018.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: MEC. 2017. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc-etapa-ensino-medio>, acessado em jun. 2020.

COSTA, S. R. S.; DUQUEVIZ, B. C. e PEDROZA, R. L. S. Tecnologias Digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais. *Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional*, v.19, n. 3, p. 603-610, 2015.

EICHLER, M. L.; JUNGES, F. e PINO, J. C. D. Cidade do Átomo, um *software* para o debate escolar sobre energia nuclear. *Física na Escola*, v. 7, n. 1, p. 17-21. 2006.

ELETRONUCLEAR TV. *Energia nuclear em 2 minutos*. 2015. Ministério de minas e energia. Eletrobras Eletronuclear. 2:1 min. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=OzxiQdmTD58>, acessado em jun. 2020.

GABINI, W. S.; DINIZ, R. E. S. A formação continuada, o uso do computador e as aulas de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v.14, n. 03, p. 333-348, 2012.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação*:

Abordagens qualitativas. [Reimpr.] São Paulo: EPU, 2012.

MACHADO, A. S. Uso de *Softwares* Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 2, p. 104-111, 2016.

MENESES, F. M. G. e NUNEZ, I. B. Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na interpretação da reação química como um sistema complexo. *Ciência & Educação*, v. 24, n. 1, p. 175-190, 2018.

MORI, L. e CUNHA, M. B. Problematização: possibilidades para o Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 2, p. 176-185, 2020.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F. e BAZZO, W. A. O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 49, p. 1-14. 2009.

SANTOS, A. O. ; SILVA, R. P.; ANDRADE, D. e LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFPA/Química). *Scientia Plena*, v. 9, n. 7, p. 1-6, 2013.

SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER, R. P. *Educação em química: compromisso com a cidadania*. Ijuí: UNIJUÍ, 1997. 144 p.

SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, n.2, v. 2, p. 1- 23. 2002.

SOUZA, M. P.; MERÇON, F.; SANTOS, N.; RAPELLO, C. N. e AYRES, A. C. S. Titulando 2004: Um *software* para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 22, p. 35-37, 2005.

Abstract: *Atom City software as a teaching instrument in chemistry teaching.* This work presents a report on the approached methodology and the students' point of view on the use of the Cidade do Átomo software, which uses the problem solving strategy that involves the production of thermonuclear energy as a theme. The activities were divided into 3 stages, with the participation of 16 high school students from a public school. Stage 1 consisted of an investigative analysis, where it was collected through questionnaire 1, students' reports on the subject of Chemistry and the use of computers. In stage 2, the formative process took place with the presentation of the Radioactivity Theme and the application of the activity with the software. In stage 3, the evaluation process took place, where students answered a questionnaire with questions regarding the software. The questionnaires were analyzed according to content analysis by Bardin (2011). The results showed the positive relationship between students and the activity developed, which allowed the use of the computer as a mediator of contextualization, through a problematization available in the software.

Keywords: chemistry teaching, didactic instrument, Atom City software

Jogo Digital e o conceito de aleatoriedade: aplicação e potencialidades para o ensino e a aprendizagem

Marcia C. Figueiredo e Aguinaldo R. de Souza

O trabalho objetiva apresentar a aplicação de um jogo digital para investigar as percepções de licenciandos em Química sobre o conceito de aleatoriedade presente na teoria cinética dos gases e o seu potencial para o ensino e a aprendizagem. A pesquisa foi qualitativa do tipo descritiva e, na coleta de dados foram aplicados o jogo digital e as entrevistas semiestruturadas para oito licenciandos de uma universidade pública do Estado do Paraná. Os dados foram estruturados segundo a análise de conteúdo, e os resultados indicam que as percepções de senso comum ou não elucidativas apresentadas pelos licenciandos podem ser reproduzidas por meio da mediação do professor quando se fazem presentes na plataforma do jogo digital. Assim, esta ferramenta tem potencial para auxiliar o professor na proposição de atividades de pensamento e de reflexão, além de proporcionar aos alunos a reelaboração de concepções prévias, no momento em que se depara com situações presentes no jogo.

► recurso didático, ensino, aprendizado ◀

Recebido em 28/04/2020, aceito em 25/11/2020

278

O aprendizado de alguns conteúdos da Química requer do estudante um pensar mais elaborado e certa abstração, como diante da apresentação ou descrição de eventos ao nível submicroscópico da matéria, como átomos e moléculas. Por exemplo, no ensino de termodinâmica, apesar de ser apresentada como uma ciência que está na mesma direção dos sentidos humanos, como a sensação de calor, em alguns casos, acaba levando os alunos a se apropriarem de ideias de senso comum. Caso semelhante ocorre em relação aos conceitos de irreversibilidade e a aleatoriedade, uma vez que também necessitam de alguma preparação prévia, tanto por parte dos docentes como dos estudantes, para que sejam entendidos e incorporados aos conceitos que expliquem o mundo e os fenômenos envolvidos.

Para Piaget (2012), quando o sujeito consegue aprender conteúdos abstratos sem o auxílio de um material concreto, este alcança o último nível de desenvolvimento das estruturas da inteligência, denominado de estágio operatório formal. O indivíduo então será capaz de pensar sobre os fatos do cotidiano e sobre todas as relações lógicas possíveis em busca de soluções a partir da elaboração de hipóteses, e não mais apenas pela observação da realidade (Piaget, 1987, 2012).

No entanto, muitas pessoas, mesmo após terem alcançado o estágio formal, ainda apresentam obstáculos para entender

ou explicar certos fenômenos, como aqueles associados à aleatoriedade. Os estudos de Mendes (2007), Farinaccio (2006), Ortiz (2002) e Silva (2014) comprovam algumas dificuldades de pessoas em operar com conhecimentos abstratos. Por exemplo, a pesquisa de Silva (2014, p. 153), tendo como referência a teoria de Piaget “[...] investigou a construção de modelos de significação na mobilização das noções de combinação, probabilidade e acaso [...] e seu papel na compreensão de suas inter-relações [...]”. Para a autora, como alguns fenômenos “[...] são aleatórios é impossível sua explicação causal, atribuindo os resultados à sorte ou a intuições que não necessariamente precisam ser lógicas” (Silva, 2014, p. 153).

Assim, como o conceito de aleatoriedade não nasce com o sujeito, a sua constituição pode ocorrer em relações com o meio, de tal modo que o conhecimento proceda das interações produzidas ao longo do caminho entre o sujeito e objeto, nas quais um dependerá do outro ao mesmo tempo, mas em benefício de um discernimento completo e não apenas de trocas entre formas diferentes (Piaget, 2012).

O professor precisa desenvolver estratégias no sentido de que seus estudantes possam refletir e perceber a sua importância na explicação de eventos que ocorram ao seu redor e em atividades em sala de aula. Por exemplo, no ensino de

conteúdos pertinentes à Teoria Cinética dos Gases, o docente se depara frequentemente com conceitos associados aos eventos aleatórios, os quais podem ser de difícil entendimento para os alunos. A teoria epistemológica de Piaget contribuiu para investigarmos o objetivo da pesquisa e responder as perguntas problemas, porque o sujeito pode, ao longo da vida, construir distintos esquemas cognitivos para entender e explicar o conceito de aleatoriedade. E, como cita Mlodinow (2011, p. 9-10), “os processos aleatórios são fundamentais na natureza, e onipresentes em nossa vida cotidiana; ainda assim, a maioria das pessoas não os compreende nem pensa muito a seu respeito”.

A inclusão de um jogo digital como uma atividade didática é um recurso alternativo para ensinar o conceito de aleatoriedade aos estudantes. Com o intuito de avançar sobre tal assunto, o objetivo do presente trabalho foi aplicar um jogo digital para investigar as percepções de licenciandos em Química sobre o conceito de aleatoriedade presente na teoria cinética dos gases e o seu potencial para o ensino e a aprendizagem. Em razão dessa finalidade, buscamos responder a duas questões: 1) Quais concepções os licenciandos em química apresentam acerca da aleatoriedade presente na Teoria Cinética dos Gases nos contextos propostos em um jogo digital? 2) Que potencial tem um jogo digital para o ensino e a aprendizagem do conceito de aleatoriedade presente na Teoria Cinética dos Gases? 3) O que acontece quando os licenciandos avançam nos níveis do jogo digital?

Teoria Cinética dos Gases

A Teoria Cinética dos Gases teve a sua origem a partir da ideia de que a matéria consiste em minúsculos átomos invisíveis que se movimentam com muita rapidez. No século XVII, o conceito foi utilizado na explicação de propriedades da matéria no estado gasoso, como também de outros fenômenos (Brush, 2004). No decorrer da história da Ciência, vários cientistas, como Robert Boyle (1627-1691), Daniel Bernoulli (1700-1782), Jacques Alexandre Cesar Charles (1746-1823), Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850), Rudolf Clausius (1822-1888), William Thomson (1824-1907), Sadi Carnot (1796-1832), James Prescott Joule (1818-1889), James Clerk Maxwell (1831-1879) e Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906) contribuíram para o desenvolvimento desta área da ciência, culminando então nos postulados básicos da Teoria Cinética dos Gases (Brush, 1974, 2004), os quais são apresentados a seguir:

- Um gás é formado por um grande número de partículas eletricamente neutras – as *moléculas*, em constante movimento;
- A direção em que uma molécula se move é *aleató-*

ria, ou seja, *não* há direção privilegiada para seus deslocamentos;

- Tanto o choque de moléculas contra moléculas quanto o de moléculas contra as paredes do recipiente que contém o gás são considerados perfeitamente *elásticos* e obedecem às leis de Newton;
- Os efeitos das forças intermoleculares são desprezados, de modo que, entre as colisões, as moléculas se movem livremente em linhas retas;
- O diâmetro de uma molécula é desprezível em relação às distâncias percorridas entre colisões;
- A duração dos choques é muito pequena em relação ao tempo que as moléculas se movem livremente (Caruso e Oguri, 2006, p. 67, grifos dos autores).

A partir destes postulados, o professor pode ensinar para que os alunos possam aprender que a matéria no estado gasoso é constituída por um grande número de diminutas partículas (moléculas ou átomos), as quais, no interior de um recipiente, possuem suas trajetórias retilíneas, obedecendo a um movimento aleatório (Maia e Bianchi, 2007).

No entanto, tal compreensão não é facilmente ensinada ao estu-

dante devido ao comportamento da matéria ser em nível submicroscópico e de difícil visualização. O movimento browniano, isto é, a movimentação de partículas de pólen observadas no microscópio óptico, é uma aproximação a este fenômeno. Para tanto, o professor pode utilizar do fenômeno em sala de aula e dedicar algum tempo em sua explicação para esclarecer ao aluno que o movimento observado no microscópio é uma manifestação do fenômeno de aleatoriedade no estado líquido da matéria, o qual pode ser compreendido com o auxílio, por exemplo, de um jogo digital, referindo-se ao estado gasoso.

A epistemologia genética de Jean Piaget e a aprendizagem baseada em jogos digitais

De acordo com Piaget (2012), o conhecimento é construído gradualmente e evolui ao longo da vida por meio de diferentes estágios (sensório-motor, pré-operatório, operações concretas e operações formais) antes de atingir as características do nível adulto. Cada estágio é, ao mesmo tempo, o resultado das possibilidades abertas pelo estágio anterior e a condição necessária para o estágio posterior. A partir dos 11-12 anos de idade, se inicia o estágio formal, período em que o pleno desenvolvimento da inteligência se torna possível, porque os demais estágios foram contemplados anteriormente. Apresenta-se, neste estágio, o pensamento abstrato, o qual proporcionará ao indivíduo a formalização de hipóteses e a busca por generalizações (Piaget, 2012; Lima, 1980).

Piaget (2012) salientou que é importante entender que as idades de ocorrência dos estágios são variáveis de um sujeito para outro, portanto, podem alcançar o estágio formal e ainda apresentar dificuldades em compreender conteúdos abstratos. Para colaborar com esta situação, a aprendizagem baseada em jogos digitais tem sido incorporada cada vez mais no ensino, a qual consiste na interação entre uma pessoa e um computador por meio da tecnologia digital (Gee, 2003). Ou seja, os jogos digitais ou computacionais são aqueles baseados em uma linguagem de programação de alto nível mediados por plataformas eletrônicas digitais, tais como computadores, consoles, fliperamas e dispositivos móveis (Ranhel, 2009).

Na literatura brasileira, os jogos digitais para o ensino de química ainda são encontrados em pequenas quantidades quando comparados aos jogos analógicos, como os jogos de tabuleiros, jogos de mesa, os quais usam movimentos físicos e espaços físicos reais. Por exemplo, em recursos didáticos analógicos, têm-se as pesquisas de Soares, Okumura e Cavalheiro (2003), Godoi, Oliveira e Codognoto (2010), Oliveira, Silva e Ferreira (2011), Passoni *et al.* (2012), Soares (2013), Silva, Lacerda e Cleophas (2017), Sales *et al.* (2018), Benedetti Filho, Cavagis e Benedetti (2020), entre outros. E, nos jogos digitais, estudos de Almeida (2015), Faustino, Vieira e Santiago (2019), Lima e Moita (2011), Silva Filho (2015), Diniz e Santos (2019), Pereira *et al.* (2020).

Pereira *et al.* (2020) em suas experiências, citam que a criação de recursos tecnológicos minimiza as dificuldades que podem ser encontradas durante o ensino, pois tornam as aulas mais dinâmicas e acessíveis aos alunos. Para Faustino, Vieira e Santiago (2019, p. 1), os jogos digitais “[...] são ótimos instrumentos didáticos para o ensino de química [...]”, porque facilitam o ato de ensinar do professor e o aprender do aluno.

A aprendizagem baseada em jogos digitais pode se inter-relacionar como uma atividade lúdica, e aquela compromissada, ou seja, a união da aprendizagem pode ser efetivada com entretenimento interativo em um meio emergente e altamente excitante (Prensky, 2007). Para isso, três motivos são necessários para ocorrer a aprendizagem por meio de jogos digitais. O primeiro: “[...] envolvimento acrescentado vem do fato de a aprendizagem ser colocada em um contexto de jogo. Isso pode ser considerável, principalmente para as pessoas que odeiam aprender” (Prensky, 2012, p. 209). O segundo diz respeito ao “[...] processo interativo de aprendizagem empregada. Isso pode, e deveria assumir muitas formas diferentes dependendo dos objetivos de aprendizagem” (Prensky, 2012, p. 209). Por fim, o terceiro compreende a “[...] maneira como os dois são unidos no pacote total. Há muitos modos de fazê-lo e a melhor solução é altamente contextual” (Prensky, 2012, p. 209).

Muitos jogos ainda incentivam os jogadores a interpretar as suas experiências e a buscar explicações para os seus erros

e expectativas falhas. Esse incentivo funciona por meio dos recursos do jogo, como o aumento dos graus de dificuldades ou níveis de um avanço de jogo que um jogador enfrenta (Gee, 2005). Logo, bons jogos digitais devem proporcionar ao jogador atitudes e sensações, como analisar hipóteses, autonomia, fantasia, riscos, engajamento, desafios, consequências de escolhas, pensamento centrado, resolução de problemas, aumento da adrenalina, tempo disponível, entre outros (Gee, 2003).

Os jogos digitais podem motivar os alunos a querer aprender conteúdos de eventos difíceis ou mesmo impossíveis de serem vistos a olho nu durante o ensino, por exemplo, a matéria no estado gasoso. Portanto, a construção de ferramentas digitais é necessária para auxiliar o trabalho didático-pedagógico do professor.

Metodologia

A pesquisa foi de caráter qualitativo e do tipo descritiva. Na coleta de dados, aplicamos um jogo digital e realizamos entrevistas do tipo semiestruturadas (Bogdan e Biklen, 1994), as quais foram fundamentadas em estudos realizados por Piaget e Inhelder (1951).

O jogo digital foi construído por Almeida (2015), produto de sua dissertação de mestrado, a qual foi validada por três professores de nível superior. E, durante o seu desenvolvimento, também foi empregado na pesquisa de Figueiredo (2016).

Neste artigo, os resultados decorrem da participação de 08 (oito) licenciandos em Química de uma universidade pública localizada na região sul do Brasil. Todos os sujeitos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os códigos foram elaborados para preservar as suas identidades, por exemplo: em P_1 , a letra P se refere ao participante, e o número subscrito (1) foi atribuído para manter a organização na análise dos dados.

Jogo Digital: Cinética dos Gases

O jogo digital intitulado “Cinética dos Gases” foi desenvolvido por Almeida (2015), o qual utilizou um *software* de código aberto e gratuito denominado *Game Editor* que “[...] possibilita o desenvolvimento de jogos bidimensionais para computadores e dispositivos móveis. O programa pode funcionar em diversos sistemas operacionais, e seus jogos podem ser executados nos mesmos sistemas” (Almeida, 2015, p. 56).

O jogo contém cinco níveis de dificuldade crescentes, os quais abordam conceitos presentes na área de Físico-Química, especificamente o modelo da Teoria Cinética dos Gases, que é apresentado como um análogo ao conceito do movimento das partículas constituintes de um gás, simulando um recipiente fechado contendo moléculas de um gás de

Piaget (2012) salientou que é importante entender que as idades de ocorrência dos estágios são variáveis de um sujeito para outro, portanto, podem alcançar o estágio formal e ainda apresentar dificuldades em compreender conteúdos abstratos.

comportamento ideal (Almeida, 2015). Nessa condição, as partículas obedecem aos postulados apresentados no trabalho.

A Figura 1 representa o primeiro nível de dificuldade do jogo (nível 1). As partículas de cores diferentes encontram-se posicionadas em cada lado da tela (direito e esquerdo) e imóveis, e uma partícula de cor vermelha, no centro da tela. “O restante da tela é ocupado por um retângulo de cor cinza que representa um espaço fechado. É nesse espaço que as diferentes esferas representando partículas de gases se movimentam durante o jogo” (Almeida, 2015, p. 56).



Figura 1. Primeiro nível do jogo. Fonte: Almeida (2015, p. 57).

O jogo tem início quando o jogador realiza um *click* sobre a esfera vermelha e, a partir desse evento, o jogador terá o controle sobre a movimentação dessa partícula por meio do *mouse* do computador ou do *touchpad* de *tablets* ou de *notebooks* (Figura 1). As demais esferas, nas cores azul e laranja, irão iniciar a sua movimentação de uma maneira aleatória em todo o espaço cinza disponível (Almeida, 2015). O diferencial, do ponto de vista de movimentação das partículas, é que o jogador se coloca “no interior” da caixa através da movimentação não aleatória da partícula de cor vermelha, que é controlada pelo jogador. Para isso, Almeida (2015) utilizou as leis de Newton para simular o movimento das partículas e escolher as suas direções. A colisão com outra partícula foi obtida da geração de movimentos aleatórios a partir da interface de construção do jogo.

As regras estabelecidas para o jogo digital foram: o jogador deve fazer colidir máximo possível a partícula vermelha com as partículas azuis, para que assim estas mudem para a cor branca, indicando que o jogador fez um ponto. Caso o jogador não colida com todas as partículas azuis no tempo determinado, prosseguirá do mesmo modo para o próximo nível. Se o jogador colidir com todas as partículas azuis antes do tempo previsto no nível, ele permanecerá no jogo e, para passar para o próximo nível, terá de desviar das partículas de cor laranja, as quais também apresentam um movimento aleatório. O jogador não pode colidir a partícula vermelha com uma das partículas de cor laranja, pois ocorrerá o *game over*, voltando para o início do jogo. Em cada nível de dificuldade do jogo, o tempo e o número de partículas de cores azul e laranja aumentam. A pontuação é feita a partir do número de partículas de cor azul que o jogador conseguir

“transformar” em cor branca. O desafio proposto ao jogador é alcançar o nível cinco com a maior pontuação no tempo de cada nível do jogo digital.

No Quadro 1, apontamos as informações relativas aos cinco níveis do jogo e suas características. Observa-se que a dificuldade aumenta à medida que o jogador avança no jogo. Por exemplo, no nível 1, há 5 partículas de cor azul, 5 partículas laranja e o tempo é de 15 segundos. No nível 5, há 25 partículas de cor azul, 25 de cor laranja e o tempo é de 1 minuto.

Quadro 1: Características dos níveis do jogo “Cinética Química”.

Cor das partículas	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Azul	5	10	15	20	25
Laranja	5	10	15	20	25
Tempo (s)	15	20	25	40	60

Fonte: Almeida (2015).

Vale lembrar que, ao estudante/jogador é oferecida a escolha de “transformar” ou não todas as partículas de cor azul para cor branca. A estratégia para atingir o final do jogo, isto é, o nível 5, dependerá de escolhas individuais: uma estratégia de desvio das partículas de cor laranja e colidir com um número pequeno de partículas de cor azul poderá levar o estudante/jogador ao nível 5, no entanto, sua pontuação será baixa. A estratégia ideal, ou aquela que levará ao nível 5 com uma alta pontuação, é a de desviar-se das partículas de cor laranja e colidir com todas as partículas de cor azul no tempo estipulado em cada nível.

Os cinco níveis do jogo simulam o movimento aleatório das partículas e, segundo Almeida (2015, p. 58), “[...] o intuito dessas simulações é que o jogador observe o tipo de movimento das partículas e a maneira como arranjos inicialmente ordenados se tornam desordenados e aleatórios, sem interagir diretamente com elas”.

Na Figura 2, exibimos o exemplo do fenômeno de colisão de uma partícula de cor azul com uma de cor laranja. Nela, foi adicionado um elemento gráfico que atua como uma explosão, acompanhado de um característico efeito sonoro



Figura 2. Tela do jogo com a finalização incompleta do nível 1. Fonte: Almeida (2015, p. 71).

e os dizeres “*Game Over*”, ou seja, o estudante/jogador não passou esse nível de dificuldade e, por consequência, terá que retornar ao início do jogo. Optamos pela volta ao início do jogo para oferecer ao estudante mais oportunidades de “treinar” nos níveis anteriores.

Em relação ao tempo disponível em cada nível, Almeida (2015, p. 58) explica que: “Se o jogador for capaz de evitar colisões com partículas na cor laranja até a contagem chegar a zero, uma mensagem aparecerá na tela e ele terá acesso ao próximo nível independentemente do número de pontos que acumulou”, como representado na Figura 3. Essa é uma das estratégias que pode ser utilizada pelo estudante/jogador para alcançar os níveis mais elevados do jogo.



Figura 3. Mensagem de texto “Vitória” quando o nível 4 foi superado. Fonte: Almeida (2015, p. 58).

Aplicação do Jogo em sala de aula e coleta de dados

No início das entrevistas com os estudantes, explicamos as regras do jogo digital sem que eles visualizassem a movimentação aleatória das partículas. Em seguida, entregamos ao estudante/jogador uma folha impressa para cada nível do jogo, sem as partículas, a fim de desenharem/anteciparem as suas trajetórias antes de cada início do jogo (Figura 4).

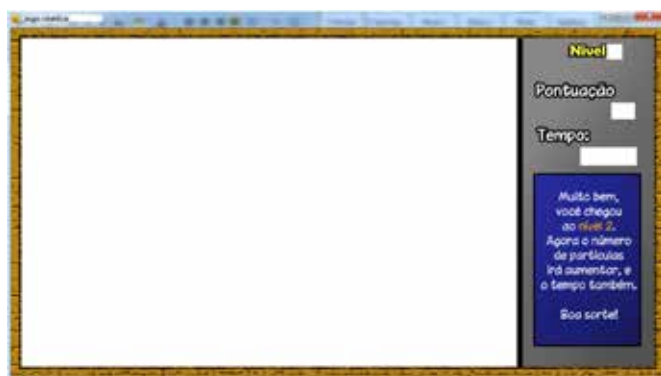


Figura 4. Folhas para fazer os desenhos do jogo (níveis 1, 2, 3, 4, 5). Fonte: Figueiredo (2016, p. 96).

Depois, solicitamos ao estudante/jogador com o material em mãos (Figura 4) a seguinte proposta/questão: *De acordo com o que é visualizado na tela do computador em relação à disposição das partículas, esboce um desenho das possíveis trajetórias das partículas para que se obtenham os pontos necessários para passar de nível e avançar no jogo.*

Após a confecção do desenho das possíveis trajetórias por parte dos alunos/jogadores, propomos outra questão: *Quais razões o (a) levaram a desenhar essas trajetórias? Por que você iniciou com essa primeira trajetória ou colisão? Qual a razão de você ter iniciado a trajetória com essa partícula e não com outra?*

Seguindo o desenvolvimento das duas atividades iniciais, os estudantes foram iniciados às regras do jogo com todas as suas possibilidades, tanto de avanço quanto também da obtenção das melhores pontuações enquanto os níveis são atingidos e finalizados.

À medida que os estudantes/jogadores evoluíam nas fases do jogo, independente de terem ou não sucesso nas suas estratégias, geramos a seguinte atividade: *Compare a sua previsão/esboço das trajetórias com aquelas observadas durante o nível “x” do jogo. Quais as diferenças e semelhanças?* A atividade foi importante para verificarmos se os estudantes/jogadores estavam ou não seguindo uma estratégia no jogo, por exemplo, se consideraram o caráter de movimento aleatório das partículas, e se essa estratégia estava sendo ou não efetiva para alcançarem o objetivo do jogo.

Após a comparação dos esboços apresentados, seguimos buscando elucidar as estratégias adotadas pelos estudantes/jogadores. Para isso propomos a seguinte pergunta: *A trajetória das partículas observadas durante o jogo foi semelhante àquela que você esboçou ou como você imaginou anteriormente ao início do jogo? Qual foi a sua preocupação nesse nível do jogo? Qual foi a estratégia utilizada para conseguir avançar pelos níveis do jogo?* A atividade foi desenvolvida à medida que os estudantes/jogadores alcançavam os diferentes níveis do jogo. Ela foi desenvolvida sem um tempo fixo de conclusão, visto que diferentes estudantes tiveram desempenhos distintos durante o jogo. A cada um foi dada a oportunidade de decidir o momento de encerrar a atividade, pois alguns persistiram até conseguir chegar ao nível 5 com a maior pontuação possível. Logo, o tempo total para coletarmos os dados com cada um dos participantes teve uma duração mínima e máxima de 1 e 2 horas, respectivamente.

Procedimentos de tratamento dos dados para análise

A estruturação dos dados foi feita de acordo com a análise de conteúdo de Bardin. Com esse objetivo, empregamos as seguintes fases: a pré-análise; a exploração do material; o tratamento dos resultados; a inferência e a interpretação (Bardin, 2011). Utilizamos o método da categoria definida *a priori*, ou seja, a partir do conceito de aleatoriedade (categoria).

Podemos observar, após análise do Quadro 2, que a subcategoria *percepção de senso comum* emergiu de respostas de alguns participantes que tentaram explicar o conceito de aleatoriedade, ou seja, expressaram palavras que podem ser utilizadas em situações observadas no cotidiano. Também consideramos, na mesma subcategoria, as palavras: “deslocar, pegar, bater, acertar”, porque se referem às trajetórias da partícula vermelha indo em direção à partícula azul, provocando o evento de colisão. Salientamos que, neste artigo, não

Quadro 2: Subcategorias emergidas a partir das falas dos participantes.

Subcategorias de percepções	Gênero Científico	Próximo do gênero científico	Senso comum	Não elucidativa
Palavras emitidas por licenciandos durante o contexto de aplicação do jogo digital.	Movimento aleatório; Movimento retilíneo; Movimento desordenado; Aleatório; Choque elástico; Colisão elástica; Desordem; Desordenado.	Meio aleatório; Sem ordem; Sem distribuição; Homogênea.	Espalhar; Misturar; Bagunça; Colisões; Colidir; Dispersa; Batendo.	Palavras que não condizem com o conceito científico de aleatoriedade.

Fonte: Dados da pesquisa

foram relatadas as análises dos desenhos dos participantes, mas a comparação entre os esboços que ilustraram à medida que iam avançando nos níveis do jogo digital.

Estruturação e análise dos resultados

No Quadro 3, mostramos, na primeira coluna, a categoria que identifica o conceito investigado; na segunda coluna, as subcategorias emergidas das falas dos participantes durante as entrevistas semiestruturadas e, na terceira coluna, o número de unidades de registro que corresponde às aplicações dos níveis 1, 2, 3, 4 e 5 do jogo. Podemos ver que, dentre os oito participantes, somente um deles teve a experiência de jogar e ter êxito em todos os níveis.

No Quadro 3, verificamos também que, durante os contextos de aplicação dos níveis do jogo digital, alguns participantes chegaram, em algum momento de atuação, a apresentar em suas falas a subcategoria relacionada à *percepção de gênero científico*, enquanto que a subcategoria pertencente a *percepção de senso comum* predominou nas respostas da maioria dos indivíduos nos diferentes níveis que conseguiram alcançar no jogo digital.

Análise e discussão dos resultados

Dos oito participantes, três são do gênero masculino, e cinco, do feminino, na faixa etária entre 19 e 23 anos. No Quadro 4, apresentamos os momentos em que os licenciandos tiveram contato com os conteúdos da Teoria Cinética dos Gases, o período no curso de Licenciatura em Química, as disciplinas cursadas e quais estavam cursando.

A partir da análise do Quadro 3, compreendemos que somente P_1 e P_3 apresentaram em algum nível do jogo digital noções de gênero científico e de próximo do gênero científico. P_1 se manteve na subcategoria de percepção próxima do gênero científico nos níveis 1, 2, 3, como conferimos em algumas repostas quando explicou as razões de ter ilustrado as partículas:

Foi observando o primeiro jogo, porque antes eu nem tinha reparado que elas (falando das partículas do jogo) batiam na parede. Nessa aí, eu já as desenhei com elas batendo na parede, e aí elas mudam a trajetória. E antes eu não tinha considerado isso. (P1, Nível 2).

Oh, está ficando cada vez mais bagunçado, mais desenhado (falando do seu desenho), porque tem mais bolinhas e elas se chocam mais. E então continuo sem saber as trajetórias delas, mas eu sei que vai ficar mais bagunçado cada vez. Igual aqui no desenho, eu aumento as trajetórias a cada nível que passa. (P1, Nível 3).

Logo, verificamos que P_1 revelou ter compreendido a impossibilidade de prever as trajetórias das partículas e, conforme Piaget (1987, 2012), nota-se também que levou em consideração o que vivenciou no contexto do jogo, criando esquemas e os assimilando em seu aparato cognitivo para repensar seus desenhos, entender e explicar as suas respostas.

Quadro 3: Categoria, subcategorias e unidades de registro dos participantes.

Categoria	Subcategorias	Número de Unidades de registro				
		Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Conceito de aleatoriedade	Gênero científico	--	--	P_3	P_3	P_1
	Próximo do gênero científico	P_1	P_1	P_1	--	--
	Percepção de senso comum	P_2, P_4, P_5, P_8	P_4, P_5, P_6, P_7, P_8	P_2, P_4, P_5, P_6	$P_1, P_2, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8$	--
	Não elucidativa	P_3, P_6, P_7	P_2, P_3	P_7, P_8	--	--

Fonte: Dados da pesquisa

Participante	Período no curso	Quando você estudou os conteúdos da Teoria Cinética dos Gases? Cite-os.	Disciplinas cursadas/cursando na graduação que podem ter na ementa o conteúdo de gases, Teoria Cinética dos Gases (TCG).
P ₁	5º	Ensino médio: os choques entre os gases. Físico-química 1: gases.	Cursadas: cálculo diferencial e integral 1 e 2, química geral, física 1, 2 e 3. Cursando: físico-química 1, probabilidade e estatística.
P ₂	3º	Ensino médio e em química geral: gases PV= nRT. Curso pré-vestibular: gases.	Cursadas: cálculo diferencial e integral 1, química geral. Cursando: física 2, cálculo diferencial e integral 2.
P ₃	5º	Físico-química 1: gases, processos isotérmicos, isobárico, fração em mol.	Cursadas: cálculo diferencial e integral 1 e 2, química geral, física 1, 2 e 3. Cursando: físico-química 1 e probabilidade e estatística.
P ₄	4º	Não estudou o conteúdo.	Cursadas: química geral, física 2. Cursando: cálculo diferencial e integral 1.
P ₅	4º	Física 3: máquina de Carnot, os choques entre os gases, as moléculas, máquina que aumenta a pressão.	Cursadas: cálculo diferencial e integral 1, química geral, física 1. Cursando: física 3 (fez anteriormente, mas reprovou).
P ₆	3º	Física 2: PV= nRT. Cálculo diferencial e integral 2: PV= nRT, derivar, variação dos gases.	Cursadas: cálculo diferencial e integral 1, química geral. Cursando: física 2, cálculo diferencial e integral 2.
P ₇	3º	Não estudou o conteúdo.	Cursada: química geral. Cursando: física 1 e 2.
P ₈	5º	Não estudou o conteúdo.	Cursadas: química geral e física 1. Cursando: cálculo diferencial e integral 1, probabilidade e estatística.

Fonte: Dados da pesquisa

No Quadro 3, entendemos que os contextos propostos nos níveis do jogo digital proporcionaram investigar a correta concepção de P₁ em relação ao conceito de aleatoriedade, pois ao chegar ao nível 5, ele conseguiu responder de modo correto as suas razões em ter ilustrado as trajetórias das partículas:

[...] eu só estou deixando desordenado, porque é assim que eu acho que ficam as partículas dos gases, as moléculas. Então, não sigo nenhum padrão, só as distribuo de maneira aleatória, porque o movimento das partículas nunca é organizado. [...] tento deixar bem desorganizado. (P1, Nível 5).

Segundo a Teoria Cinética dos Gases, “as moléculas têm trajetórias retilíneas e colidem entre si e com as paredes do recipiente em que estão. [...]. O movimento molecular dentro do recipiente que contém a amostra é completamente aleatório, e todas as direções da velocidade são igualmente prováveis” (Maia e Bianchi, 2007). Assim, P₁, ao revelar essa compreensão durante o jogo, respondeu as questões problemas de pesquisa, ou seja, quando avançou nos contextos

propostos no jogo digital, o estudante/jogador pôde imaginar, pensar e considerar as experiências vivenciadas em níveis anteriores do jogo para refletir sobre suas percepções prévias, construir novas ideias e as assimilar para explicar a aleatoriedade de trajetórias das partículas no jogo.

Também compreendemos essa mesma situação na fala de P₃, pois, de acordo com os dados do Quadro 3, no início do nível 1 e 2 do jogo, ele não elucidou o conceito investigado, mas, quando avançou aos níveis 3 e 4, proferiu percepções de gênero científico:

Nossa, já foi imprevisível no nível 2, já atrapalhou um monte as laranjas! Imagino no nível três, eu vou colocar eu morrendo já! [...]. Aqui eu já coloquei aleatório, porque eu desisti de prever alguma coisa, a minha trajetória, porque não dá. (P3, Nível 3).

Agora eu já estou colocando (falando do desenho das suas trajetórias) aleatório mesmo, porque é muito aleatório, não tem como saber. Mas, no começo pelo menos, as azuis tendem a ficar perto, é que depende qual altura do jogo eu estou desenhando, entendeu?

Até certo momento, elas ficam perto, depois elas se espalham. (P3, Nível 4).

Ainda de acordo com os dados do Quadro 3, P₁ relatou ter estudado no Ensino Médio os choques entre os gases, e tanto P₁ como P₃ estavam cursando a disciplina de Físico-Química 1 na Graduação, na qual citaram ter estudado o conteúdo de gases. Esse fato pode ter contribuído para os estudantes/jogadores terem apresentado as referidas percepções.

No Quadro 4, constatamos os períodos em que os participantes estudaram os conteúdos relacionados à Teoria Cinética dos Gases, e verificamos que a maioria (P₃, P₄, P₅, P₆, P₇ e P₈) não teve contato com o assunto no Ensino Médio. P₃, P₅ e P₆ apontaram ter visto o conteúdo apenas na Graduação. Somente P₁ e P₂ descreveram ter estudado o conteúdo relativo ao estado gasoso no Ensino Médio e na Graduação. P₄, P₇ e P₈ não se lembraram de haver estudado esse assunto.

No Quadro 3, vemos que os participantes P₄ e P₅ falaram durante todo o jogo em termos de percepções de senso comum para explicar suas razões para ilustrar as trajetórias das partículas, proferindo assim termos como colidir, acertar, variar e bater, em acordo com as regras. Verificamos ainda que os estudos de P₅ na disciplina de Física 3, máquina de Carnot, os choques entre os gases, as moléculas (Quadro 4) e os contextos do jogo não foram suficientes para o estudante/jogador elucidar cientificamente o conceito de aleatoriedade. A maioria (P₂, P₆, P₇ e P₈) apresentou percepções de senso comum e não elucidativas. Os resultados evidenciam que a aplicação do jogo digital instigou os participantes a pensarem e a buscarem, em suas estruturas cognitivas, saberes que vão sendo construídos ao longo da vida, os quais podem ou não ser coerentes e aceitos pela comunidade científica.

Conclusões

Os resultados obtidos na pesquisa podem estar ligados à ausência de estudos dos participantes em relação ao conteúdo

investigado, ou ainda, por terem se atentado e preocupado mais em passar os níveis do jogo para chegar ao final e vencê-lo.

Os estudantes/jogadores que não levaram em consideração os contextos vivenciados durante os níveis do jogo digital para enunciar o conceito de aleatoriedade podem buscar a intervenção ou a mediação do professor quando estiverem na plataforma do jogo digital para aprender cientificamente. Tendo em vista esses aspectos, compreende-se que o jogo digital retrata a simulação do movimento aleatório das partículas no sistema, e tem potencial para auxiliar o professor em sua prática pedagógica para identificar as concepções prévias de senso comum ou errôneas dos alunos, podendo assim efetivar a aprendizagem científica de assuntos relacionados à Teoria Cinética dos Gases.

Verifica-se também outra perspectiva. A inter-relação entre a função lúdica do jogo digital e o seu caráter educativo pode ser uma estratégia para os processos de ensino e de aprendizagem de conceitos relacionados a um aspecto da matéria de difícil compreensão e visualização por parte dos nossos estudantes: o movimento aleatório de partículas no estado gasoso. Desse modo, sugere-se como alternativa para efetivar a construção científica de conhecimentos científicos a construção e o desenvolvimento de propostas didático-pedagógicas que integrem conteúdo educacional e jogos digitais.

Agradecimentos

Ao CNPq (processo número: 305541/2017-0).

Marcia Camilo Figueiredo (marciafigueired@utfpr.edu.br), licenciada em Química, doutora em Educação para a Ciência pela UNESP. Atualmente é Professora Adjunta da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Londrina. Londrina, PR – BR. **Aguinaldo Robinson de Souza** (aguinaldo.robinson@unesp.br), bacharel em Química pela UNESP, mestre e doutor em química (físico-química) pela Universidade de São Paulo, e pós-doutorado pela Universidade da Califórnia em San Diego. Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Estadual Paulista, campus Bauru. Bauru, SP – BR.

Referências

- ALMEIDA, G. M. A. *Jogo digital e analogias: uma proposta para o ensino de Cinética*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2015.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BENEDETTI FILHO, E.; CAVAGIS, A. D. M. e BENEDETTI, L. P. S. Revisão de Conceitos Químicos e Normas de Segurança em Laboratórios de Química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 1, p. 37-44, 2020.
- BOGDAN, R. e BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRUSH, S. G. The Development of the Kinetic Theory of Gases: VIII: Randomness and Irreversibility. *Archive for History of Exact Sciences*, v. 12, n. 1, 1-88, 1974.
- _____. History of the Kinetic Theory of Gases. Original

text of article published in Italian in *Storia della Scienza*, S. Petruccioli (Ed.), v. 7, L'Ottocento, Chapter 44 (with omissions and additional material). Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, 2004. Disponível em: <https://www.coursehero.com/file/8245915/ITALENC/>, acesso em set. 2019.

DINIZ, F. V. S. e SANTOS, C. A. Ensinando atomística com o jogo digital “Em busca do Prêmio Nobel”. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 3, e20180268, 2019.

FAUSTINO, F. T. S.; VIEIRA, E. N. e SANTIAGO, S. B. A utilização de jogos digitais no ensino de química. In: VI Congresso Nacional de Educação – VI CONEDU, 6, 2019, Fortaleza – CE, Brasil. *Anais...* Fortaleza, CE: [s.n.], 2019.

FARINACCIO, M. Estratégias utilizadas por crianças, adolescentes e adultos na resolução de problemas cognitivos: um estudo da EJA. *Educação: Teoria e Prática*, v. 14, n. 26, p. 207-212, 2006.

- FIGUEIREDO, M. C. *Aplicação de um jogo digital e análise de conceitos da teoria cinética dos gases*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.
- GEE, J. P. *What video games have to teach us about learning and literacy?* Nova York:
- Palgrave Macmillan, 2003. Disponível em: http://books.google.com.br/books?id=BZiY7TGKySsC&pg=PA1&hl=ptBR&source=gbv_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false, acesso em set. 2019.
- _____. *Learning by Design: good video games as learning machines*. *E-Learning*, v. 2, n. 1, 2005. Disponível em: <http://ldm.sagepub.com/content/2/1/5.full.pdf+html>, acesso em abr. 2015.
- GODOI, T. A. F.; OLIVEIRA, H. P. M. e CODOGNOTO, L. Tabela Periódica - um super trunfo para alunos do ensino fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 22-25, 2010.
- LIMA, É. R. P. O. e MOITA, F. M. G. S. C. A tecnologia e o ensino de química: jogos digitais como interface metodológica. In: SOUSA, R. P.; MOITA, F. M. C. S. C. e CARVALHO, A. B. G. (Orgs.). *Tecnologias digitais na educação*. Campina Grande: EDUEPB, 2011, p. 131-154.
- LIMA, L. O. *Piaget para principiantes*. São Paulo: Summus, 1980.
- MAIA, D. J. e BIANCHI, J. C. A. *Química geral: fundamentos*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- MENDES, T. S. Dificuldades de aprendizagem em adultos: teoria das defasagens cognitivas. *Aprender, caderno de filosofia e psicologia da educação*, n. 9, p. 217-142, 2007.
- MLODINOW, L. *O andar do bêbado: como o acaso determina nossas vidas*. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.
- OLIVEIRA, L. M. S.; SILVA, O. G. e FERREIRA, U. V. S. Desenvolvendo jogos didáticos para o ensino de química. *Holos*, ano 26, v. 5, p. 166-175, 2011.
- ORTIZ, M. F. A. *Educação de Jovens e adultos: um estudo do nível operatório dos alunos*. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2002.
- PASSONI, L. C.; Vega, M. R. G.; GIACOMINI, R.; BARRETO, A. M. P.; SOARES, J. S. C.; CRESPO, L. C. e NEY, M. R. G. Relatos de experiências do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência no curso de licenciatura em Química da Universidade Estadual do Norte Fluminense. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 4, p. 201-209, 2012.
- PEREIRA, C. F.; LUZ, P. T. S.; CORRÊA, S. M. V. e NEGRÃO NETO, R. O uso do SCRATCH como ferramenta para o ensino de química orgânica. *Educação Profissional e Tecnológica em Revista*, v. 4, n.º especial, 2020.
- PIAGET, J. e INHELDER, B. *A origem da ideia do acaso na criança*. Rio de Janeiro: Record, 1951.
- PIAGET, J. *O Nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.
- _____. *Epistemologia genética*. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2012.
- PRENSKY, M. *Digital game-based learning: practical ideas for the application of digital gamebased learning*. St. Paul: Paragon House, 2007.
- _____. *Aprendizagem baseada em jogos digitais*. São Paulo: Editora Senac, 2012.
- RANHEL, J. O Conceito de jogo e os jogos computacionais. In: SANTAELLA, L. e FEITOZA, M. (Eds.). *Mapa do Jogo: A diversidade cultural dos games*. São Paulo: Cengage Learning, 2009, p. 3- 22.
- SALES, M. F.; SOUZA, G. A. P.; SILVA, A. A. e SILVA, K. L. Um jogo didático para o ensino de química: uma proposta alternativa para o conteúdo de equilíbrio químico. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, v. 5, n. 2, 9 out. 2018.
- SILVA, S. T. Sorte? Lógica? Modelos de significação e a noção de acaso de adultos alunos do Proeja. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2014.
- SILVA, A. C. R.; LACERDA, P. L. L. e CLEOPHAS, M. G. Jogar e compreender a Química: ressignificando um jogo tradicional em didático. *Amazônia, Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 13, n. 28, p. 132-150, 2017.
- SILVA FILHO, S. M. *Desenvolvimento de jogos digitais por alunos do ensino médio para o desenvolvimento de conceitos químicos*. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2015.
- SOARES, M. H. F. B.; OKUMURA, F. e CAVALHEIRO, E. T. G. Proposta de um jogo didático para ensino do conceito de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 13-17, 2003.
- SOARES, M. H. F. B. *Jogos e Atividades lúdicas para o ensino de Química*. Goiânia: Kelps, 2013.

Abstract: *Digital game and the concept of randomness: application and potentiality for teaching and learning.* The work aims to present the application of a digital game to investigate the perceptions of undergraduate Chemistry students on the concept of randomness present in the kinetic theory of gases and its potential for teaching and learning. The research was qualitative of the descriptive type and, in the data collection, the digital game and semi-structured interviews were applied to eight undergraduate students from a public university in the State of Paraná. The data were structured according to the content analysis, and the results indicate that the common sense or non-explanatory perceptions presented by the undergraduate students can be reproduced through the mediation of the teacher when they are present on the digital game platform. Thus, this tool has the potential to assist the teacher in proposing thought and reflection activities, in addition to providing students with the re-elaboration of previous conceptions, when faced with situations present in the game.

Keywords: didactic resource, teaching, learning

Estado da arte: Gênero e Sexualidade no contexto do Ensino de Química

Keysy S. C. Nogueira, Renata Orlandi e Bruno R. S. Cerqueira

Neste trabalho foram investigadas pesquisas sobre gênero e sexualidade no Ensino de Química. Adotou-se o estado da arte como metodologia. Foram realizados levantamentos no Portal de Periódicos da Capes, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e nos seguintes eventos científicos brasileiros: Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), pelo período de 2006 a 2019. Os resultados evidenciaram que as pesquisas destacavam a temática da invisibilidade/ausência das mulheres na ciência. Menos da metade dos trabalhos apresentaram uma conceituação para gênero ou sexualidade no corpo do texto. Além disso, apenas cinco pesquisas investigaram o conceito de gênero, e uma delas investigou tanto o conceito de gênero quanto o de sexualidade. Entre os resultados destaca-se a prevalência de definições equivocadas sobre esses conceitos manifestadas por professores e futuros professores.

► gênero; sexualidade; ensino de química ◀

Recebido em 29/05/2020, aceito em 30/08/2020

287

No contexto escolar contemporâneo, tem sido um grande desafio a efetivação dos direitos sexuais e reprodutivos por meio da Educação Sexual. A abordagem das noções de gênero e sexualidade em documentos referenciais para a educação brasileira apresentou progressos, a exemplo dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1997), como também significativos recuos, representados pela emblemática supressão do tema no Plano Nacional de Educação (Brasil, 2014).

Na Base Nacional Comum Curricular ocorre a circunscrição naturalizante dos debates sobre esses temas ao seu próprio âmbito (Brasil, 2017). Tais retrocessos estão diretamente relacionados à pressão exercida por grupos conservadores, os quais buscam romper essa discussão ao distorcerem seus sentidos cientificamente engendrados e sua importância na promoção de uma sociedade mais justa e igualitária (Groff *et al.*, 2015; Barbosa *et al.*, 2019).

Por outro lado, apesar da estrutural desigualdade de gênero no cenário brasileiro, o qual é fortemente marcado por avanços e retrocessos civilizatórios, foram significativas as conquistas no campo das políticas públicas concernentes à sexualidade e às relações de gênero, a exemplo da gradual

inclusão de pessoas travestis e transsexuais no mundo do trabalho, da saúde e da educação, do aumento do protagonismo feminino no cenário político, da crescente abordagem midiática destas temáticas, do progressivo aumento da problematização da Educação Sexual em livros didáticos e obras literárias, do delineamento de estratégias de enfrentamento à violência sexual, doméstica e à intolerância à diversidade sexual e de gênero, do casamento igualitário, além da política universal de acesso ao tratamento antirretroviral (Groff *et al.*, 2015; Soares e Monteiro, 2019).

Nesta pesquisa assume-se o conceito de gênero como uma construção social, imposta a um corpo sexuado (Scott, 1995). Em se tratando do conceito de gênero, Scott (1989) destaca a repercussão social das representações e usos dessa noção de modo a articular, prescrever e impor modos de vida, saberes e fazeres. Conforme a autora, as relações de gênero e de poder estão profunda, histórica e sistematicamente conectadas, configurando-se como um mecanismo estrutural e estruturante presente no delineamento de poderosas relações hierárquicas e opressivas.

A essencialista matriz identitária sexo-gênero banaliza a complexidade do processo de subjetivação de uma infinidade

de sujeitos, enquadrando-os em apenas dois polos reducionistas, excludentes e desiguais: o da masculinidade e o da feminilidade (Scott, 1989).

Por sua vez, Butler (2003) destaca que tanto gênero quanto sexo são engendrados nas e pelas contingências históricas; no corpo residem discursos binários, docilizantes e heteronormatizantes que os gendrificam, cerceando o espaço de manobra no qual as pessoas performatizam as identidades e relações de gênero.

Com relação à sexualidade, tal fenômeno é polissêmico e sua definição transcende a dimensão biológica dos corpos, pois “[...] nela estão envolvidos fantasias, valores, linguagens, rituais, comportamentos, representações mobilizadas ou postas em ação para expressar desejos e prazeres” (Louro, 2007, p. 209-210). A sexualidade é compreendida por Foucault (1997, p. 100) como um dispositivo histórico, um conceito rizomático que engloba uma complexa rede que encadeia a “estimulação dos corpos, a intensificação dos prazeres, a incitação ao discurso, a formação do conhecimento, o reforço dos controles e das resistências” conforme robustas técnicas de saber e de poder.

Nesse sentido, a Educação Sexual demanda investimento formativo, principalmente, face ao compromisso de alinhar os processos didático-pedagógicos a marcos civilizatórios pautados nos Direitos Humanos (Unesco, 1994), tomados na perspectiva da interseccionalidade entre importantes categorias analíticas, tais como: gênero, classe, raça-etnicidade, geração, religião, nacionalidade, deficiência, orientação sexual e política (Crenshaw, 2002).

Os impactos de uma cultura sexista têm seus desdobramentos em todas as esferas sociais, inclusive, no meio científico. Nessa perspectiva, Chassot (2007), em seu livro intitulado *A Ciência é masculina? É, sim senhora!*, enumera mulheres cientistas que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento científico. Segundo o autor, a invisibilidade de mulheres cientistas é produto do paradigma greco-judaico-cristão, destacando que na contemporaneidade, em termos globais, o número de mulheres que se dedicam à ciência ainda é significativamente inferior ao número de homens. Os paradigmas científicos são pensados por homens, urbanos, brancos, de classes médias e altas, os quais, a partir de seus privilégios, congregaram o conceito de neutralidade, universalidade e objetividade, deslegitimando espaços dialógicos dedicados às discussões interseccionais. Contudo, faz-se mister ressaltar que a ciência não é neutra.

Estudiosos e, sobretudo, estudiosas, investigaram as repercussões das desigualdades de gênero no meio acadêmico, as quais são engendradas nas instituições científicas e estruturantes das mesmas. Tais assimetrias são decisivas no processo de desenvolvimento do conhecimento produzido

nessas instituições (Schiebinger, 2008). Nesse sentido, com vistas à promoção da igualdade de gênero na ciência, seria fundamental “[...] transformar as culturas acadêmicas de diferentes departamentos, cursos, disciplinas e áreas do conhecimento, para erradicar obstáculos e formas de discriminação, desvalorização e exclusão sutis” (Carvalho e Montané, 2012, p. 9) pautadas nas assimetrias impostas pelo sexismo.

No contexto escolar brasileiro, a abordagem científica dos fenômenos atrelados às relações de gênero e sexualidade é desenvolvida predominantemente por professore(a)s de Ciências Biológicas (Bastos e Ludke, 2017). Sua abordagem é com frequência pautada por um viés patologizante da sexualidade e preventivo com relação às infecções sexualmente transmissíveis.

Destaca-se também que, no Brasil, as pesquisas sobre gênero são incipientes na área de Ensino de Ciências (Batista *et al.*, 2011; Souza, 2008). Entretanto, a problematização de gênero e sexualidade não deveria ser circunscrita a um campo disciplinar. Essa temática demanda olhares multifacetados,

subsidiados por diferentes áreas do conhecimento. Torna-se fundamental o estudo dessa esfera do saber no processo formativo inicial e continuado de professores, bem como na formação de estudantes nos distintos níveis de ensino, guardadas as suas especificidades.

Nesse sentido, é fundamental analisar como a área de Ensino de Química tem desenvolvido a temática de gênero e sexualidade, para que os cursos de licenciatura em Química possam prover aos

egressos recursos conceituais que favoreçam melhores condições de exercício profissional nas escolas, na medida em que lhes possibilitem uma atuação ética e fundamentada para abordar tais questões em sala de aula de maneira profunda, contextualizada e ancorada na perspectiva dos Direitos Humanos.

De acordo com o exposto, esta pesquisa objetivou mapear na literatura especializada a abordagem dos conceitos de gênero e sexualidade associados ao Ensino de Química. Pretende-se suscitar uma reflexão ética e plural sobre a produção científica, consequentemente, questionando a naturalização dessas desigualdades e fomentando a Educação Sexual na perspectiva dos Direitos Humanos.

Aspectos metodológicos

Pesquisas que se propõem a realizar uma revisão sistemática, comumente, recebem diferentes denominações (Vosgerau e Romanowski, 2014). Esta pesquisa figura como Estado da Arte (Megid Neto, 1999), na medida que possibilita uma investigação global de um determinado

[...] a Educação Sexual demanda investimento formativo, principalmente, face ao compromisso de alinhar os processos didático-pedagógicos a marcos civilizatórios pautados nos Direitos Humanos (Unesco, 1994), tomados na perspectiva da interseccionalidade entre importantes categorias analíticas, tais como: gênero, classe, raça-etnicidade, geração, religião, nacionalidade, deficiência, orientação sexual e política (Crenshaw, 2002).

tema de pesquisa e a realização pelo(a) pesquisador(a) de inferências de como um tema tem sido desenvolvido, os referenciais adotados, as tendências das pesquisas, entre outros (Romanowski e Ens, 2006). Pesquisas de estado da arte são fundamentais por possibilitarem uma análise mais profunda das diferentes contribuições de pesquisas para a área de ensino; no caso desta investigação, as relacionadas às relações de gênero e sexualidade no Ensino de Química.

Para tanto, inicialmente, realizou-se a coleta de dados nos dois principais eventos científicos brasileiros na área de Ensino de Química e Ensino de Ciências, a saber: Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC. Destaca-se que o ENEQ e ENPEC são eventos bienais.

O mapeamento incidiu no período circunscrito entre 2006 e 2019, por meio das seguintes palavras-chave: gênero, sexualidade e identidade de gênero, seguidas da palavra química. Essa combinação de palavras foi buscada nos campos título, palavras-chave e resumo. Em uma segunda etapa de coleta de dados, considerando-se o mesmo período de 2006 a 2019, realizou-se buscas no Portal de Periódicos da Capes e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), por meio dos termos de busca: gênero e Ensino de Química, bem como sexualidade e Ensino de Química, nos campos título, palavras-chave e resumo. Salienta-se que foram empregadas palavras-chave distintas nas buscas, pois as bases de dados têm sistemas de busca diferentes.

Na literatura especializada, por vezes, criticam-se as pesquisas de estado da arte que analisaram resumos. Contudo, nesta pesquisa considerou-se importante realizar o mapeamento nos eventos científicos, dada a importância destes para a área de Ensino de Química e, por englobarem “[...] uma bibliografia que extrapola a da produção de dissertações e teses” (Ferreira, 2002, p. 270).

Para análise dos trabalhos catalogados, adotou-se a análise de conteúdo (Moraes, 1999). Nesse sentido, procedeu-se à leitura flutuante das pesquisas inventariadas, visando identificar quais correspondiam ao Ensino de Química. Posteriormente, foi feita a sistematização dos trabalhos por meio de sua leitura integral. Com relação às teses e dissertações inventariadas, foram lidos os resumos e a fundamentação teórica dos respectivos estudos.

Para os agrupamentos das produções acadêmicas foram adotados quatro descritores e quatorze indicadores, apresentados no Quadro 1, emergidos no processo de análise dos estudos.

O mapeamento de pesquisas sobre gênero e sexualidade no Ensino de Química pode revelar os direcionamentos e os caminhos percorridos pelo(a)s pesquisadore(a)s da área no desenvolvimento dessas temáticas e os hiatos existentes. O estado da arte também pode indicar referenciais, estratégias,

compromissos e lacunas no que tange à efetivação da Educação Sexual por meio do Ensino de Química.

Resultados e Discussão

Por meio do mapeamento realizado na presente investigação, identificou-se um total de quarenta trabalhos (sete na BDTD, três no Portal de Periódicos da Capes, quatorze no ENEQ e dezesseis no ENPEC) associados ao Ensino de Química e que abordavam o tema sexualidade e gênero. As teses, dissertações, artigos e trabalhos de congressos inventariados e que constituem o corpo de análise desta pesquisa estão referenciadas no Apêndice 1. As pesquisas catalogadas serão indicadas pelos códigos T1 e T2 para Teses, D1 a D5 para as Dissertações, A1 a A3 para os artigos e C1 a C30 para trabalhos publicados em anais de congressos (Apêndice 1).

Nos próximos parágrafos, as investigações inventariadas serão esmiuçadas de acordo com os descritores e seus indicadores (Quadro 1) que nortearam o processo de análise. Salienta-se que, de forma geral, os trabalhos apresentados na

BDTD, nos artigos e nos eventos catalogados foram desenvolvidos em universidades públicas.

As regiões brasileiras onde atuam o(a) primeiro(a) autor(a) de cada um dos trabalhos estão distribuídas da seguinte forma: Sudeste e Sul com doze trabalhos cada, seguidas pela Região Nordeste com sete, Centro-Oeste

com quatro e a região Norte com um trabalho. Ressalta-se que foram identificadas duas pesquisas realizadas no Chile e apresentadas no ENPEC, e dois outros trabalhos em que não foi possível identificar a origem geográfica de seus autores, pois não disponibilizavam essa informação.

Na Figura 1, organizou-se as pesquisas categorizadas pelo formato. De acordo com a Figura 1, a maior concentração de trabalhos apresentados foi no ENPEC, o qual configura-se como o maior evento da área de Ensino de Ciências e Educação no Brasil. Destaca-se que nesse evento não são aceitos resumos, apenas trabalhos completos.

Com relação aos indicadores teses e dissertações, o número de produções ainda é escasso. De modo semelhante ao identificado nesta pesquisa, ao realizarem o mapeamento de teses e dissertações sobre as produções de pesquisas sobre gênero e sexualidade nas Instituições de Ensino Superior (IES), Rios e Souza (2017) evidenciaram que ainda são incipientes quando comparadas ao total de produções acadêmicas brasileiras, pois:

[...] no repositório da BDTD do IBICT, de 2004 a 2014, a disponibilidade de 67.575 teses, sendo que deste montante, 420 tratam dos temas gênero e sexualidade, representando 0,62% de documentos produzidos e, no relacionado a dissertações, fornece 204.473 documentos, sendo 798 referentes aos temas

Pesquisas de estado da arte são fundamentais por possibilitarem uma análise mais profunda das diferentes contribuições de pesquisas para a área de ensino; no caso desta investigação, as relacionadas às relações de gênero e sexualidade no Ensino de Química.

Quadro 1: Descritores e seus indicadores adotados na análise dos trabalhos catalogados.

Descritores	Indicadores
Região brasileira: Agrupamento das cinco unidades da federação brasileira.	Norte: região localizada ao norte do Brasil, constituída pelos estados: Acre, Amapá, Rondônia, Amazonas, Roraima e Tocantins. Nordeste: região localizada ao nordeste do Brasil, constituída pelos estados: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Alagoas e Bahia. Sudeste: região localizada ao sudeste do Brasil, constituída pelos estados: São Paulo, Espírito Santos, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Sul: região localizada ao sul do Brasil, constituída pelos estados: Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Centro-oeste: região localizada no centro-oeste do Brasil, constituída pelos estados: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás.
Formato: Representa o formato em que o trabalho científico foi estruturado.	Resumo simples: Trabalhos acadêmicos que não ultrapassam uma página. Trabalho completo: são trabalhos que ultrapassam mais de uma página. Tese: Trabalho acadêmico inédito para o conhecimento e se destina à obtenção do título de doutor(a) Dissertação: Trabalho acadêmico que se destina à obtenção do título de mestre. Artigo: Relatam estudos empíricos ou teóricos que trazem de modo claro a contribuição para área.
Tipo de trabalho: representa os tipos de trabalhos inventariados	Pesquisa científica: representaria a investigação planejada e conduzida de acordo com as normas estabelecidas num determinado campo de estudo. Outros: representa os trabalhos inventariados que não figuram como uma pesquisa científica.
Aspectos metodológicos: Refere-se à estratégia de ensino e/ou instrumento de pesquisa eleito nos aspectos metodológicos das pesquisas para coletar os dados e, consequentemente responder aos objetivos estabelecidos nas investigações.	Narrativas/relatos de vida: são narrativas pessoais que representam como cada sujeito mobiliza seu conhecimento, sua identidade, suas vivências, etc. Questionário: conjunto de questões construído para gerar dados sobre um determinado tema. Entrevista/entrevista semiestruturada: diálogo entre duas ou mais pessoas mais ou menos livre, para obter-se informações do entrevistado e responder aos objetivos de uma pesquisa. A entrevista semiestruturada é conduzida por um bloco de perguntas previamente estruturado. Grupo focal: técnica que possibilita a interação entre os participantes e o pesquisador, tendo por finalidade a imersão nos dados pela discussão sobre tópicos específicos. Reuniões (registro audiovisual): registro em áudio e vídeo de dados de pesquisa. Aula/oficina (registro audiovisual): espaço de estudo de uma turma em uma escola/instituição de ensino, em que se pretende desenvolver um processo de ensino-aprendizagem. Plano de ensino: programa de atividades pedagógicas que se pretende desenvolver durante a implementação de uma disciplina. Diários de campo: material eleito por investigadores para registrar as vivências na pesquisa e que poderão ser interpretados pelo pesquisador. Observação de campo: observações realizadas pelo pesquisador no campo de pesquisa. Sequência de Ensino: proposta de ensino com uma sequência lógica de desenvolvimento do conteúdo. Revisão de literatura/estado da arte: processo de busca, análise e descrição sobre um determinado tema. Análise documental: estudo e análise de documentos para compreender um determinado tema em busca de se inscrever em um <i>status</i> científico. Minicurso/oficina: curso de curta duração de caráter mais teórico /atividade laboral que possibilita a vivência de novos conhecimentos. Ensaio: reflexão sobre um determinado tema, exposta de maneira pessoal ou subjetiva. Debates: realização de debates sobre um tema como estratégia de ensino. Experimentos: adoção de experimentos como estratégia de ensino. Clube de Ciências: espaços pedagógicos extraclasse em que podem ser desenvolvidos trabalhos de iniciação científica e de divulgação da ciência. Estudo de Caso: abordagem do conteúdo baseada em situações do contexto real. Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs): adoção das TICs como estratégia para incentivar a participação de mulheres na ciência.
Conceitua: As pesquisas apresentam o conceito de gênero, sexualidade ou ambos.	Apresenta uma conceituação para o termo Gênero: O trabalho apresenta uma abordagem conceitual para gênero. Apresenta conceituação para o termo sexualidade: O trabalho apresenta uma abordagem conceitual para a sexualidade. Ambos: O trabalho apresenta uma abordagem conceitual para gênero e sexualidade.
Investiga: As pesquisas apresentam o conceito de gênero, sexualidade ou ambos.	Conceito de gênero: O trabalho investigou o conceito de gênero. Conceito de sexualidade: O trabalho investigou o conceito de sexualidade. Conceito de ambos: O trabalho investigou os conceitos de sexualidade e gênero.
Participantes: Representa os participantes das pesquisas catalogadas.	Licenciandos: estudantes regularmente matriculados em cursos de licenciatura. Professores da educação básica: professores que atuam nas escolas da educação básica. Estudantes da educação básica: estudantes regularmente matriculados em escolas da educação básica. Professores do ensino superior: professores que lecionam em cursos do ensino superior. Não se aplica: pesquisas que não tiveram participantes, que abrangem análise documental e revisão de literatura/estado da arte. Outros: pesquisas que não tiveram como participantes licenciandos, professores da educação básica, professores do ensino superior e estudantes da educação básica.

Fonte: elaborado pelos(as) autores(as).

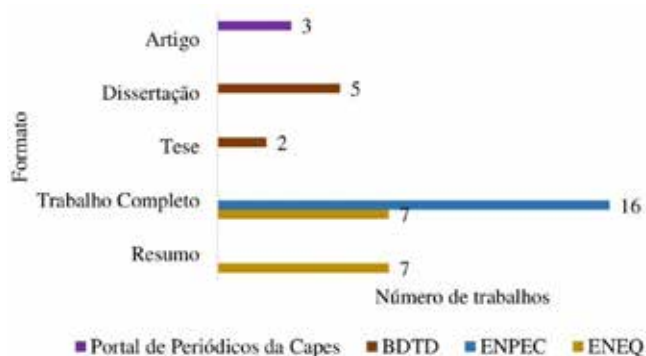


Figura 1: Distribuição dos trabalhos catalogados de acordo com o formato. Fonte: elaborado pelos(as) autores(as).

supracitados, com um percentual de 0,39%, diante do total de dissertações disponíveis (Rios e Souza, 2017, p. 1930-1931).

No processo de categorização das pesquisas no descritor *Tipo de Trabalho*, 38 estudos foram agrupados no indicador *Pesquisa* (quatorze ENEQ, quatorze ENPEC, sete BDTD e três no Portal de Periódicos da Capes), e duas investigações no indicador *Outro* (dois ENPEC). O trabalho do ENPEC C23 foi enquadrado no indicador *Outro* e tratava-se de um ensaio em que os autores propuseram uma reflexão histórica sobre a contribuição de determinadas mulheres para o desenvolvimento científico. O segundo estudo categorizado nesse indicador, C29, abordou a apresentação de uma proposta de sequência de ensino, tendo como tema gênero e ciência.

A tendência com relação às/aos participantes evidenciados nas pesquisas foi organizada no Quadro 2, de acordo com os indicadores emergentes do descritor correspondente.

Quadro 2: Participantes das pesquisas inventariadas

Participantes	Total
Estudantes da educação básica	11
Licenciandos	10
Professores da educação básica	10
Não se aplica	8
Outros	7
Professores do ensino superior	4

Fonte: elaborado pelos(as) autores(as).

Os participantes das investigações eram, em sua maioria, licenciandos, professores e estudantes da educação básica. Considera-se que o fato de tais trabalhos serem desenvolvidos por grupos de pesquisa coordenados por professores universitários pode explicar a menor participação de tais sujeitos como alvos de estudos. Nas pesquisas em que figuraram licenciandos e professores da educação básica como participantes, objetivou-se a compreensão de suas concepções sobre gênero e sexualidade, as escolhas profissionais ou ainda como planejavam a abordagem das relações de gênero e sexualidade no ensino.

No processo de análise do material catalogado, o(a)s autor(a)s adotaram como estratégia de ensino e/ou instrumento de pesquisa, sobretudo, o questionário, a entrevista/entrevista semiestruturada e a aula/oficina (registro audiovisual) no processo de coleta de dados, como sugere a categorização das pesquisas nos indicadores emergentes do descritor *Estratégia de ensino/instrumento de pesquisa*, apresentada no Quadro 3. Destaca-se que alguns trabalhos adotaram mais de uma estratégia ou instrumento de pesquisa, o que gera uma soma total maior do que o número de trabalhos catalogados.

Quadro 3: Estratégia de ensino/instrumento de pesquisa

Estratégia de ensino/instrumento de pesquisa	Total
Questionário	14
Entrevista/entrevista semiestruturada	10
Aula/oficina (registro audiovisual)	8
Análise documental	4
Reuniões (registro audiovisual)	3
Revisão de literatura/estado da arte	3
Observação de campo	2
Narrativas/relatos de vida	2
Sequência de Ensino	2
Minicurso/oficina	2
Grupo focal	1
Plano de ensino	1
Diários de campo	1
Ensaio	1
Debates	1
Experimentos	1
Clube de ciência	1
Estudo de caso	1
TIC	1

Fonte: elaborado pelos(as) autores(as).

Apesar de a maioria dos trabalhos pertencer ao Indicador *Pesquisa* (95%), destaca-se que apenas quinze trabalhos conceituavam a noção de gênero (T1, T2, D1, D2, D3, D5, A2, C7, C11, C17, C18, C21, C22, C23 e C25), enquanto um estudo apresentou uma definição de sexualidade (C28) e um dos estudos fundamentou ambos os conceitos (C8), tal como indicado no agrupamento das pesquisas no Quadro 4.

A autora mais citada nos estudos inventariados para o conceito de gênero foi Joan W. Scott, presente em oito pesquisas, seguida por Guacira Lopes Louro que foi adotada em quatro estudos, e por Londa Schiebinger, que fundamentou dois estudos. Os seguintes autores fundamentaram o conceito de gênero em uma pesquisa cada: Teresa de Lauretis, Judith P. Butler, Carla Giovana Cabral, Heleieth Iara Bongiovani Saffioti, Maria Jesus Ízquierdo, Simone de Beauvoir, Gayle Rubin, Maria Helena Santana Cruz, Guilherme Ribeiro

Quadro 4: Categorização dos trabalhos no descritor Conceitua e seus indicadores.

Conceitua	ENEQ	ENPEC	BDTD	Portal de Periódicos da Capes
Apresenta conceituação para gênero	2	6	6	1
Apresenta conceituação para sexualidade	0	1	0	0
Ambos	1	0	0	0

Fonte: elaborado pelos(as) autores(as).

Colaço Mäder, Zuleika Alambert, Brasil (2009), Linda Nicholson, Pilar Ballarín, Erin B. McClure, Christopher S. Monk, Eric E Nelson, Eric Zarah, Ellen Leibenluft, Robert M Bilder, Dennis S Charney, Monique Ernst, Daniel S. Pine e Sara Delamont. Para o conceito de sexualidade foram citados os conceitos dos autores Jeffrey Weeks e Jaqueline Gomes de Jesus. Ressalta-se que os autores das pesquisas inventariadas, em sua maioria, adotavam mais de um autor para conceituar gênero e sexualidade.

A ausência de conceituação para gênero e/ou sexualidade sugere a falta de fundamentação teórica de parte significativa dos trabalhos inventariados, destacando-se o fato de que tais conceitos foram estruturantes do objetivo da maioria dos trabalhos. Nesse sentido, no artigo A1 seus autores desenvolveram a pesquisa intitulada *Cultura africana e afro-brasileira e o ensino de química: estudos sobre desigualdades de raça e gênero e a produção científica* (A1, 2018); entretanto, apesar de carregar em seu título o termo gênero, o estudo não assume nenhuma definição para esse conceito.

Por outro lado, em D3, na qual foi investigada a presença de mulheres em cursos de Ciências Exatas e Tecnologia, apresentou-se uma conceituação de gênero na perspectiva de Scott, como denota o excerto da dissertação: “Desse modo, gênero é uma categoria social imposta sobre um corpo sexuado e marcada por relações de poder.” (D3, 2013, p. 44).

O trabalho A2 também fundamenta-se no conceito de gênero de Scott, tal como sinaliza a citação a seguir: “Gênero, segundo Joan Scott (1995) deve ser compreendido como um organizador das relações sociais” (A2, 2019, p. 46). Nesse artigo são investigados os “incômodos” na abordagem das temáticas gênero e sexualidade apontados por licenciandos das áreas de Biologia, Pedagogia e Química, em reuniões de um subprojeto do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).

Na dissertação de mestrado denominada aqui como D2, foi realizada uma intervenção pedagógica em duas turmas de ensino médio, em que se buscou desconstruir a representação de ciência como sendo apenas masculina e branca. Para a pesquisadora, a proposta possibilitou a problematização de

uma perspectiva sobre a ciência não eurocêntrica, não hegemônica e mais coerente com a multiculturalidade brasileira. Em D2, argumenta-se que

A língua portuguesa faz a distinção gramatical dos gêneros masculino e feminino e se utiliza de um determinado gênero gramatical (majoritariamente, o masculino) para denotar seres humanos de maneira genérica (...). No entanto, o uso do feminino para denotar o gênero humano também é possível e, neste trabalho, optaremos pelo seu uso (D2, 2018, p.16).

Na tese de doutorado T1, constituída por cinco capítulos/artigos, a autora analisou em seu primeiro artigo a sua constituição como mulher, como técnica em Química, como professora da educação básica e como mulher da ciência a partir de suas narrativas, buscando entrelaçá-las com os enfrentamentos de gênero. No quarto artigo, a pesquisadora analisou as narrativas de mulheres cientistas de uma universidade. Nessa tese, a pesquisadora fundamenta o conceito de gênero na perspectiva de Scott, apoiando-se também em Foucault para analisar as narrativas de sua pesquisa, pois embora “[...] não tenha construído uma teoria que abrigue o gênero, construiu uma série de ferramentas que permitem desestabilizar os discursos sobre o sexo, o gênero [...]” (T1, 2017, p. 18).

Dentre as pesquisas inventariadas, apenas em T2, D5, C17 e C25 investigou-se o conceito de gênero, enquanto C5 englobou tanto o conceito de gênero quanto o de sexualidade. C5 investigou a concepção de futuros professores de Química, Biologia, Física e Matemática, participantes do PIBID, sobre os temas gênero e sexualidade, adotando como instrumento de pesquisa um questionário. Nos resultados, C5 sugere que os licenciandos não compreendem os conceitos de gênero e sexualidade. Além disso, alguns licenciandos de Química manifestaram o entendimento de que as temáticas de gênero e sexualidade devem ser abordadas apenas nos cursos de Ciências Biológicas, enquanto outros licenciandos sugerem a exclusão desses temas dos cursos de formação de professores.

Na dissertação de mestrado denominada aqui como D2, foi realizada uma intervenção pedagógica em duas turmas de ensino médio, em que se buscou desconstruir a representação de ciência como sendo apenas masculina e branca. Para a pesquisadora, a proposta possibilitou a problematização de uma perspectiva sobre a ciência não eurocêntrica, não hegemônica e mais coerente com a multiculturalidade brasileira.

Nesse sentido, Bastos e Ludke (2017) apontam que há o predomínio de uma visão biologizante na abordagem das relações de gênero e sexualidade, apesar da infinidade de conceitos e fenômenos concernentes ao campo da Química a partir dos quais se pode promover reflexões na esfera das relações de gênero e sexualidade na perspectiva dos Direitos Humanos.

A investigação C25 buscou identificar as dificuldades de futuros professor(a)s e professor(a)s da educação básica em desenvolverem questões sociocientíficas relacionadas à questão de gênero no contexto do Ensino de Ciências. A coleta de dados foi realizada em duas oficinas realizadas com docentes e licenciandos, por meio das quais se evidenciou que os participantes expressavam concepções de senso comum referentes à categoria analítica de gênero, em narrativas comumente circunscritas a perspectivas naturalizantes da noção de sexo biológico. Ademais, para determinados participantes a questão de gênero não deveria ser debatida em suas aulas, pois não há mais essa imposição, levando-os a contribuir para o fortalecimento da reprodução do preconceito e do silenciamento das desigualdades e opressões estruturantes da sociedade brasileira. Para Avila *et al.* (2011, p. 291):

[...] os/as professores/as ainda não estão preparados/as para lidar com questões tão polêmicas e assumir em seu cotidiano profissional uma postura ética sem que antes tenham condições de equacionar as tensões entre seus jeitos próprios de lidar com a educação sexual e as diversas expectativas/avaliações que recaem sobre suas práticas docentes, em especial, as da própria pessoa que desempenha a profissão.

Na pesquisa C17, foram analisadas as concepções de professores de Química sobre gênero e ciência, por meio de um curso de formação de professores. Evidenciou-se que os professores apresentavam uma concepção androcêntrica da ciência e do gênero.

Outra pesquisa, T2, investigou a concepção de discentes e professores do ensino médio sobre gênero na ciência. Nos resultados, emergiu uma perspectiva reducionista das relações de gênero, permeada por uma percepção sexista, biologizante, essencialista e marcada pela confusão entre os conceitos de gênero e sexualidade. Dentre os participantes de T2, apenas uma professora de Biologia e um professor de Química manifestaram apropriações do conceito de gênero ancoradas em uma perspectiva complexa, compreendida como uma construção histórico-social tal como abordada pela literatura especializada (Scott, 1989; Scott, 1999; Butler, 2003; Louro, 2007).

[...] Bastos e Ludke (2017) apontam que há o predomínio de uma visão biologizante na abordagem das relações de gênero e sexualidade, apesar da infinidade de conceitos e fenômenos concernentes ao campo da Química a partir dos quais se pode promover reflexões na esfera das relações de gênero e sexualidade na perspectiva dos Direitos Humanos.

Na dissertação D5, investigou-se a concepção de professores da área de Ciências da Natureza (Física, Biologia e Química) relativas ao Programa Escola Sem Partido e às questões de gênero associadas à presença das mulheres nas carreiras científicas e tecnológicas. Para coletar os dados, foi adotada uma entrevista semiestruturada e um questionário. Nos resultados, a maioria dos participantes sinalizou que não consideram o gênero como uma construção social e manifestou confusões entre os conceitos de gênero e sexualidade.

Uma das professoras, formada em Biologia, “[...] define gênero como uma categoria taxonômica que classifica os seres vivos como, por exemplo, o gênero *homo* em que os seres humanos estão na espécie *homo sapiens sapiens*” (D5, 2018, p. 523). Nessa dissertação, apenas três professor(a)s conectaram suas concepções de gênero à dimensão social, o que os aproxima aos referências da área.

É importante destacar que a expressão “Ideologia de Gênero” evocada pelo Programa Escola Sem Partido foi construída para desqualificar os trabalhos sobre gênero nas escolas. Para Penna (2015, s.p.):

Estes movimentos afirmam que a “ideologia de gênero” teria como meta incentivar os alunos a abandonar a religião e incentivá-los a fazer sexo. Discutir gênero não é isso. É problematizar a violência doméstica. É trazer para a sala de aula a representação de famílias de diferentes configurações. É permitir que as pessoas de diferentes orientações sexuais se percebam representadas, e não silenciadas, no conhecimento produzido nas escolas.

Investigar e debater sobre gênero e sexualidade é questionar os padrões impostos pela sociedade e promover o diálogo sobre questões concernentes às relações de poder, de opressão, entre outros problemas presentes em nossa sociedade (Matos *et al.*, 2017).

Nesse sentido, a Educação Sexual diz respeito à democratização dos bens culturais atrelados à complexidade dos conhecimentos engendrados nas distintas áreas do conhecimento a partir da infinidade de manifestações da sexualidade. Esse conjunto de saberes refere-se à compreensão dos desdobramentos das relações estabelecidas com o (des) prazer, as práticas de cuidado, o delineamento sistêmico de vínculos afetivos e vulnerabilidades, a imposição das violências, a configuração das tramas de poder e as naturalizações de suas assimetrias, as relações dialógicas de negociação e adoção de comportamentos atrelados à proteção do próprio corpo e dos demais.

As pesquisas catalogadas no presente estudo dedicaram-se, principalmente, à temática do gênero no que tange à participação das mulheres no fazer científico. De modo

semelhante, ao investigarem as tendências das pesquisas sobre gênero na formação docente em Ciências no Brasil, Proença *et al.* (2019) também evidenciaram essa correlação entre a mulher e a ciência nas pesquisas sobre gênero.

Considerações Finais

A partir desse levantamento foi possível identificar que as pesquisas sobre gênero e sexualidade no contexto do Ensino da Química tiveram como temáticas a escolha profissional de mulheres cientistas, perfil de cursos superiores atrelados à escolha pautada por prescrições de gênero, multiculturalismo e, principalmente, a participação das mulheres na ciência. Além disso, identificou-se que ainda são incipientes as investigações sobre gênero e sexualidade na perspectiva do Ensino de Química. Infere-se que esse cenário talvez seja reflexo da possibilidade de que as pesquisadoras e pesquisadores que investigam sobre gênero/sexualidade publiquem em revistas específicas sobre gênero e sexualidade.

Ademais, por meio dos trabalhos inventariados, identificou-se a dificuldade de licencianda(o)s e professora(s) em conceituar gênero e sexualidade em uma perspectiva cientificamente ancorada, sugerindo a necessidade de

abordá-los no desenvolvimento profissional de professores. Sucintamente, os trabalhos mapeados empregavam em suas pesquisas a perspectiva de gênero associando-a à presença (ou à invisibilidade) da mulher na ciência. Portanto, destaca-se uma importante lacuna no que tange à investigação da Educação Sexual na perspectiva de gênero no contexto do Ensino de Química e a necessidade da abordagem desta temática no foco dos estudos.

Keyssy Solange Costa Nogueira (keyssy.nogueira@ufsc.br), doutora em Ensino de Ciências – subárea Ensino de Química, pela Universidade de São Paulo, licencianda em Química pelo Instituto Federal de São Paulo, atualmente é docente adjunta na Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Blumenau, Blumenau, SC – BR. **Renata Orlandi** (renata.orlandi@ufsc.br), pós-doutora em Educação pela Universidade Federal de Santa Catarina e em Psicologia pela Universidade Autônoma de Barcelona, atualmente é docente adjunta na Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Blumenau, SC – BR. **Bruno Rafael Santos de Cerqueira** (bruno.cerqueira@ufabc.edu.br), doutor em Ensino de Ciências – Subárea Ensino de Biologia, pela Universidade de São Paulo, licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é professor adjunto no Centro de Ciências Naturais e Humanas da Universidade Federal do ABC e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática (PEHCM) da UFABC. Santo André, SP – BR.

Referências

- AVILA, A. H.; TONELI, M. J. F. e ANDALO, C. S. A. Professores/as diante da sexualidade-gênero no cotidiano escolar. *Psicologia em Estudo*, v.16, n.2, p.289-298, 2011.
- BARBOSA, L. U.; VIÇOSA, C. S. C. L. e FOLMER, V. A educação sexual nos documentos das políticas de educação e suas ressignificações. *REAS/EJCH*, v. 11, n.10, p. 1-10, 2019.
- BASTOS, G. e LÜDKE, E. Reflexões sobre gênero no ensino de biologia: um olhar sobre o discurso de estudantes do primeiro ano do ensino médio acerca da gravidez na adolescência. *Revista Contexto & Educação*, v.32, n.101, p.142-174, 2017.
- BATISTA, I. L.; TOREJANI, A. T. C.; HEERDT, B.; LUCAS, L. B.; OHIRA, M. A.; CORRÊA, M. L.; BARBOSA, R. G. e BASTOS, V. C. Gênero feminino e formação de professores na pesquisa em Educação Científica e Matemática no Brasil. In: *Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Campinas, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Terceira versão revista, Brasília, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: pluralidade cultural, orientação sexual*. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. *Plano Nacional de Educação. PNE. Plano Nacional de Educação 2014-2024*. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014, que aprova o Plano Nacional de Educação (PNE) e dá outras providências. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2014. 86 p.
- BRASIL. *Senado Federal. Educação precisa enfrentar violência de gênero, aponta debate*. Senado Notícias, 21 nov. 2017. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/11/20/educacao-precisa-enfrentar-violencia-de-genero-aponta-debate>, acesso em fev. 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria da Educação

Média e Tecnológica. *Gênero e Diversidade na Escola: Formação de Professoras/es em Gênero, Orientação Sexual e Relações Étnico-Raciais*. Livro de Conteúdo. Versão 2009. Rio de Janeiro: CEPESC; Brasília: SPM, 2009.

BUTLER, J. *Problemas de gênero: feminismo e subversão da identidade*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2003.

CARVALHO, M. E. P. e MONTANÉ, A. *Políticas de equidade de gênero na educação superior na Espanha e no Brasil: avanços e limites* [1]. Labrys, estudos feministas, julho/dezembro de 2012. Disponível em: <https://www.labrys.net.br/labrys22/education/maria%20eulina.htm>, acesso em jan. 2021.

CHASSOT, A. *A ciência é masculina? É, sim senhora!* 3ª ed. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2007.

CRENSHAW, K. Documento para o encontro de especialistas em aspectos da discriminação racial relativos ao gênero. *Estudos Feministas*, v.10, n.1, p.171-188, 2002.

FERREIRA, N. S. A. As pesquisas denominadas “Estado da Arte”. *Educação & Sociedade*, v. 23, n. 79, p. 257-272, 2002.

FOUCAULT, M. *A história da sexualidade 1: a vontade de saber*. 12ª. ed. Trad. M. T. C. Albuquerque e G. Albuquerque. Rio de Janeiro: Graal, 1997.

GROFF, A. R.; MAHEIRIE, K. e MENDES, P. O. S. P. A educação sexual e a formação de professores/as: um convite ao dissenso. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, v. 10, número especial, p. 1431-1444, 2015.

LOURO, G. L. Gênero, sexualidade e educação: das afinidades políticas às tensões teórico-metodológicas. *Educação em Revista (UFMG)*, v.46, p. 201-218, 2007.

MATOS, A.; MAGALDI, A. M. B. M.; COSTA, C. M.; SILVA, C. F. S.; PENNA, F. A.; VELLOSO, L.; LEONARDI, P. e ALBERTI, V. Educação e liberdade: apontamentos para um bom combate ao Projeto de Lei Escola Sem Partido. In: FRIGOTTO, G. (org.) *Escola “sem” partido*. Esfinge que ameaça a educação e a sociedade brasileira. Rio de Janeiro: UERJ/LPP, 2017, p. 87-104.

MEGID NETO, J. *Tendências da pesquisa acadêmica sobre o ensino de Ciências no nível fundamental*. 1999. 114f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MORAES, R. Análise de conteúdo. *Revista Educação*, v.22, n.37, p. 7-32, 1999.

PENNA, F. A. *O ódio aos professores*. [s.l.], 18 set. 2015. Disponível em: <https://liberdadeparaensinar.wordpress.com/2015/09/18/o-odio-aos-professores/>, acesso em mai. 2020.

PROENÇA, A. O.; BALDAQUIM, M. J.; BATISTA, I. L. e BROIETTI, F. C. D. Tendências das Pesquisas de Gênero na Formação Docente em Ciências no Brasil. *Química Nova na Escola*, v. 41, n.1, p. 98-107, 2019.

RIOS, F. W. S. e SOUZA, M. N. A. Gênero e Sexualidade como Temas de Teses e Dissertações: levantamento quantitativo nos repositórios do IBICT e da Capes. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação (Online)*, v. 26, p. 1923-1938, 2017.

ROMANOWSKI, J. P. e ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo “Estado da Arte” em Educação. *Revista Diálogo Educacional*, v. 6, n.19, p. 37-50, 2006.

SCHIEBINGER, L. Mais mulheres na ciência: questões de conhecimento. *História, Ciências e Saúde – Manguinhos*, v.15, p. 269-281, 2008.

SCOTT, J. Gender: a useful category of historical analyses. In: _____. *Gender and the politics of history*. New York, Columbia University Press, 1989.

SCOTT, J. Gênero: uma categoria útil de análise histórica. Trad. C. R. Dabat e M. B. Ávila. *Educação & Realidade*, v.20, n.2, p.71-99, 1995.

SCOTT, J. Igualdade versus diferenças: o uso da teoria pós-estruturalista. *Debate Feminista (Cidadania e Feminismo)*, número especial, p.203-222, 1999.

SOARES, Z. P. e MONTEIRO, S. S. Formação de professores/as em gênero e sexualidade: possibilidades e desafios. *Educar em Revista*, v. 35, n.73, p. 287-305, 2019.

SOUZA, A. M. F. L. Ensino de ciências: onde está o gênero?. *Revista da Faced*, n.13, p.149-160, 2008.

VOSGERAU, D. S. A. R. e ROMANOWSKI, J. P. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas. *Revista Diálogo Educacional*, v. 14, n. 41, p. 165-189, 2014.

Abstract: *State of the art: gender and sexuality in the context of teaching chemistry.* This paper presents a survey of researches addressing gender relations and sexuality in Chemistry teaching. The chosen methodology for this study was the state of the art. Surveys were carried out in two databases: Capes Periodics Portal and Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD); and in the proceedings of two Brazilian scientific events: National Meeting on Chemistry Education (ENEQ) and National Research Meeting on Science Education (ENPEC), in the period 2006 to 2019. Results show that researchers highlighted the theme of invisibility/absence of women in science. Less than half of the investigations presented a conceptualization for gender or sexuality in their respective texts. In addition, only five papers investigated the concept of gender and one of them investigated the concept of gender as well as that of sexuality. Among these five papers, one may observe the prevalence of mistaken definitions about gender and sexuality, which were expressed by teachers and future teachers.

Keywords: Gender; Sexuality; Chemistry Teaching.

Apêndice 1: Relação das teses, dissertações, artigos e trabalhos de congressos analisados.

Código	Referências
T1	NUNES, P. <i>Um ato de poder: narrativas das mulheres da química sobre suas experiências</i> . Tese (Doutorado em Educação em Ciências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
T2	LIMA, L. V. S. <i>Outro olhar sobre a lei de conservação das massas: abordagem da natureza da ciência e relações de gênero na ciência no ensino de química</i> . Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
D1	SANTOS, E. F. <i>Gênero, educação profissional e subjetivação: discursos e sentidos no cotidiano no Instituto Federal de Sergipe</i> . Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.
D2	VARGAS, R. N. <i>Sobre Produção de Mulheres Negras nas Ciências: Uma Proposta para a Implementação da Lei 10.639/03 no Ensino de Química</i> . Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.
D3	MELO, M. C. M. A. <i>Gênero e sexualidade: a presença da mulher aluna nos cursos do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão</i> . Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2013.
D4	AGOSTINI, G. <i>Trajetórias de professores de química: uma análise sociológica dos condicionantes sociais para as escolhas da docência como profissão</i> . Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.
D5	OROFINO, P. S. <i>Concepções de educadores da área de ciências da natureza associadas ao Programa Escola Sem Partido e à ideologia de gênero</i> . Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2018.
A1	BENITE, A. M. C.; BASTOS, M. A.; VARGAS, R. N.; FERNANDES, F. S. e FAUSTINO, G. A. A. Cultura africana e Afro-brasileira e o ensino de química: estudos sobre desigualdades de raça e gênero e a produção científica. <i>Educação em Revista</i> , v.34, p. 1-36, 2018.
A2	SOUZA, M. L. e FERRARI, A. Inquietações sobre gênero e sexualidade em espaços formativos: o caso do Pibid de Ciências. <i>Ensino Em Re-Vista</i> , v.26, n.1, p. 40-59, 2019.

Código	Referências
A3	GOMES, M. F. C. e MORTIMER, E. F. Histórias sociais e singulares de inclusão/exclusão na aula de química. <i>Cadernos de Pesquisa</i> , v. 38, n. 133, p. 237-266, 2008.
C1	FÁRIAS, S. A.; FRANCISCO JÚNIOR, W. E. e FERREIRA, L. H. Motivação na escolha de um curso universitário: a valorização do diploma de nível superior nos cursos de Licenciatura em Química. In: <i>Atas do XV Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Brasília, 2010.
C2	SANTOS, P. N. DopaMina: Discutindo Gênero e Ciência Através da Criação de um Grupo de Pesquisa no Ensino Médio. In: <i>Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Salvador, 2012.
C3	NUNES, P. e LOGUÉRCIO, R. Q. Rumores sobre gênero na educação básica. In: <i>Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Salvador, 2012.
C4	GOULART, N.; SANTOS, G. F.; SANTOS, L. L.; MEDEIROS, M. V.; PERES, M. M.; ZOZZI, S. V. e GOIS, J. Clube de ciências: mulheres na ciência. In: <i>Atas do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Ouro Preto, 2014.
C5	MEDEIROS, L. L. e MAZZÉ, F. M. Gênero e sexualidade na formação de professores em ensino de ciências naturais e matemática: um olhar sobre o PIBID da UFRN. In: <i>Atas do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Ouro Preto, 2014.
C6	SILVEIRA, L. B. B.; SANTOS, S. B.; CORRÊA, T. M. e OLIVEIRA, M. A. Olhares de alunas(os) de licenciatura em química sobre as teorias feministas e o currículo de ciências. In: <i>Atas do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Ouro Preto, 2014.
C7	SOUZA, D. C.; BROIETTI, F. C. D.; SACHS, J. P. D.; RAMMAZZINA FILHO, W. A. e BATISTA, I. L. Questões de Gênero em cursos de Licenciatura em Química do Estado do Paraná. In: <i>Atas do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Florianópolis, 2016.
C8	CAMILO, W. M. e SOARES, M. H. F. B. Intervenção Pedagógica: Sexualidade e Identidade de Gênero na Formação Inicial de Professores de Química. In: <i>Atas do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Florianópolis, 2016.
C9	SACHS, J. P. D.; SOUZA, D. C.; BATISTA, I. L. e RAMMAZZINA FILHO, W. A. Questões de Gênero em Periódicos Nacionais de Ensino de Química. In: <i>Atas do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Florianópolis, 2016.
C10	VARGAS, R. N.; SILVA, F.; FAUSTINO, G. A. A.; BASTOS, M. A. e BENITE, A. M. C. Sobre mulheres e produção em ciências: discutindo questões de gênero em aulas de química. In: <i>Atas do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Florianópolis, 2016.
C11	AGUILAR, M. B. R.; BORTOLAI, M. M. S.; ROSENTHAL, R. e REZENDE, D. B. Professoras de Ciências da Natureza na educação timorense: questão de gênero na análise da sócio-gênese. In: <i>Atas do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Florianópolis, 2016.
C12	MARIN, Y. A. O. O homem trans e a química: análise do potencial das situações que atravessam esses sujeitos e suas experiências, para a abordagem de questões de gênero e sexualidade no ensino de química. In: <i>Atas do XIX Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Rio Branco, 2018.
C13	PEREIRA, C. F. C.; GERPE, R. L.; ROCHA, A. S.; SOUSA, C.; BECKER, S. e TAMIASSO-MARTINHON, P. Perfil da representatividade de gênero em disciplinas de físico-química. In: <i>Atas do XIX Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Rio Branco, 2018.
C14	ARAÚJO, M. O.; XAVIER, M. G. e SOUZA, G. A. P. 'Relações de gênero e o papel na história da ciência e da química. In: <i>Atas do XIX Encontro Nacional de Ensino de Química</i> , Rio Branco, 2018.
C15	LIMA JÚNIOR, P. e REZENDE, F. Gênero e educação científica: uma revisão da literatura. In: <i>Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Florianópolis, 2009.
C16	SANTOS, N. P. e MASSENA, E. P. As marcas do gênero na ciência: a formação do licenciado e do químico na antiga FNFI e no Instituto de Química/UFRJ. In: <i>Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Florianópolis, 2009.
C17	GONZÁLEZ, J. C. Concepciones sobre ciencia y género en el profesorado de Química. Aproximaciones desde un estudio colectivo de casos. In: <i>Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Campinas, 2011.
C18	BATISTA, I. L.; HEERDT, B.; KIKUCHI, L. A.; CORRÊA, M. L.; BARBOSA, R. G. e BASTOS, V. C. Saberes docentes e invisibilidade feminina nas Ciências In: <i>Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Águas de Lindóia, 2013.
C19	SANTOS, R. G.; SIEMSEN, G. H. e SILVA, C. S. Articulando Química, questões raciais e de gênero numa Oficina sobre Diversidade desenvolvida no âmbito do PIBID: análise da contribuição dos recursos didáticos alternativos. In: <i>Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Águas de Lindóia, 2015.
C20	NUNES, P. e LOGUÉRCIO, R. Q. Ciência, feminino, vozes e narrativas: com a palavra, as pesquisadoras. In: <i>Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Águas de Lindóia, 2015.

Código	Referências
C21	BATISTA, I. L.; HEERDT, B.; CHIARI, N. D. A.; KIKUCHI, L. A. e COSTA, M. e CORRÊA, M. L. Formação de Professores no Brasil e Questões de Gênero Feminino em Atividades Científicas. In: <i>Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Águas de Lindóia, 2015.
C22	CHIARI, N. D. A. e BATISTA, I. L. Pesquisas na área de Educação Científica a respeito de questões de Gênero no Brasil. In: <i>Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Águas de Lindóia, 2015.
C23	ARAÚJO, S. D.; PIRCHINER, J. C.; SGARBI, A. D. e SAD, L. A. Mulheres na ciência: estão presentes?. In: <i>Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Florianópolis, 2017.
C24	MACEDO, J. C. P. e LOPES, N. C. Discussão de gênero como questão sociocientífica. In: <i>Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Florianópolis, 2017.
C25	MARTINS, L. G. e LOPES, N. Gênero: Questão sociocientífica no Ensino de Ciências. In: <i>Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Florianópolis, 2017.
C26	CONCEIÇÃO, J. M. e TEIXEIRA, M. R. F. De alunas a cientistas: memórias femininas da educação e da ciência pernambucana. In: <i>Atas do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Natal, 2019.
C27	GONZÁLEZ, J. C. Ciencia y Género en el profesorado de Chile. Reflexiones y Tensiones. In: <i>Atas do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Natal, 2019.
C28	OLIVEIRA, R. D. V. L.; SILVA, E. P. Q. e QUEIROZ, G. R. P. C. “Eles sofrem tanto preconceito...”: a (trans)formação de professores de Ciências e uma análise sobre o tema sexualidades. In: <i>Atas do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Natal, 2019.
C29	FIGUEIREDO, J. M.; SIMÕES NETO, J. E. e SANTOS, P. N. A Interface Arte, Ciência e Gênero como Estratégia Teórico-Metodológica para a Elaboração de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem sobre Mulheres nas Ciências. In: <i>Atas do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Natal, 2019.
C30	PRICINOTTO, G.; SANTOS, J. L. S. e CRESPIAN, E. R. Não existe amor no Ensino de Química? Analisando representações de estudantes do Ensino Básico e as questões de Gênero. In: <i>Atas do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Natal, 2019.



Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica

Letícia V. Andrade e Cinthia G. Zimmer

A galvanização é um processo industrial que envolve o revestimento de ligas ferrosas com zinco, como forma de aumentar a resistência à corrosão de dispositivos metálicos. Este artigo propõe aplicar, no ensino de química, esta técnica por meio de eletrólise, a qual permite ensinar conceitos fundamentais sobre eletroquímica. Assim, o aluno consegue estabelecer relações mais próximas entre o conhecimento científico e o mundo material, além de despertar o interesse pela ciência e tecnologia.

► eletroquímica, eletrólise, galvanização ◀

298

Recebido em 28/04/2020, aceito em 08/10/2020

A eletroquímica se caracteriza pela natureza universal e multidisciplinar, desempenhando um papel importante no desenvolvimento da ciência, com reflexos no crescimento econômico e melhoramento da qualidade de vida. Mesmo assim, o Brasil ainda está distante dos mais variados processos de produção industrial nos quais se possa utilizá-la, e para uma interação mais efetiva com a indústria, o conhecimento sobre esse assunto se faz necessário (Zanoni *et al.*, 2017). Esse tópico é, muitas vezes, considerado de difícil compreensão pelos alunos devido à dificuldade de estabelecer relações significativas entre os conceitos teóricos envolvidos nesse tema (Lima e Marcondes, 2005; Santos *et al.*, 2018).

Diante dessa realidade, em que geralmente existe defasagem na assimilação do conteúdo, torna-se essencial a prática experimental para maior efetividade do ensino (Chassot, 2014). A experimentação desperta forte interesse nos alunos, os quais atribuem à aula prática um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos (Giordan, 1999). Aliado, ainda, à possibilidade de estimular os alunos a relacionar o que pode ser observado no mundo material com os conceitos ensinados (Silva *et al.*, 2016).

Cabe ressaltar que o professor necessita construir, de maneira intencional, um modelo pedagógico relacional que aproxima o mundo material (contexto) e o conhecimento científico (conceito). Em outros termos, criar relações entre os eixos pedagógicos e epistemológicos, que determinam abordagens com ênfase no conteúdo ministrado em sala de aula e a prática que será realizada (Silva e Wartha, 2018).

Essas práticas também contribuem para que as aulas envolvendo o ensino de Ciências sejam menos centradas no professor, pois o dinamismo da aula experimental favorece a evolução da aprendizagem de conceitos científicos abstratos, além dos estudantes atuarem na construção de seu próprio conhecimento. Além do mais, a visualização de algo concreto, por meio de experimentos, atribui significado às imagens mentais até então abstratas para os alunos (Barreto *et al.*, 2017).

O estudo inicial de eletroquímica pode ser feito pela utilização de dois temas, sobre os quais a ampla maioria dos alunos já ouviu falar: pilhas e eletrólise. Evidenciou-se no presente estudo que os experimentos que envolvem pilha são mais difundidos, havendo poucas sugestões para experimentação envolvendo eletrólise, a qual também tem grande importância industrial. Ademais, empresas do ramo

A experimentação desperta forte interesse nos alunos, os quais atribuem à aula prática um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos (Giordan, 1999).

metalmecânico buscam profissionais que apresentam conhecimentos prévios de galvanização, tornando-se pertinente a implementação desse assunto nas disciplinas curriculares (Monasa, 2015).

Sendo assim, a partir da reprodução, em nível laboratorial, do processo industrial de eletrogalvanização – também conhecida por galvanização a frio – propõe-se ensinar a técnica de produção de um revestimento de zinco que é protetor contra a corrosão. Salienta-se que os processos industriais podem conter parâmetros específicos quanto à utilização de diferentes tipos de eletrodos, pH, corrente, temperatura, agitação e utilização de aditivos no banho eletrolítico. No entanto, a proposta deste artigo é demonstrar de forma simplificada esse processo, contextualizando-o com conceitos fundamentais de eletroquímica. Sugere-se uma discussão paralela com os alunos acerca dos diferentes parâmetros, esclarecendo sua influência no produto final.

O desenvolvimento dessa prática proporciona uma fácil assimilação de conceitos sobre: propriedades dos metais, reações de oxirredução, corrosão, reações não espontâneas e eletrólise.

Fundamentação Teórica

A eletroquímica estuda a relação entre reações químicas e eletricidade. Certas reações são capazes de realizar trabalho¹ a partir da oxirredução, gerando eletricidade. Esse é o caso das pilhas. De outra forma, quando as reações só ocorrem ao receber trabalho elétrico, o processo é conhecido como eletrólise (Brett, 2017). A Figura 1 mostra, de forma resumida, a dinâmica dessas reações, as quais ocorrem a partir da transferência de elétrons, sendo capazes de transformar energia química em energia elétrica e vice-versa (Atkins e Jones, 2006).

Essa transferência de cargas pode ser catódica, na qual a espécie é reduzida pelo ganho de elétrons; ou anódica, na qual a espécie é oxidada, perdendo elétrons. Um processo eletroquímico só pode ocorrer em uma célula que apresente ambas as reações, catódica e anódica, simultaneamente (Gentil, 2014).

A eletrólise é um processo não espontâneo no qual é necessário aplicar energia ao sistema para que ocorram as

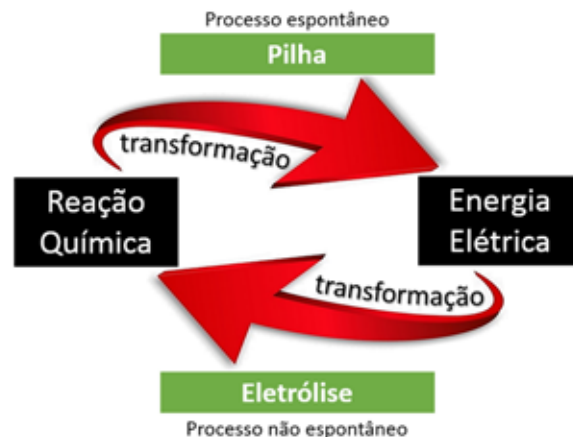


Figura 1: Representação esquemática das transformações que ocorrem em processos eletroquímicos.

reações. Esse processo pode dar-se de duas formas: ígnea ou em um solvente. A eletrólise ígnea é realizada com o eletrólito fundido e, portanto, na ausência de solvente (água, por exemplo). Quando se utiliza um solvente (exemplo: meio aquoso), o sal composto pelo cátion de interesse é dissolvido na solução. Nesse caso, pode-se utilizar eletrodos ativos – que participam da reação – ou inertes (platina ou grafite) – que não participam da reação como reagentes, ou seja, não são oxidados nem são reduzidos durante a eletrólise, atuando principalmente na condução dos elétrons (Fonseca, 2017).

A eletrólise, quando objetiva o revestimento metálico de uma peça, também pode ser chamada de eletrodeposição. Ela proporciona propriedades superiores ao substrato pela formação de uma fina camada metálica. Além do zinco, podem ser produzidos revestimentos de níquel, cromo, estanho, cobre, ouro ou prata (Gentil, 2014). Sua aplicabilidade abrange vários ramos, principalmente o da indústria automobilística, de bijuterias, de utensílios domésticos e construção civil.

A eletrodeposição de zinco no aço, conforme ilustrado na Figura 2, é utilizada como revestimento protetor contra corrosão em ligas ferrosas. O mecanismo de proteção ocorre de duas maneiras: uma barreira que impede o contato do oxigênio e umidade com o ferro, como também pela oxidação preferencial do zinco, o qual apresenta a maior reatividade do par metálico, perdendo elétrons em lugar do ferro. A liga Fe-C é catodicamente protegida pela corrosão anódica

O processo de corrosão ocorre por uma reação espontânea (pilha eletroquímica). O ar atmosférico, rico em água (H₂O) e oxigênio (O₂), se comporta como catodo reduzindo o oxigênio e consequentemente formando íons hidróxido (OH⁻). A dissolução do ferro, promovido a anodo, causa perfurações na peça metálica (pites de corrosão). O hidróxido de ferro, Fe(OH)₂, formado pela reação entre o ferro e os íons hidróxido, rapidamente se oxida formando óxido de ferro, 4Fe(OH)₃, comumente chamado de ferrugem.

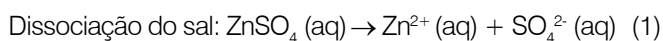


Figura 2: Representação esquemática de reações químicas e eletroquímicas que ocorrem em uma peça metálica, tendo uma região revestida com zinco e outra região sem proteção exibindo produtos de corrosão (ferrugem).

do revestimento de zinco, também chamado de anodo de sacrifício (Gentil, 2014).

Reações decorrentes do processo de galvanização

No caso de se utilizar no anodo um eletrodo ativo de zinco e no banho eletrolítico o sulfato de zinco, deve-se levar em conta a descarga seletiva de cátions e ânions que ocorre em meio aquoso (Fonseca, 2017). Além dos íons formados na hidrólise do sal dissolvido na solução eletrolítica (Equação 1), há os íons fornecidos pela oxidação do anodo (Zn^{2+}), e ainda existem os íons provenientes da autoionização da água (H^+ e OH^-), que apesar de ocorrer em uma escala muito pequena, possibilita duas alternativas de cátions para se descarregarem no catodo e duas alternativas de ânions para se descarregarem no anodo.



Íons menos reativos se descarregam primeiro; assim, o íon $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ é reduzido para $\text{Zn}^0 (\text{s})$ durante o processo de eletrodeposição. No entanto, reações paralelas podem ocorrer durante a galvanização (Yu *et al.*, 2013; Rodine, 2020). Dependendo do metal do anodo ou do meio ser neutro, básico ou ácido, pode-se ter geração de gás hidrogênio ou oxigênio (Martins, 2009).

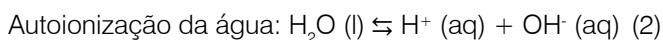
No caso de uma baixa concentração hidrogeniônica, por exemplo, pode ocorrer a oxidação da água no anodo para produzir oxigênio, que adsorve sobre o anodo e se desprende na forma de bolhas de gás; e a redução da água no catodo para produzir hidrogênio, que também adsorve sobre o catodo e se desprende na forma de bolhas de gás.

A codeposição de hidrogênio pode resultar em fragilidade da camada depositada e, por migração e difusão no substrato, resulta no que se conhece como “fragilização por hidrogênio” (Schwartz, 1994). Para minimizar esses fatores são utilizados aditivos que, para este caso didático, não serão considerados.

Autoionização da água

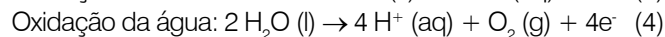
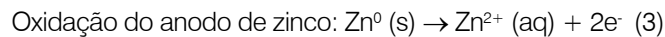
A autoionização, também chamada de autoprotólise (Equação 2), ocorre devido à transferência incessante de prótons entre moléculas de água, umas agindo como doadoras de prótons e outras como receptoras de prótons. A reação é muito rápida em ambas as direções, e o equilíbrio está sempre presente na água (Atkins e Jones, 2006).

A contribuição da autoionização é um pouco difícil de visualizar, pois dentro de uma amostra de água somente uma pequena fração das moléculas se encontram na forma ionizada. Quando o pH da água é 7 e a temperatura está em 25 °C, tem-se 10^{-7} mols de íons hidrônio (H^+) e a mesma quantidade de íons hidroxila (OH^-) em um litro de água. É um número extremamente pequeno, tornando-se significativo somente para ácidos diluídos e soluções básicas (Atkins e Jones, 2006).



Reações anódicas

A oxidação do anodo de zinco (Equação 3), além de colaborar com a reposição de íons $\text{Zn}^{2+} (\text{aq})$ para o banho eletrolítico, é responsável pela corrente anódica $I_{\text{an},1}$. Durante o processo de oxidação do anodo podem-se formar óxidos e hidróxidos de zinco em sua superfície, deslocando o potencial hidrogeniônico para valores mais positivos, isto é, alterando o pH da solução. Isso faz com que tenha início da oxidação da água e a consequente produção de oxigênio (Equação 4), sendo responsável pela corrente anódica $I_{\text{an},2}$.

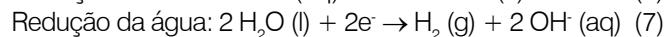
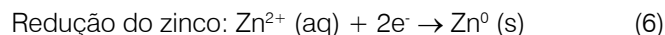


Ou seja, a eficiência de oxidação do zinco pode diminuir devido ao crescimento do óxido de zinco (ZnO) no anodo, e a formação de oxigênio pode aumentar devido à oxidação da água. A produção de oxigênio e o consequente aumento de íons $\text{H}^+ (\text{aq})$ contribui para acidificação do meio. A corrente anódica total (Equação 5) e o valor de cada corrente anódica parcial ($I_{\text{an},1}$ e $I_{\text{an},2}$) depende da eficiência (ϵ) de cada processo.

$$\text{Corrente anódica total: } I_{\text{an},t} = I_{\text{an},1} + I_{\text{an},2} \quad (5)$$

Reações catódicas

A redução do íon $\text{Zn}^{2+} (\text{aq})$, que ocorre sobre a peça a ser galvanizada (Equação 6), está associada à corrente catódica $I_{\text{c},1}$. Outra reação catódica possível é a redução da água (Equação 7). Esta contribuição é ínfima e a corrente associada é $I_{\text{c},2}$. Existindo esse fato, ocorre a formação de gás hidrogênio.



A corrente catódica total (Equação 8) depende da eficiência (ϵ) de deposição de zinco sobre o aço, como também da geração de hidrogênio.

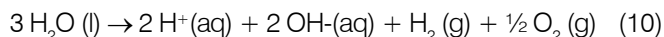
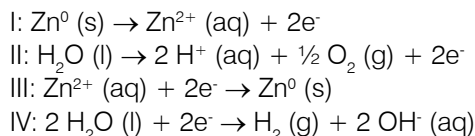
$$\text{Corrente catódica total: } I_{\text{c},t} = I_{\text{c},1} + I_{\text{c},2} \quad (8)$$

As correntes catódica e anódica devem ser iguais (Equação 9), ou seja, o número de mols de elétrons que entra no catodo deve ser o mesmo número de mols que deixam o anodo.

$$\text{Corrente catódica total: } I_{\text{an},t} = I_{\text{c},t} \quad (9)$$

Reação global

A reação global é representada pela Equação 10, obtida pelo balanço das reações I, II, III e IV. A Equação representa o processo de eletrólise de galvanização do zinco caso a eficiência de dissolução do Zn no anodo for a mesma da deposição de Zn no catodo.



Dependendo do processo, a relação entre a deposição e dissolução do zinco pode ser diferente. Caso a eficiência de deposição for maior do que a de dissolução, serão consumidos íons $\text{Zn}^{2+} (\text{aq})$ da solução e o balanço de cargas será dado pelo excesso de íons $\text{H}^+ (\text{aq})$ produzido na formação de oxigênio. Havendo isso, ocorrerá alteração de pH do banho eletrolítico entre o início e o fim do processo.

Se a eficiência da reação II (ϵ_{O_2}) aumentar com o tempo de eletrólise e a eficiência da reação IV (ϵ_{H_2}) diminuir, significa que sobrarão íons H^+ , responsáveis pela diminuição do pH da solução final após o processo de galvanização.

Materiais e reagentes para montagem do sistema de galvanização

A partir do que foi visto, para determinar um sistema de galvanoplastia é necessário definir a solução eletrolítica, os eletrodos e a forma de fornecimento de energia. Optou-se por uma solução aquosa produzida com sulfato de zinco, a qual exibiu pH 5. No anodo foi utilizado um eletrodo ativo a partir de um grânulo de zinco preso a uma garra do tipo jacaré, no qual ocorre a oxidação e a subsequente reposição de íons de zinco para a solução eletrolítica. Deve-se cuidar para que somente o zinco fique mergulhado na solução, evitando que ocorram reações concorrentes. Como catodo, utilizou-se um arame produzido com a liga ferrosa de aço carbono, na qual ocorre a deposição do zinco pela reação de redução.

Abaixo segue a lista de materiais necessários para a prática experimental:

- 01 Fonte de energia (pilha de 9V);
- 01 Palha de aço;
- 01 Lixa de granulometria 220 (opcional, no caso de decapagem mecânica);
- 01 Alicates;
- 06 Béqueres, ou vasilhames equivalentes;

- Zinco metálico em forma de chapa ou grânulos (opcional, no caso de optar pela utilização de eletrodo ativo);
- 02 Cabos condutores (podendo ser fios de cobre encapados);
- 40 mL de solução aquosa de sulfato de zinco, ZnSO_4 1 mol L^{-1} ;
- 40 mL de solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH 1 mol L^{-1} ;
- 40 mL de solução aquosa de ácido clorídrico, HCl 10%;
- Água;
- Peça metálica para galvanizar (sugestão: arame de aço carbono).

Procedimento

Primeiramente, ressalta-se a importância da escolha da peça metálica a ser galvanizada. Recomenda-se a utilização de peças de aço (liga Fe-C), pois industrialmente é o metal mais utilizado na galvanização. No entanto, muitos materiais à base de aço encontrados no mercado já são vendidos galvanizados. Nesses casos, se faz necessário realizar um procedimento anterior ao descrito neste item, para que seja removido o revestimento já existente. Outro fator importante a ser considerado é a possibilidade de moldar formas atrativas para os próprios alunos produzirem suas peças.

A Figura 3 mostra o metal utilizado para esta prática, conhecido comercialmente por “aramé queimado”, e também um exemplo de como produzir uma peça para ser galvanizada e utilizada como chaveiro, o qual o aluno pode levar consigo ao final da aula.

A Figura 4 reproduz, em escala de laboratório, o processo de galvanização, em que cada etapa é realizada em um béquer. Industrialmente, o processo é feito em grandes tanques.

Para reproduzir o processo de galvanização, basta seguir os passos abaixo:

- 1º passo: O béquer 1 contém hidróxido de sódio em solução aquosa 1 mol L^{-1} , representando a etapa de desengraxe. Industrialmente, essa etapa é responsável por remover óleos e gorduras, provenientes de processos anteriores como, por exemplo, da usinagem. Nessa prática o desengraxe é feito pela imersão da peça na solução pelo tempo de 30 segundos, para a remoção da gordura pelo



Figura 3: (a) Arame utilizado para galvanização com zinco. (b) Confeção da peça a ser zincada.

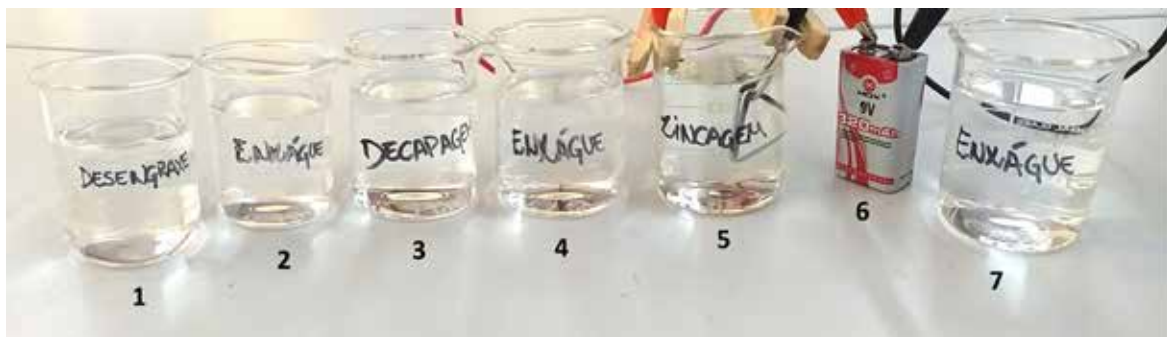


Figura 4: Reprodução de uma linha de galvanização industrial, na qual os béqueres representam os tanques.

contato da própria mão. A utilização de NaOH pode ser substituída por detergente e água, caso seja necessário utilizar um reagente menos agressivo.

2° passo: O béquer 2 contém água para o enxágue, evitando o carregamento de soluções para outros banhos ou possíveis contaminações por arraste.

3° passo: O béquer 3 contém solução aquosa de ácido clorídrico, na concentração de 10%, para decapagem. Industrialmente essa etapa é realizada com o objetivo de remover pontos de oxidação e outras impurezas presentes na superfície da peça. A decapagem química pode ser substituída pelo desbaste mecânico (com lixa ou palha de aço), ou seja, por métodos abrasivos.

4° passo: O béquer 4 contém água, novamente para enxágue, pelos mesmos motivos apresentados anteriormente.

5° passo: O béquer 5 contém solução eletrolítica de sulfato de zinco 1 mol L^{-1} , para produzir a eletrodeposição do zinco sobre o aço. O processo é realizado com fornecimento de corrente elétrica, para o qual pode-se utilizar qualquer fonte de corrente contínua. Para esse caso foi utilizada uma pilha de 9V, que possui energia suficiente para a reação ocorrer.

Tal como mostrado na Figura 4, o fio preto é conectado ao polo negativo da bateria e sua outra extremidade é conectada à peça que será galvanizada (catodo). De forma inversa, o fio vermelho é conectado ao polo positivo da pilha e sua outra extremidade é conectada ao grânulo de zinco metálico (anodo), que atuará como eletrodo ativo. A cor dos fios e a forma com que foram conectados aos polos obedece às convenções de normas técnicas. Deve-se tomar cuidado para que os eletrodos não encostem um no outro dentro da solução, pois é possível gerar danos à pilha, uma vez que o sistema entra em curto circuito. Apenas a título de curiosidade, recomenda-se observar o sistema por dois minutos antes de ligá-lo à fonte de corrente, para verificar que essa reação não é espontânea. Após o sistema ser conectado à pilha, a reação inicia com a deposição de íons Zn^{2+} sobre a peça de aço. Sugere-se deixar o sistema operar por 2 minutos, sendo tempo suficiente para observar a deposição.

6° passo: Após a deposição de zinco sobre o arame de aço, deve-se desconectar a peça do sistema e enxaguar novamente com a água do béquer 6, para remover o excedente de solução.

7° passo: Fazer o polimento da peça com palha de aço até que seja observado um brilho metálico característico de peças galvanizadas.

Discussão dos resultados

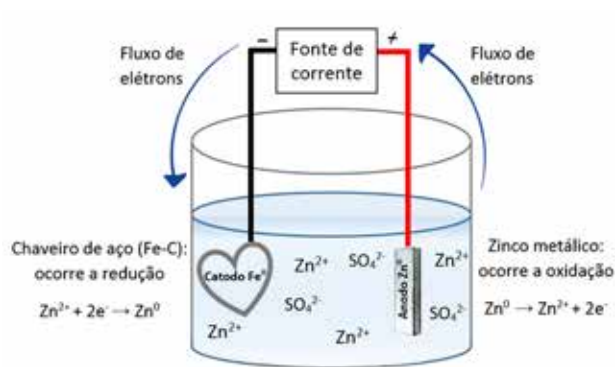
O sistema em estudo deixa claro dois processos eletroquímicos opostos: a pilha, originada de reações químicas espontâneas, algumas vezes indesejáveis, como ocorre no caso da corrosão; outras vezes desejáveis, como no caso do fornecimento de energia elétrica (pilhas ou baterias), que, por sua vez, é necessária para a ocorrência da eletrólise que é um processo não espontâneo. Nesse caso, a reação ocorre pois os elétrons são forçados para o catodo, por estar carregado negativamente, enquanto no anodo ocorre a oxidação do material, por ser carregado positivamente (Brown e Holme, 2009).

No caso da utilização de eletrodos ativos é comum, em livros didáticos, considerar somente as reações de oxidação e redução do zinco, conforme mostrado na Figura 5(a), com intuito de facilitar os cálculos. A reação que ocorre num eletrodo é a de redução e no outro de oxidação; a corrente é catódica na redução (potencial negativo) e anódica na oxidação (potencial positivo). Nesse caso, são desconsideradas as reações paralelas que possam ocorrer em função dos íons provenientes de reações com a água.

As imagens da Figura 5(b) ilustram o sistema de galvanização e a reação de eletrólise ocorrendo, na qual é possível observar que o grânulo de zinco foi oxidado (mudou de cor), ou seja, perdeu elétrons. Observa-se, ainda, que a peça que estava sendo galvanizada recebeu uma camada de zinco e houve formação de gás hidrogênio (bolhas aderidas na peça). Os fatores que influenciam na geração de gás hidrogênio ou oxigênio incluem: composição do banho eletrolítico, metal usado como eletrodo, temperatura, entre outros (Schwartz, 1994).

As reações discutidas anteriormente e que, muito provavelmente, são as principais reações que ocorrem na eletrodeposição do zinco estão de acordo com os fatos observados.

Outro caso interessante, que pode ser discutido com os alunos, é a medição do pH da solução ao fim do processo de galvanização. Utilizou-se papel indicador universal e verificou-se que a solução eletrolítica apresentou pH 2 ao final do processo. Isso ocorre porque, no decorrer do tempo de

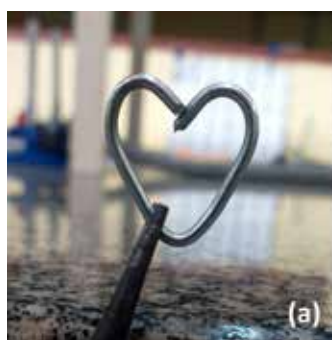


(a)



(b)

Figura 5: (a) Representação esquemática da célula eletrolítica do sistema de galvanização com zinco. (b) Peça sendo galvanizada. No catodo percebe-se a mudança de cor do aço e a formação de bolhas de gás hidrogênio. No anodo ocorre a mudança de cor devido à oxidação.



(a)



(b)

Figura 6: (a) Imagem da peça após o processo de galvanização e polimento; (b) Imagem da peça galvanizada e transformada em chaveiro para o aluno levar de recordação.

eletrólise, predomina a reação anódica paralela de formação de oxigênio sobre a reação paralela de formação de hidrogênio, tendo como consequência o aumento da quantidade de íons H^+ (aq) na solução, que consequentemente aumenta seu potencial hidrogeniônico, diminuindo seu valor de pH. É muito importante notar que a solução é sempre eletricamente neutra, conforme se mostra na Equação 10.

Lembrar que essas reações só ocorreram devido à corrente elétrica imposta, que gerou um fluxo ordenado de elétrons inverso ao de uma reação espontânea. A bateria polariza os eletrodos, ocasionando no anodo um excesso de cargas positivas, causando a dissolução do zinco, levando íons Zn^{2+} para a solução, e, consequentemente, a perda de massa do grânulo de zinco. Caso não fosse utilizado um eletrodo ativo de zinco, quando os íons Zn^{2+} da solução fossem exauridos, a reação de eletrodeposição iria cessar. Por outro lado, o chaveiro de aço polarizado com carga negativa atrai os íons Zn^{2+} , acarretando a deposição de uma camada zinco e, portanto, no aumento de massa da peça.

As imagens da Figura 6 mostram a peça galvanizada após o polimento e transformada em um chaveiro, que o aluno pode levar consigo após a aula prática.

Considerações finais

Tão importante quanto a teoria, a prática experimental se mostra uma aliada eficaz para a aprendizagem significativa do aluno.

O ensino da eletroquímica, pela experimentação de um processo industrial, mostra ao aluno uma visão sobre a importância e pertinência do assunto.

A prática experimental possibilita maior interação entre aluno e professor, proporcionando maior assimilação dos conceitos teóricos.

A alfabetização científica, construída com uma prática experimental, permite que os alunos passem a questionar o mundo e os fenômenos a sua volta, despertando-lhes a curiosidade pelo aprender e entender.

Por fim, conclui-se que, além de correlacionar a química com materiais e objetos do cotidiano dos alunos, pode-se enfatizar sua aplicabilidade na indústria, estabelecendo relações mais próximas entre o conhecimento científico e o mundo material, ou seja, entre o conceito e o contexto.

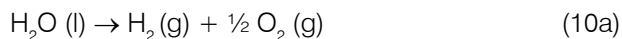
Questões Propostas

O professor pode estimular o raciocínio dos alunos acerca do processo de galvanização ao simular situações reais de produção. As equações apresentadas consideram a eficiência do processo de 100%; contudo, as eficiências de oxidação do Zn metálico e de redução dos íons Zn^{2+} podem ser diferentes disso.

Por exemplo:

- Qual o resultado do processo, caso a eficiência anódica do Zn seja menor do que 100% e a eficiência catódica de Zn seja igual a 100%? Resposta: Ocorrerá deposição

- de zinco com o desprendimento de oxigênio no anodo.
- b) E se a eficiência catódica for menor do que 100% e a eficiência anódica for igual a 100%? Resposta: A deposição de zinco acontecerá com o desprendimento de hidrogênio no catodo.
- c) Como ficaria a Equação 10 (reação global), no caso de haver eficiência anódica e catódica do Zn iguais? Resposta: A equação poderia ser simplificada conforme mostrado na Equação 10(a):



Referências

- ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H.; CRUZ, M. C. P. Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos. *Química Nova na Escola*, v. 39, p.52-58, 2017.
- BRETT, C. M. e BRETT, A. M. O. *Electrochemistry: Principles, Methods and Applications*. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- BROWN, L. S. e HOLME, T. A. *Chemistry for Engineering Students*. 2ª ed. Belmont: Brooks/Cole, 2011.
- CHASSOT, A. *Alfabetização Científica: questões e desafios para o ensino*. 6ª ed. Ijuí: Unijuí, 2014.
- FONSECA, M. R. M. *Química: Ensino médio*. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2016.
- GENTIL, V. *Corrosão*. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, p.43-49, 1999.
- LIMA, V. A. e MARCONDES, M. E. R. Atividades experimentais no ensino da química: reflexões de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 23, n. extra, p. 1-4, 2005.
- MARTINS, D. F. *Estudo de banhos ácidos para substituição de banho alcalino cianídrico na eletrodeposição de zinco sobre pregos*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.
- MONASA, J. M. *Galvanização como tema motivador na*

Nota

¹Trabalho: Grandeza física que envolve transferência de energia pela atuação de uma força.

Letícia Vedana de Andrade (leticia.vdeandrade@gmail.com), técnica em Química pelo Instituto Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é graduanda de Engenharia Química pelo IFRS. Feliz, RS - BR. **Cinthia Gabriely Zimmer** (cinthia.zimmer@feliz.ifrs.edu.br), graduada em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e doutora em Ciência e Tecnologia dos Materiais (PPGE3M UFRGS). Atualmente é Professora no IFRS e faz parte do Programa de Pós-Graduação de Tecnologia e Engenharia dos Materiais (PPGTEM IFRS). Feliz, RS - BR.

disciplina de química tecnológica em um curso de engenharia de produção. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2015.

SCHWARTZ, M. *Deposition from aqueous solutions: an overview*. In: Handbook of deposition technologies for films and coatings. 2a. ed., p. 506 – 615, Los Angeles: s. i., 1994.

RODINE, C. C. *Influência do banho eletrolítico na camada de galvanização formada sobre aço carbono e sua resistência à corrosão*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2020.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C. e CRUZ, M. C. P. Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 40, p. 258-266, 2018.

SILVA, E. L e WARTHA, E. J. Estabelecendo relações entre as dimensões pedagógica e epistemológica no Ensino de Ciências. *Ciência e Educação*, v. 24, p. 337-354, 2018.

SILVA, L. O.; PEREIRA, T. C.; SANTOS, L. S. e AMARAL, L. C. S. O ensino de eletrólise e a galvanização: Influência da voltagem e da compatibilidade de materiais. *Meta*, v.1, p.312-317, 2016.

YU, Y. D.; WEI, G. Y.; LOU, J. W.; GE, H. L.; SUN, L. X. e ZHU, L. Z. Influence of bath temperature on zinc plating and passivation process. *Surface Engineering*, n. 3, p. 234-240, 2013.

ZANONI, M. V. B.; BORGES, A. S.; BENEDETTI, A. V.; YAMANAKA, H.; SOTOMAYOR, M. P. T.; BESSEGATO, G. G.; STRADIOTTO, N. R.; ZANTA, C. L. P. S. E ANDRADE, A. R. Panorama da eletroquímica e eletroanalítica no Brasil. *Química Nova*, v. 40, n. 6, p. 663-669, 2017.

Abstract: *Galvanization: a proposal to electrochemistry teaching.* Galvanization is an industrial process in which a protective zinc coating is applied to steel to prevent rusting. This article describes an experiment of zinc plating by electrolysis for the teaching of fundamental concepts about electrochemistry. The experiment intends to enable students in establishing closer relations between scientific knowledge and the material world, and to arouse interest in science and technology.

Keywords: electrochemistry, electrolysis, galvanization.

Uma visão multi e interdisciplinar a partir da prática de saponificação

Roger Borges, Kamila Colombo, Tiago Favero e João H. Borges

O presente trabalho propõe uma análise multi e interdisciplinar entre Química, Biologia, Estatística e Matemática, por meio de questionamentos norteadores da prática de saponificação. Neste artigo, ressalta-se o papel fundamental da experimentação embasada em conhecimentos teóricos, e orientada para seu maior aproveitamento e abrangência dos potenciais temas de estudos das diversas áreas de ensino, direta e indiretamente ligados ao fenômeno observado. Além disso, os materiais e procedimentos experimentais podem ser adequados às diversas realidades de instituições de ensino no país, e vinculados ao cotidiano dos estudantes, levando em consideração seus conhecimentos prévios, para que então o indivíduo utilize o conhecimento científico para se integrar à sociedade por meio do desenvolvimento prático e investigação norteada pelo professor sempre associada ao desenvolvimento teórico.

► questionamentos norteadores, multi e interdisciplinaridade, experimentação ◀

Recebido em 8/07/2020, aceito em 20/10/2020

305

A concepção de que a experimentação é uma ferramenta essencial nas aulas de Química e outras ciências, seja no nível básico ou superior, já é algo consolidado na educação (Leite, 2018) tanto para professores quanto para estudantes (Lisbôa, 2015; Gonçalves e Marques, 2016).

No entanto, atividades de laboratório desvinculadas de qualquer estudo teórico e questionamentos norteadores tendem a não instigar o caráter investigativo nos estudantes (Gaspar e Monteiro, 2005). Uma das propostas para garantir o bom aproveitamento no processo ensino-aprendizagem pautado na experimentação é a que conduz a situações reais, intimamente ligadas ao cotidiano e a conhecimentos prévios dos estudantes (Silva *et al.*, 2018; Marcos-Merino *et al.*, 2019; Silva e Soares, 2013; Leite, 2018). Contudo, é fundamental a problematização para contextualização do estudo, fazendo com que os estudantes comparem os conhecimentos já

[...] é fundamental a problematização para contextualização do estudo, fazendo com que os estudantes comparem os conhecimentos já adquiridos com os novos, sustentados pela discussão teórica e proporcionando desta maneira uma aprendizagem efetiva (Caamaño, 2018).

adquiridos com os novos, sustentados pela discussão teórica e proporcionando desta maneira uma aprendizagem efetiva (Caamaño, 2018). Essas questões podem se inserir antes ou depois da atividade prática, reportada como experimentação ilustrativa ou investigativa, respectivamente (Silva *et al.*, 2015).

Uma das possibilidades de experimentação problematizadora é a utilização de resíduos da indústria que possam ser reciclados ou utilizados como reagentes na produção de novos produtos (Genovese *et al.*, 2020). A especial preocupação envolvendo os resíduos se deve ao fato que eles são produzidos em larga escala pelo ser humano, tornando-se um importante tema de discussão na atualidade dentro do âmbito multi e interdisciplinar. Almeja-se encontrar e aplicar as formas de reutilização, reciclagem e descarte mais adequadas para os resíduos, visando menor impacto ao ambiente (Silva e Puget, 2010). Por exemplo, os óleos vegetais, provenientes dos processos de frituras dos alimentos, podem transformar-se em grandes vilões caso seu descarte seja feito de maneira inadequada, ou importantes matérias-primas se reutilizados em outros processos de produção (Mello *et al.*, 2019; Eilks, 2002). No contexto

A seção "Experimentação no Ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.



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

dessa problemática surgem as potencialidades de um dado experimento realizado ser vinculado aos temas de estudo de outras áreas e disciplinas, desenvolvendo preferencialmente o estudo interdisciplinar, além de uma verificação multidisciplinar.

O presente estudo se baseia no desenvolvimento da experimentação pela prática de saponificação como ferramenta facilitadora do desenvolvimento multi e interdisciplinar em diferentes áreas de estudo que estão diretamente ligadas, ou podem potencialmente ser vinculadas ao experimento proposto. Tal desenvolvimento requer alguns questionamentos orientadores do estudo, a fim de que a prática realizada não se limite a observações pontuais no laboratório, mas instigue o estudante a buscar responder o que foi observado na prática e ir além, buscando a contextualização dos aspectos abordados (Galiazzi e Gonçalves, 2004).

Vale ressaltar que a proposta desse artigo também se fundamenta em documentos legais. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM e PCN+) deixam clara a importância da articulação entre áreas do conhecimento e da harmonização entre teoria e prática. Destaca-se também a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), que cita o papel fundamental das práticas de investigação e experimentação, e como estas podem conduzir o aluno a formular hipóteses acerca dos problemas, elaborar argumentos e explicações para os fenômenos, usando a linguagem científica (Brasil, 2018).

Nesse contexto, Souza e Fernandes-Sobrinho (2018) destacam que o alinhamento do ensino com a BNCC deve ser pautado principalmente em questões socioeconômicas, interdisciplinaridade e argumentação. Silva e Patata (2017) discorrem que a BNCC vem sendo discutida com avanços e retrocessos, ressaltando a importância do ensino de Química numa perspectiva sócio-histórica. Os autores propõem atividades de debates nas quais a argumentação possui papel formativo. Queiroz *et al.* (2016) corroboram a relevância da argumentação na formação científica dos alunos e a utilização de tais argumentos como base na tomada de decisões diante de questões sociocientíficas.

Com base nisso, e sabendo que a grande área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias é intrinsecamente interdisciplinar, a proposição deste artigo entra em consonância com a BNCC, contemplando pelo menos duas habilidades específicas vinculadas ao texto original, conforme códigos EM13CNT205 e EM13CNT301 (Brasil, 2018). As especificações também podem ser encontradas no site do Ministério da Educação (MEC)¹.

Assim sendo, neste trabalho é apresentado um roteiro experimental para a reação de saponificação, e uma proposta metodológica baseada em questionamentos norteadores

para o desenvolvimento multi e interdisciplinar da Química, Biologia, Estatística e Matemática.

Proposta metodológica

A proposta metodológica baseia-se na experimentação para o desenvolvimento de temas de Química, Biologia, Estatística e Matemática, não limitando as possibilidades de vinculação no âmbito de outras áreas.

Com o desenvolvimento do procedimento experimental, o estudante é instigado pelos fenômenos observados, que são vinculados aos temas de estudo abordados nas disciplinas de Química. Isso torna o aprendizado uma situação concreta, fazendo com que temas de estudo muitas vezes complexos, como mecanismos de reações orgânicas, encontrem uma aplicação direta na vida acadêmica e social dos estudantes.

Em outro momento, prévio ou posterior ao experimento, os estudantes são convidados a refletir sobre o fenômeno visto ou a ser evidenciado, possibilitando uma visão além da prática de laboratório. Isso pode ser norteado por questionamentos multi e interdisciplinares que estão direta ou indiretamente vinculados à prática de saponificação.

O desenvolvimento experimental

No desenvolvimento do procedimento experimental a prática é essencialmente baseada em materiais e reagentes que muitas vezes podem ser encontrados ou adaptados para o cotidiano dos estudantes. Todavia, para aumentar o caráter científico, algumas vidrarias e equipamentos de laboratório foram utilizados, sendo igualmente importante dentro da formação acadêmica dos estudantes, ou seja, saber utilizar e manipular vidrarias e equipamentos básicos e cuidados em um laboratório.

O presente estudo se baseia no desenvolvimento da experimentação pela prática de saponificação como ferramenta facilitadora do desenvolvimento multi e interdisciplinar em diferentes áreas de estudo que estão diretamente ligadas, ou podem potencialmente ser vinculadas ao experimento proposto.

Roteiro da prática

Materiais:

- 1 balde de plástico (onde são misturados os reagentes).
- 1 vidro de relógio (para pesar a soda cáustica (NaOH)).
- 1 bastão de plástico ou colher de madeira (para agitar a mistura).
- 1 proveta de 1000 mL (usada para medir volumes dos reagentes).
- 1 caixa de leite UHT vazia – embalagem Tetra Pak® (onde é enformado o sabão para maturar).

Reagentes:

- 1000 mL de óleo vegetal usado e filtrado.
- 200 g de soda cáustica (NaOH).
- 50 mL de desinfetante comercial aromatizado.
- 400 mL de água destilada.

Equipamentos:

- Balança analítica.

- Capela de exaustão.

Procedimento:

- Medir 400 mL de água destilada e separar.
- Medir 1000 mL de óleo e separar.
- Pesar 200 g de soda cáustica (NaOH) e inserir no balde de plástico (1), em seguida adicionar (em capela de exaustão) 400 mL de água destilada (2) (**CUIDADO! HÁ GRANDE LIBERAÇÃO DE CALOR!**). Com ajuda do bastão de plástico dissolver com cuidado todo o conteúdo de NaOH (3).
- Adicionar 1000 mL de óleo vegetal à solução de NaOH preparada (4), lentamente e sob agitação constante por pelo menos 30 minutos (5).
- Adicionar 40 mL de desinfetante aromatizado, agitando novamente (6).
- Despejar a mistura preparada em embalagens Tetra Pak recicladas (caixas de leite, por exemplo) (7).

Após sete dias o sabão já sólido é desenformado e cortado em pedaços menores, seguindo por mais quatro dias em maturação. Depois disso, o sabão produzido pode ser embalado em jornais antigos. A etapa de maturação é fundamental para garantir que toda a soda cáustica reaja com o óleo produzindo o sabão de boa qualidade e com pH de acordo com a legislação referente ao produto.

Abordagens teórico-experimentais que podem ser exploradas a partir do experimento

Além do desenvolvimento da prática, alguns questionamentos são essenciais para direcionar a interpretação do experimento e a relação com temas de estudo de Química e outras áreas de estudo como a Biologia, Matemática, Estatística, etc. Esses questionamentos podem ser feitos na forma de relatórios, avaliações, seminários, ou mesmo discussões em grupos, neste último caso possibilitando maior troca de informações para a construção do conhecimento. Alguns questionamentos são sugeridos a seguir:

Em Química

1. Qual é a estequiometria da reação de saponificação? Qual o reagente limitante e em excesso de acordo com a prática desenvolvida?
2. Explique por que a preparação da solução de soda cáustica libera calor? Como ele é utilizado na reação?
3. Qual o mecanismo reacional da primeira etapa da reação de saponificação?
4. Quais as funções dos óleos de cozinha e da soda cáustica na reação de produção de sabão (substrato ou nucleófilo)?

Em Química e Biologia

Em muitos aspectos o estudo da Biologia se relaciona com o estudo da Química, principalmente quando envolve a Química Ambiental. Essa é uma importante abordagem que possibilita instigar o interesse e a compreensão de mundo não só de estudantes que possuem afinidade com as Ciências da Natureza, destacando a importância da inter-relação das ciências como um conhecimento interdependente. Para promover a interdisciplinaridade entre essas duas ciências, alguns questionamentos são sugeridos a seguir:

1. Por que o sabão é um bom produto de limpeza? Relacione a resposta com a polaridade das moléculas (formação de micelas).
2. Compare as características dos sabões comuns ou detergentes líquidos e dos sabões biodegradáveis.
3. É verdade que o sabão é bom quando faz muita espuma? Quais as consequências ambientais do acúmulo de espuma e óleo em rios, por exemplo?
4. Qual a destinação final adequada para os óleos de cozinha? Por quê?

Em Estatística e Matemática

Outra potencial aplicação de práticas de laboratório de Química de um modo geral, que infelizmente ainda não é muito explorada, se insere nos temas de estudo de Estatística e Matemática. Para esse desenvolvimento, o levantamento de

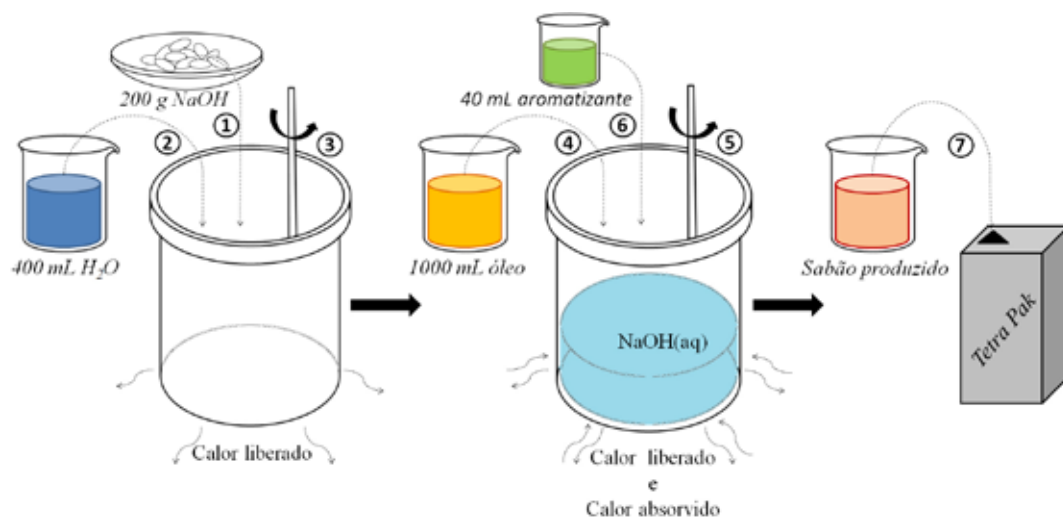


Figura 1: Esquema ilustrativo das etapas do procedimento experimental. (Os béqueres utilizados na Figura 1 foram editados a partir de um modelo da Servier Medical Art, licenciados sob uma Licença não portada Creative Commons Attribution 3.0 [https://smart.servier.com]).

custos da produção e comparação com valores comerciais do produto (sabão em barra) pode ser uma estratégia eficiente para a projeção de estimativas de lucros de produção. Além da aplicação de regras de três, proporcionalidade, cálculos envolvendo média aritmética e desvio padrão, etc. Alguns questionamentos são sugeridos a seguir:

1. O que são variáveis direta e inversamente proporcionais? Cite quais poderiam ser essas variáveis na reação do experimento.
2. Pesquise em estabelecimentos comerciais os preços de, no mínimo, três marcas comerciais de sabão de soda cáustica em barra e anote em uma tabela. Em seguida, utilizando regra de três converta esses valores para cada quilograma de sabão. Calcule a média aritmética e o desvio padrão dos valores coletados.
3. Pesquise em estabelecimentos comerciais os preços de, no mínimo, três marcas comerciais de todos os reagentes utilizados no experimento e anote em uma tabela. Em seguida, calcule a média aritmética, desvio padrão e o total dos valores coletados.
4. Compare os custos de produção com os valores do produto comercial e monte gráficos ou curvas de projeção da estimativa de lucros de produção (desconsiderando a aplicação de impostos).

Aplicação do desenvolvimento experimental

A prática proposta foi desenvolvida com estudantes do curso Técnico em Alimentos do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – Campus São Miguel do Oeste. Após uma semana, o sabão biodegradável produzido pelos estudantes foi desenformado, cortado, testado e finalmente embalado. A Figura 2 mostra algumas imagens das etapas finais do produto obtido.

Pelo teste qualitativo dos estudantes quanto à eficiência na limpeza e produção de espuma, de modo geral, houve boa aceitabilidade. Após a embalagem do sabão, as equipes concordaram em doar as barras de sabão produzidas para caridade.

A aplicação das abordagens teórico-experimentais multi e interdisciplinares

Aplicação em Química

1. Qual é a estequiometria da reação de saponificação?

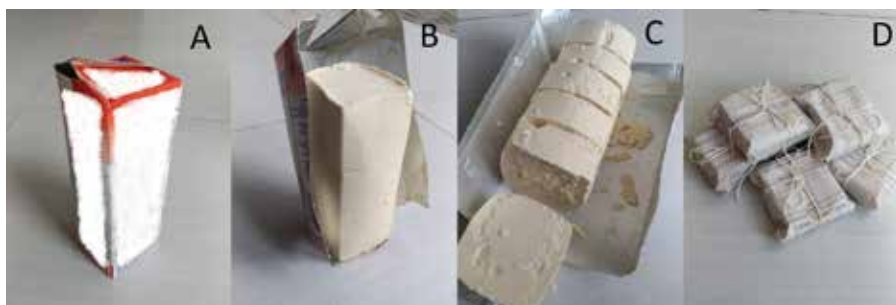


Figura 2: Imagens do processo de desinforme e embalagem do sabão produzido na prática.

Qual o reagente limitante e em excesso de acordo com a prática desenvolvida?

Para responder ao primeiro questionamento proposto, os estudantes podem desenvolver o estudo de estequiometria de reações químicas. Dada toda a complexidade envolvida na composição do óleo de cozinha utilizado como matéria-prima na produção do sabão, para facilitar os cálculos estequiométricos é comum retratar a reação química de saponificação de forma genérica, em que os três grupos funcionais R^1 , R^2 e R^3 correspondentes aos ácidos graxos formadores do triglicerídeo reagem, cada um deles, com um mol de base (totalizando três mols de NaOH) (Silva e Puget, 2010).

Entretanto, com uma análise mais aprofundada o estudante irá verificar que a estequiometria das reações é dependente do grau de pureza dos reagentes e suas composições centesimais. Além disso, o óleo de soja possui originalmente variação na sua composição química. Estima-se um conteúdo de 9,9-17,9% de gorduras saturadas e aproximadamente 84,0% de compostos insaturados, principalmente os derivados do ácido linoleico (polinsaturado) (49,7-56,9%) e oleico (monoinsaturado) (17,0-26,0%) (Jorge *et al.*, 2005; Machado *et al.*, 2008).

Outra investigação importante se relaciona às mudanças químicas e estruturais, pois o óleo, originalmente glicerídeo do ácido linoleico, após a fritura passa por mudanças no perfil centesimal, aumentando significativamente a quantidade de ácidos graxos saturados e monoinsaturados (Lopes *et al.*, 2004; Corsini *et al.*, 2008). Diante dessa alteração é possível representar a reação de saponificação considerando o triglicerídeo do ácido oleico (trioleína), em vez do linoleico, como principal componente do óleo (Figura 3).

Assim, de acordo com a reação, o professor pode orientar os estudantes no desenvolvimento do cálculo estequiométrico, a fim de responder a indagações pertinentes a este tema de estudo. Considerando a massa molar da trioleína, 885,43 g mol⁻¹ e densidade 0,91 g cm⁻³ (Merk, 2020):

885,43 g reagem com ----- 3,00 mol . 40,00 g mol⁻¹ = 120,00 g de NaOH, portanto:
 910,00 g (1000,00 cm³ . 0,91 g cm⁻³) ----- m_{NaOH} (g de NaOH)
 $m_{NaOH} = 123,33$ g de NaOH, desconsiderando-se o grau de pureza do NaOH.

Como foram adicionados 200,00 g de NaOH, esse

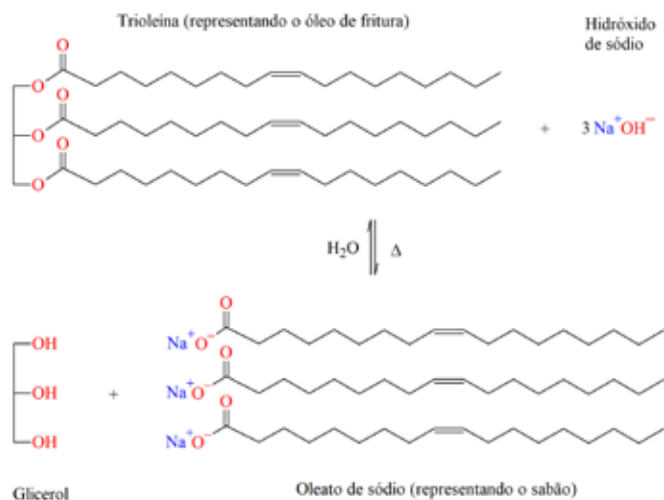


Figura 3: Reação de saponificação considerando a trioleína como principal componente do óleo de soja reutilizado.

reagente está em excesso e, portanto, o óleo é o reagente limitante.

A quantidade em excesso corresponde a:

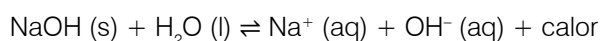
$$\text{massa}_{\text{inicial}} - \text{massa}_{\text{consumida}} = \text{massa}_{\text{excesso}}$$

$$200,00 - 123,33 = 76,67 \text{ g de NaOH.}$$

Outra maneira de relacionar as quantidades é a partir da massa utilizada de NaOH como referência, chegando-se à mesma conclusão. Quando se trabalha experimentalmente, a partir de uma situação real, os temas de estudo da química se entrelaçam, diferentemente da fragmentação conteudista tradicional. A discussão sobre a estequiometria e o excesso de NaOH podem trazer novos questionamentos como dúvida dos estudantes. Um exemplo seria: qual o fundamento de empregar o reagente em excesso? Nesse caso é possível estudar o equilíbrio químico, pois aumentando a concentração do reagente aquoso (NaOH) o equilíbrio da reação se desloca para a direita no sentido da formação do produto (sabão). Cineticamente, espera-se que, com aumento na concentração dos reagentes, haverá maior probabilidade de colisão efetiva entre as espécies químicas.

2. Explique por que a preparação da solução de soda cáustica libera calor. Como ele é utilizado na reação?

Outro aspecto relevante no estudo da reação de saponificação que pode ser trabalhado com os estudantes envolve a termoquímica. A dissolução do NaOH é um fenômeno tipicamente exotérmico (libera calor), devido à quebra das ligações iônicas em água, que conduzem à redução da energia potencial e aumento da energia cinética (Barros, 2009). Na dissolução do NaOH, a quebra do retículo cristalino do sólido é uma etapa endotérmica, seguida pela solvatação dos íons que é suficientemente exotérmica para resultar na liberação de calor do sistema para as vizinhanças:



Por outro lado, para que a reação de saponificação ocorra é necessário fornecimento de energia ao sistema, dadas as características termodinâmicas de uma saponificação, como para atingir a energia de ativação do processo (Petek e Krajnc, 2012). Essa discussão permite que os estudantes entendam a relação de energia envolvida na reação, pois o calor liberado na dissolução do hidróxido de sódio no preparo da solução é utilizado para favorecer a formação do produto da reação de saponificação. Na prática, muitos processos de fabricação de sabão utilizam aquecimento externo para acelerar o processo. Na sequência, para aprofundar o estudo o professor pode direcionar questionamentos mais detalhados sobre o mecanismo da reação de saponificação, que envolve a hidrólise básica de ésteres.

3. Qual o mecanismo reacional da primeira etapa da reação de saponificação?

A partir do quarto questionamento o foco é voltado para a Química Orgânica, mais especificamente para os mecanismos de reações orgânicas. São temas de estudo geralmente abordados no terceiro ano do Ensino Médio, e em disciplinas de Química Orgânica no Ensino Superior.²

A elucidação completa do mecanismo reacional envolvido nem sempre é uma tarefa fácil, mas isso pode permitir que o estudante desafie a si próprio e busque aplicar o conhecimento teórico estudado para aprofundar e estabelecer uma conexão efetiva com o aprendizado. No questionamento em questão a atenção é voltada para primeira etapa da reação de saponificação, com a intenção de que o estudante seja capaz de identificar o mecanismo da reação, ou seja, substituição nucleofílica bimolecular (SN2), visto que a hidroxila (OH⁻) da soda cáustica (NaOH) interage com o carbono do grupo R-COO-R do óleo, formando um composto intermediário. Em seguida, o intermediário sofre um processo de hidrólise, formando um ácido carboxílico (ácido graxo) e glicerolato de sódio. Por fim, esses dois compostos reagem via reação ácido-base, formando um sal de ácido carboxílico e glicerol, que compõem o sabão (Figura 4) (Kucek, 2004).

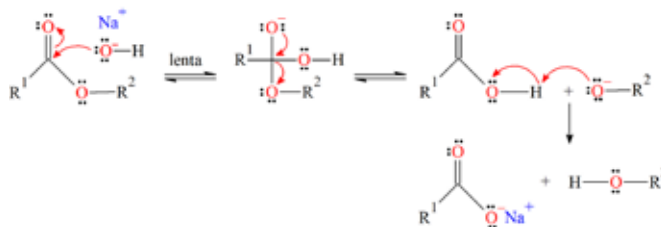


Figura 4: Mecanismo genérico da reação de saponificação.

4. Quais as funções dos óleos de cozinha e da soda cáustica na reação de produção de sabão (substrato ou nucleófilo)?

Depois da análise anterior se torna mais fácil entender qual a função do óleo e da soda cáustica no mecanismo reacional da saponificação. O nucleófilo geralmente é uma espécie neutra ou aniônica que ataca o substrato – no caso dessa reação, é o grupo OH⁻. Por sua vez, o

substrato é a espécie química que sofre o ataque, e geralmente é uma espécie neutra ou catiônica – neste caso é o óleo de cozinha.

Relato dos estudantes: “A soda cáustica reage com óleos e gorduras, convertendo-os em substâncias solúveis e fluidas. Nessa reação, os óleos de cozinha assumem a função de substrato e a soda cáustica a função de nucleófilo”.

“Todo sabão é produzido através de uma reação química, denominada de saponificação. A reação ocorre pela mistura de um ácido graxo presente em óleos e gorduras com uma base forte (NaOH) na presença de água. Os produtos formados são um sal e um álcool. Nessa reação química, o NaOH irá promover a aglutinação e a coagulação dos ingrediente líquidos e terá um papel de removedor das sujidades. O substrato dessa reação é a gordura, pois a partir dele derivam o glicerol e o sabão. O nucleófilo é o OH^- .”

Aplicação em Química e Biologia³

1. Por que o sabão é um bom produto de limpeza? Relacione a resposta com a polaridade das moléculas (formação de micelas).

Nesse questionamento, o estudante utiliza conhecimentos relativos à polaridade das substâncias. O estudo inclui substâncias polares, como a água, que possuem dois polos de cargas opostas, ou seja, uma parte positiva e outra negativa; e também há substâncias apolares, como a sujeira e a gordura, que não apresentam regiões distintas de cargas opostas. Estudando a solubilidade o estudante aprenderá que uma substância polar não tende a se solubilizar em outra apolar, pelo princípio de que “semelhante dissolve semelhante”. Assim, a limpeza unicamente com água não é efetiva, pois ela não irá interagir com a sujeira ou gordura. Neste ponto o sabão desempenha papel crucial, pois é um composto que está “no meio do caminho” entre a água e a sujeira por possuir em suas moléculas uma região de caráter apolar e outra de caráter polar. Com isso, a porção apolar do sabão interage com a sujeira ou gordura, e a porção polar interage com a água, formando pequenas cápsulas de gordura rodeadas por moléculas de sabão que são solúveis na água – essas pequenas cápsulas são chamadas de micelas (Figura 5) (Barbosa e Silva, 1995).

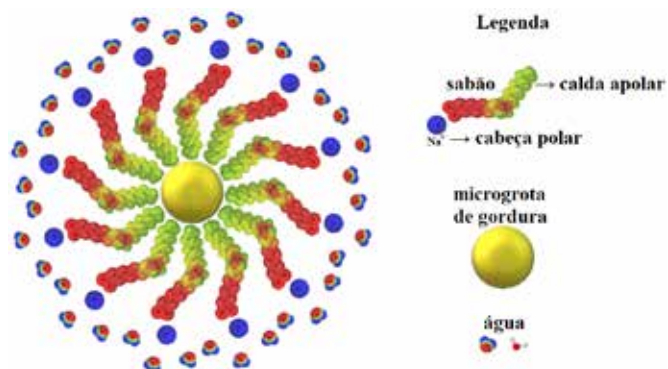


Figura 5: Representação da formação de uma micela em torno de uma gota de óleo.

Um aspecto importante do sabão no âmbito da Biologia e que envolve a Saúde Pública é a higienização pessoal – a qual evita, por exemplo, que a pessoa seja contaminada com um vírus presente na sua pele. Isso ocorre porque, assim como a sujeira e a gordura, a capa de proteção – a “pele” do vírus – tem caráter apolar, ou seja, quando o sabão entra em contato com o vírus faz com que ele seja arrastado pra longe do nosso corpo, ou que sua capa se dissolva, levando a sua inativação (Conover e Gibson, 2016).

2. Compare as características dos sabões comuns ou detergentes líquidos e dos sabões biodegradáveis.

Nesse caso, o estudante precisará entender como se relaciona a degradação do sabão com a atividade dos microrganismos presentes no ambiente. Isso demanda o conhecimento sobre hidrocarbonetos para entender o que é um composto linear e um ramificado, pois esta é a principal relação estrutural com a biodegradabilidade (degradação biológica). Cadeias ramificadas não são reconhecidas pelas enzimas produzidas pelos microrganismos do ambiente e responsáveis pela degradação do sabão. Assim, para ser classificado como biodegradável, o sabão deve possuir cadeia carbônica linear (Osorio e Oliveira, 2000). No Brasil, a legislação exige que os tensoativos comercializados (o que engloba também os sabões) sejam biodegradáveis.

3. É verdade que o sabão é bom quando faz muita espuma? Quais as consequências ambientais do acúmulo de espuma e óleo em rios, por exemplo?

A partir daqui o questionamento do estudante começa a se aprofundar no contexto socioambiental, ou seja, anteriormente a questão de biodegradabilidade foi discutida, agora o estudante precisa argumentar quanto ao uso desses produtos e o efeito ambiental de seu acúmulo em corpos aquáticos, como rios. Em sua busca, o estudante precisa compreender que a formação de espuma não necessariamente se relaciona com a qualidade do produto, que depende da capacidade de formar micelas com a sujeira ou gordura, como visto no primeiro questionamento. Na realidade, o excesso de espuma apresenta papel negativo tanto do ponto de vista prático, podendo afetar engrenagens de máquinas e tubulações, quanto pelo aspecto ambiental. A camada de espuma acumulada na superfície de ambientes aquáticos compromete a oxigenação adequada da água, levando à morte de animais e plantas desse ecossistema (eCycle, 2020). No caso do óleo, um experimento muito simples pode ser feito em paralelo com o da saponificação: ao misturarmos óleo e água, o óleo, menos denso que a água, ficará na parte superior. Esse comportamento também se observa quando o óleo está presente em rios, lagos, etc., e desse modo gera um efeito muito semelhante ao do acúmulo de espuma em corpos aquáticos.

4. Qual a destinação final adequada para óleos de cozinha? Por quê?

Essa questão propõe ao estudante o autoquestionamento com base em tudo que foi estudado e discutido até então.

Ou seja, a partir de toda a problemática discutida, será que o óleo de cozinha utilizado pode ser descartado no esgoto doméstico ou é preciso ter o devido cuidado e direcioná-lo adequadamente para tratamento ou reaproveitamento?

Nota-se que todo o estudo envolve o caráter ecológico e a percepção dos estudantes da importância em preservar o ambiente, podendo associar essa preservação com desenvolvimento econômico sustentável.

Relato dos estudantes: “O sabão e a água precisam ter uma parceria entre si, para que haja a limpeza da gordura. A água é uma substância polar, ou seja, tem a capacidade de atrair cargas elétricas. O sabão possui em sua molécula a cadeia orgânica apolar com a extremidade polar. A cadeia apolar não tem afinidade com a água e se mistura somente com substância oleosas; a extremidade polar tem afinidade com a água. Durante o processo de limpeza uma partícula de gordura é envolvida por moléculas da parte apolar do sabão que interage com uma camada de água (interação entre a parte polar do sabão e a água), formando então um sistema “água-sabão-gordura” que é chamado de micela; a micela permite que a água remova a gordura. O sabão interage com a água e a gordura unindo os dois, fazendo com que a gordura vá embora junto com a água.”

“As principais características dos sabões comuns e dos sabões biodegradáveis é que sua fórmula geral é alquil-benzeno-sulfonatos. Portanto, suas diferenças são significativas. Os detergentes biodegradáveis apresentam a sua cadeia carbônica diferente das dos sabões comuns. Os detergentes biodegradáveis não possuem ramificações nas cadeias carbônicas e são lineares. Para o detergente não ser biodegradável, é necessário que em sua cadeia haja ramificações. As enzimas presentes na água e produzidas através de microrganismos não conseguem diferenciar cadeias ramificadas; dessa forma, os detergentes não biodegradáveis permanecem na água sem sofrer modificações.”

“Por ser menos denso, o óleo forma uma camada sobre a água, que atrapalha o processo de fotossíntese das algas, mata animais marinhos por asfixia e atrapalha até as aves (o óleo adere a suas penas), além de afetar o ofício dos pescadores.”

“A destinação correta é coar o óleo e armazenar frio em uma garrafa PET ou qualquer outro frasco com tampa e fazer a doação a empresas ou entidades que fazem o reaproveitamento, pois ele pode ser transformado em resina para tintas, sabão, detergente, glicerina, ração para animais, biodiesel, produtos de agropecuária e matéria-prima para fabricação de outros produtos. A destinação incorreta leva à destruição do meio ambiente, como citado anteriormente.”

Aplicação da Estatística e Matemática

1. O que são variáveis ou grandezas direta e inversamente proporcionais? Cite quais poderiam ser essas variáveis na reação do experimento.

A compreensão do conceito de proporcionalidade permite uma primeira interação entre a Matemática e a prática desenvolvida. Primeiramente, o estudante precisa distinguir proporcionalidade direta e inversa. Em Matemática, duas variáveis ou grandezas (x e y) são diretamente proporcionais quando a razão entre elas sempre gera um valor constante; e quando duas variáveis ou grandezas (x e y) geram uma constante pela multiplicação elas são inversamente proporcionais, ou seja:

$$\frac{x}{y} = k \text{ (diretamente proporcional)}$$

$$x \cdot y = k \text{ (inversamente proporcional)}$$

Em outras palavras, se aumentarmos o valor de x e o valor de y também aumentar, serão variáveis diretamente proporcionais. Se aumentarmos o valor de x e o valor de y diminuir, serão variáveis inversamente proporcionais.

Por exemplo, para cada litro de óleo utilizado na reação de saponificação a estimativa é de que 1,4 kg de sabão são gerados; hipoteticamente, ao dobramos a

quantidade de óleo (e também da soda cáustica) observa-se a produção de 2,8 kg de sabão. Aparentemente se trata de variáveis diretamente proporcionais, mas podemos confirmar pelos cálculos propostos anteriormente, considerando x = volume de óleo e y = massa do sabão produzido.

Se for diretamente proporcional:

$$\frac{x_1}{y_1} = k_1; \quad \frac{x_2}{y_2} = k_2; \quad k_1 = k_2$$

Aplicando a fórmula e sabendo que $x_1 = 1$; $x_2 = 2$ e $y_1 = 1,4$; $y_2 = 2,8$, temos:

$$\frac{1}{1,4} = 0,71; \quad \frac{2}{2,8} = 0,71; \quad \text{ou seja, } k_1 = k_2$$

Se aplicássemos o cálculo para avaliar se são variáveis inversamente proporcionais iríamos verificar que k_1 não seria igual a k_2 .

2. Pesquise em estabelecimentos comerciais os preços de no mínimo três marcas comerciais de sabão de soda cáustica em barra e anote em uma tabela. Em seguida, utilizando regra de três, converta estes valores para cada kg de sabão, então calcule a média e o desvio padrão dos valores coletados.

Nessa abordagem, o estudante precisa desenvolver uma atividade de campo, buscando em sua localidade um banco de dados de preços reais de sabão de soda cáustica. A partir desses valores os estudantes aplicam o cálculo de regra de três para expressar os valores para cada kg de sabão, então monta-se uma tabela que servirá para o cálculo da média e desvio padrão de cada estabelecimento e a média e desvio padrão finais. Como ensaio demonstrativo buscou-se esses

A compreensão do conceito de proporcionalidade permite uma primeira interação entre a Matemática e a prática desenvolvida.

Tabela 1: Valores comerciais de sabão em barra.

Produto	Estabelecimento A (R\$/kg)	Estabelecimento B (R\$/kg)
Sabão 1	11,95	10,95
Sabão 2	10,75	10,50
Sabão 3	11,65	11,45

valores em estabelecimentos comerciais e a adequação dos valores por regra de três resultou nos valores da Tabela 1.

A média aritmética de um conjunto de dados é obtida dividindo a soma dos elementos deste conjunto pela quantidade de elementos no conjunto, no caso em questão o conjunto de dados são os diferentes valores comerciais do sabão. Primeiramente todos os elementos do conjunto são somados ($11,95 + 10,75 + 11,65 + 10,95 + 10,50 + 11,45 = 67,25$) e, em seguida, o resultado da soma é dividido pelo número de elementos no conjunto (6). Assim, teremos que a média é igual a: $67,25/6 = 11,21$.

Para medir a uniformidade desse conjunto de dados, usaremos o cálculo de desvio-padrão (s), no qual é feito o somatório dos dados da posição 1 até a posição n, em seguida, subtrai-se de cada valor a média do conjunto, eleva-se ao quadrado e divide-se pelo número de dados do conjunto. Por fim, extrai-se a raiz quadrada:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(11,95 - 11,21)^2 + (11,65 - 11,21)^2 + (10,95 - 11,21)^2 + (10,50 - 11,21)^2 + (11,45 - 11,21)^2}{6}}$$

$$s = \pm 0,56251$$

3. Pesquise em estabelecimentos comerciais os preços de, no mínimo, três marcas de todos os reagentes utilizados no experimento e anote em uma tabela. Em seguida, calcule a média, o desvio padrão e o total dos valores coletados.

Esta etapa é muito parecida com o questionamento anterior, mas agora para os reagentes utilizados na reação

de produção do sabão. Nesse caso buscaram-se os valores em dois estabelecimentos comerciais (A e B) e os valores foram convertidos para cada proporção utilizada no experimento, ou seja, 200 g de soda cáustica e 40 mL de desinfetante aromatizado – o óleo reutilizado foi considerado como doação, e o valor da água⁴ (Sanepar, 2020) não foi considerado. Após os cálculos de média e desvio padrão obteve-se a Tabela 2.

4. Compare os custos de produção com os valores do produto comercial e monte gráficos ou curvas de projeção da estimativa de lucros de produção (desconsiderando a aplicação de impostos).

Agora os dados obtidos no experimento de saponificação também podem entrar na análise estatística e matemática. Uma pequena adequação no experimento proposto pode ser inserida no sentido de levantar dados para correlações estatísticas e matemáticas: a pesagem do sabão após o período de maturação. Para se trabalhar com dados próximos aos reais, os experimentos foram novamente reproduzidos em triplicata com a pesagem do produto ao final para calcular a média e o desvio padrão, obtendo-se os seguintes valores em kg: 1,447, 1,502, 1,450; média: 1,463 kg; desvio padrão: $\pm 0,039$ kg.

Em seguida, a partir do valor total da Tabela 3 e a média da massa de sabão produzido calcula-se por regra de três o custo para cada kg de sabão de acordo com o experimento proposto, obtendo-se o valor de R\$ 4,62. Relacionando esse valor de custo por kg com o valor médio do preço comercial por kg de sabão (R\$ 11,21) podemos, por exemplo, montar um gráfico de pizza mostrando a relação estimada de custo e lucro de produção (Figura 6).



Figura 6: Estimativa de lucro a partir da relação entre custo e valor do produto comercial.

Tabela 2: Valores comerciais em R\$ de soda cáustica e aromatizante.

	Reagentes					
	Soda cáustica (NaOH) – 200 g		Desinfetante aromatizado – 40 mL		Água – 400 mL	Óleo – 1 L
	A	B	A	B		
Produto 1	7,99	6,25	0,225	0,229	--	--
Produto 2	6,00	6,15	0,249	0,359		
Produto 3	6,79	5,60	0,315	0,379		
Média	6,46		0,293		--	--
Desvio padrão	0,842		0,0676		--	--
Custo total (R\$):						6,75

Outra possibilidade seria avaliar uma projeção que relaciona a quantidade de óleo com o lucro obtido na sua conversão em sabão. Por exemplo, pela constante de proporcionalidade projetando as quantidades de sabão que seriam obtidas com diferentes volumes de óleo (mantendo também a relação proporcional para os outros reagentes). A partir dessas quantidades o lucro obtido em cada situação pode ser obtido por regra de três, pela comparação com o valor determinado anteriormente. Adicionalmente, gráficos de tendência poderiam ser plotados para exemplificar a análise. Essa abordagem final permite chamar a atenção dos estudantes para a importância socioambiental do experimento, que permite inclusive geração de renda.

Conclusões

Como visto, o direcionamento de algumas indagações em uma atividade prática é essencial para melhor visualização da relação teórico-prática dentro do contexto social dos estudantes, instigando a investigação e argumentação, e não apenas a observação e relato puramente empíricos. Ou seja, a experimentação é uma importante ferramenta para tornar o ensino mais apreciável tornando a aprendizagem ativa, que é mais efetiva e duradoura. Porém, a eficiência no aprendizado proposto deve estar vinculada ao estudo teórico e questionamentos norteadores que permitam ao estudante a visualização do fenômeno com uma visão holística, construindo o ensino como uma atividade social interdependente. Permite-se, assim, que a aprendizagem de algo mais complexo se torne interessante e de mais fácil compreensão.

Referências

- BARBOSA, A. B. e SILVA, R. R. Xampus. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 3-6, 1995.
- BARROS, H. L. C. Processos endotérmicos e exotérmicos: uma visão atômico-molecular. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 241-245, 2009.
- BRASIL, Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Versão final em pdf. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso set. 2020.
- CAAMAÑO, A. Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación Química*, v. 29, n. 1, p. 21-54, 2018.
- CONOVER, D. M. e GIBSON, K. E. Comparison of two plain soap types for removal of bacteria and viruses from hands with specific focus on food service environments. *Food Control*, v. 69, p. 141-146, 2016.
- CORSINI, M. S.; JORGE, N.; MIGUEL, A. M. R. O. e VICENTE, E. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. *Química Nova*, v. 31, n. 5, p. 956-961, 2008.
- ECYCLE. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/2288-impactos-do-sabao-e-detergente>. Acesso jun. 2020.
- EILKS, I. Teaching 'Biodiesel': A sociocritical and problem-oriented approach to chemistry teaching, and students' first views

Notas

¹<http://basenacionalcomum.mec.gov.br> e <http://portal.mec.gov.br>.

²A discussão em torno dos questionamentos 4 e 5 foi desenvolvida com estudantes do curso Técnico em Alimentos do IFSC – Campus São Miguel do Oeste.

³Esta parte da aplicação foi desenvolvida com estudantes do curso Técnico em Alimentos do IFSC – Campus São Miguel do Oeste.

⁴No demonstrativo de tarifas do site da Sanepar (Companhia de Saneamento do Paraná), para faixa mínima de até 5 m³ o valor da água é de R\$ 38,77. Por regra de 3, o valor para 400 ml seria R\$ 0,003. <http://atvn.sanepar.com.br/simuladorconta>.

Roger Borges (roger.borges@gmail.com), licenciado e bacharel em Química pela UTFPR, mestre em Química Inorgânica pela UFPR, doutor em Química Inorgânica pela UFPR e em Química de Materiais pela Université Clermont-Auvergne (UCA). Atualmente é pesquisador de pós-doutorado na Embrapa Instrumentação. São Carlos, SP - BR. **Kamila Colombo** (kamicolombo@gmail.com), graduada em Engenharia Química e mestre em Engenharia Química pela FURB, doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais pela UFPR, e atualmente é professora de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR. Curitiba, PR - BR. **Tiago Favero** (tiago.favero@ifsc.edu.br), tecnólogo em Química Industrial, tecnólogo em Controle de Processos Químicos e licenciado em Química (PROFOP) pela UTFPR. Possui Especialização em Ensino de Química e Biologia pela UNINTER e Tecnologias para Educação Profissional pelo IFSC, mestre em Processos Químicos e Bioquímicos pela UTFPR. Atualmente é professor de Química no Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC. São Miguel do Oeste, SC - BR. **João Henrique Borges** (jhborges2@outlook.com), atualmente é acadêmico do curso de Ciências Contábeis na Universidade Paranaense - UNIPAR. Francisco Beltrão, PR - BR.

on it. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 3, n.1, p. 67-75, 2002.

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

GASPAR, A. e MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GENOVESE, L. G. R.; QUEIRÓS, W. P. e GENOVESE, C. L. C. R. O ensino dos processos e usos do alumínio na perspectiva da pedagogia histórico-crítica. *Educación Química*, v. 31, n. 1, p. 62-83, 2020.

GONÇALVES, F. P. e MARQUES, C. A. A experimentação na docência de formadores da área de ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 84-98, 2016.

JORGE, N.; SOARES, B. B. P.; LUNARDI, V. M. e MALACRIDA, C. R. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. *Química Nova*, v. 28, n. 6, p. 947-951, 2005.

KUCEK, K. T. *Otimização da transesterificação etílica do óleo de soja em meio alcalino*. Dissertação de mestrado. UFPR, 123 p., 2004.

LEITE, B. S. A experimentação no ensino de química: uma análise das abordagens nos livros didáticos. *Educación Química*, v. 29, n. 3, p. 61-78, 2018.

- LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a seção Experimentação no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 2, p. 198-202, 2015.
- LOPES, M. R. V.; AUED-PIMENTEL, S.; CARUSO, M. S. F.; JORGE, N. e RUVIERI, V. Composição de ácidos graxos em óleos e gorduras de fritura. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 63, n. 2, p. 168-76, 2004.
- MACHADO, E. R.; GARCIA, M. C. D. e ABRANTES, S. M. P. Alterações dos óleos de palma e de soja em fritura descontínua de batatas. *Food Science and Technology*, v. 28, n. 4, 2008.
- MARCOS-MERINO, J. M.; GALLEGÓ, R. E. e ALDA, J. G. O. Extracción de ADN con material cotidiano: desarrollo de una estrategia interdisciplinar a partir de sus fundamentos científicos. *Educación Química*, v. 30, n. 1, p. 58-68, 2019.
- MELLO, F.; GOMES, S. I. A. A.; GIUSTI, E. D.; SANDRI, M. C. M. e ROBAERT, S. Determinação do grau de saponificação de óleo residual: uma experiência no ensino de química sob as perspectivas CTSA e química verde. *Educación Química*, v. 30, n. 1, p. 21-30, 2019.
- MERK. *Safety Data Sheet - Triolein*. Disponível em: https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/avanti/870110o?lang=pt®ion=BR&cm_sp=Insite_-caContent_prodMerch_gruModel_-prodMerch10-3. Acesso mai. 2020.
- OSORIO, V. K. L. e OLIVEIRA, W. Polifosfatos em detergentes em pó comerciais. *Química Nova*, v. 24, n. 5, p. 700-708, 2001.
- PETEK, A. e KRAJNC, M. The enthalpy and entropy of activation for ethylacetate saponification. *International Journal of Chemical Kinetics*, v. 44, n. 10, p. 692-698, 2012.
- QUEIROZ, S. L.; LOURENÇO, A. B. e FERREIRA, J. Q. Licenciatura em Química e argumentação científica: tendência nas ações discursivas em sala de aula. *Química Nova*, v. 39, n. 4, p. 513-521, 2016.
- SANEPAR. Simulador de conta. Disponível em: <http://atvn.sanepar.com.br/simuladorconta>. Acesso jun. 2020.
- SILVA, A. N. e PATACA, E. M. O. Ensino de equilíbrio químico a partir dos trabalhos do cientista alemão Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 1, p. 33-43, 2018.
- SILVA, B. G. e PUGET, F. P. Sabão de sódio glicerinado: produção com óleo residual de fritura. *Enciclopédia Biosfera*, v. 6, n. 11, p. 1-15, 2010.
- SILVA, M. A.; MARTINS, E. S.; AMARAL, W. K.; SILVA, H. S. e MARTINES, E. A. L. Compostagem: experimentação problematizadora e recurso interdisciplinar no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 71-81, 2015.
- SILVA, V. A. e SOARES, M. H. F. B. Conhecimento prévio, caráter histórico e conceitos científicos: o ensino de Química a partir de uma abordagem colaborativa da aprendizagem. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 3, p. 209-219, 2013.
- SOUZA, P. V. T.; AMAURO, N. Q. e FERNANDES-SOBRINHO, M. Modelizações astronáuticas na perspectiva da educação CTS: proposta de atividade integradora ao ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 3, p. 186-195, 2018.

Abstract: A multi- and interdisciplinary view from the practice of saponification. This paper presents a multi- and interdisciplinary analysis involving Chemistry, Biology, Statistics and Mathematics about the practice of saponification, by means of guiding questions. In this paper, the experimentation based on theoretical knowledge fundamental role is emphasized, and oriented towards a wider use and comprehensiveness of the the several possibilities of study themes of the various teaching areas, directly or indirectly linked to the observed phenomenon. In addition, experimental materials and procedures can be suited to the realities of the different educational institutions in Brazil. Such materials and procedures can be linked to the students' daily lives, taking into account their previous knowledge. By doing so, the individual may use scientific knowledge to integrate into society through practical development and research associated with theoretical development guided by the teacher.

Keywords: guiding questions, multi- and interdisciplinarity, experimentation.

Abordagem Multimodal: um olhar para os Livros Didáticos de Química

Multimodal approach: a look at Chemistry Textbooks

Júlia C. Freitas e Ana Luiza de Quadros

RESUMO: O entendimento de um conteúdo ou de conceitos depende diretamente da comunicação entre quem ensina e os aprendizes. Para melhorar essa comunicação e também a construção de significados tem sido enfatizada uma maior atenção para a multimodalidade, ou seja, para o uso e a integração de diferentes modos semióticos. Neste trabalho analisamos os modos semióticos presentes em livros didáticos de Química e como eles estão relacionados entre si. Para isso selecionamos uma parte do conteúdo relativo à Termoquímica presente em três coleções didáticas do Programa Nacional do Livro Didático. Nas obras analisadas observamos uma diversidade de modos semióticos, mas a relação entre eles necessita de uma atenção maior por parte dos autores. As imagens se destacaram entre esses modos, seguindo uma tendência favorecida pelas tecnologias disponíveis. Esses resultados trazem implicações para professores e autores, pois à medida que se entende a importância de se relacionar esses modos, essas relações podem ser fomentadas nas aulas e nos materiais didáticos.

Palavras-chave: multimodalidade, livro didático, química, construção de significados

ABSTRACT: We start from the idea that the understanding of a content or concept depends directly on the communication between who teaches and who learns. Multimodality has been used to improve this communication and construct meanings about what is communicated, in other words, the use and integration of multiple semiotic modes. This work analyzes the semiotic modes present in Chemistry textbooks and how they are related to each other. For such, we selected a section of the content related to Thermochemistry present in three textbook collections of Brazil's National Textbook Program. The analyzed works presented a diversity of semiotic modes, but the relationship between them requires greater attention from the authors. Figures stood out among these modes, following a trend favored by the available technologies. These results have implications for both teachers and authors; as the importance of relating these modes is understood, these relationships can be fostered in classes and teaching materials.

Keywords: multimodality, textbook, chemistry, construction of meanings

Júlia Campos Freitas (julia_campus_f@hotmail.com), licenciada em Química e professora da Educação Básica, ministrando a disciplina de Química. Durante a graduação foi bolsista de Iniciação científica e do PIBID. Atualmente é mestranda no programa de Mestrado Profissional Educação e Docência pela Faculdade de Educação da UFMG. Belo Horizonte, MG – BR. **Ana Luiza de Quadros** (ana.quadros@uol.com.br), doutora em Educação e professora de Ensino de Química na Universidade Federal de Minas Gerais, atuando no Programa de Pós-graduação em Educação. Belo Horizonte, MG – BR.
Recebido em 21/08/2020, aceito em 10/02/2021

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.

Ao tratar da insatisfação geral com os resultados do Ensino de Ciências ao redor do mundo, Millar (2003, p. 74) afirma que *“a maior causa dessa insatisfação é o acúmulo de evidência [...] de que pouco conhecimento científico seja de fato assimilado e compreendido pela maior parte dos estudantes”*. Tendo em vista esse cenário, diferentes propostas de ensino têm surgido com o intuito de produzir mais aprendizagem.

Um breve olhar na literatura especializada já permite perceber a presença de diversos trabalhos que defendem abordagens diferenciadas para o Ensino de Ciências, tais como o ensino por investigação (Trivelato; Tonidandel, 2015; Zômpero; Laburú, 2011; Munford; Lima, 2007), o uso adequado da experimentação (Guimarães *et al.*, 2018; Giordan, 1999), a abordagem CTS (Santos; Mortimer, 2000; Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007; Strieder, 2012), entre outras possibilidades que certamente apresentam vantagens quando comparadas com o ensino por meio de transmissão de informações, sem uma atenção especial para como essas informações são significadas pelos estudantes.

Partimos da ideia de que o entendimento de um conteúdo ou de conceitos depende diretamente da comunicação entre quem ensina e os aprendizes. Nessa perspectiva, estudos têm apontado para a multimodalidade (Kress *et al.*, 2001; Kress, 2010; Alves, 2011; Silva; Souza; Cipriano, 2015; Mortimer; Quadros, 2018) como forma de melhorar a comunicação em sala de aula. A multimodalidade baseia-se na combinação e integração de diferentes modos semióticos em situações comunicativas, além do modo verbal (fala e escrita). A diversidade de modos semióticos pode estar presente tanto nas interações discursivas em sala de aula quanto no material didático escrito.

Desenvolvemos este trabalho com o objetivo de analisar a presença de multimodos e como esses diferentes modos estão relacionados entre si em diferentes livros didáticos de Química do Ensino Médio. Tendo em vista a centralidade atribuída aos livros didáticos no contexto educacional, acreditamos que este trabalho tem relevância para as questões que envolvem o Ensino de Ciências, uma vez que a multimodalidade em textos escritos pode contribuir para a significação de ideias e conceitos.

Referencial Teórico

Neste trabalho dirigimos a nossa atenção para o papel dos livros didáticos usados na disciplina de Química do Ensino Médio e o da multimodalidade na promoção da interação entre os estudantes e o conteúdo. Assim, dividimos essa seção em duas partes: o livro didático (a) e os modos semióticos/multimodalidade (b).

a) Livro didático

O livro didático tem se revelado como recurso de grande importância no âmbito escolar, devido ao fato de ser uma ferramenta que auxilia tanto os professores, quanto os estudantes nos processos de ensino e de aprendizagem. Carneiro *et al.*

(2005) afirmam que a centralidade firmada em decorrência do uso do livro didático confere a ele diferentes funções, tais como fonte de organização, desenvolvimento e avaliação do trabalho pedagógico pelo professor e também como elemento importante na relação entre o estudante e a disciplina.

Ao tratar do conteúdo relativo a “Efeito Estufa e Aquecimento Global”, Lobato *et al.* (2009) comentam a importância do livro didático na própria constituição do conteúdo programático de uma disciplina. Sobre isso eles afirmam que:

Pela disponibilidade e/ou facilidade de acesso ao livro didático, percebe-se que os conteúdos selecionados pelos autores acabam sendo, em muitos casos, os mesmos conteúdos que o professor desenvolve em sala de aula. Por este motivo, livros didáticos têm sido compreendidos como agentes determinantes de currículos, limitando a inserção de novas abordagens e possibilidades de contextualização do conhecimento (Lobato *et al.*, 2009, p. 2).

Assim como Lobato *et al.* (2009), diferentes pesquisadores desenvolveram estudos acerca dos livros didáticos voltados para o Ensino de Ciências. Trabalhos como os de Mortimer (1988), Lajolo (1996), Amaral e Megid Neto (1997) e Megid Neto e Fracalanza (2003) se debruçaram a desvendar aspectos relativos tanto ao desenvolvimento desses recursos ao longo do tempo e à qualidade deles, quanto a problemas e as possíveis soluções identificadas.

No âmbito do Ensino de Ciências, estudos revelam que a maior parte dos livros didáticos se sedimenta na apresentação pragmática do conteúdo a ser transmitido para os estudantes. Frison *et al.* (2009, p. 7) enfatizam que *“a maioria dos livros didáticos apresenta uma ciência descontextualizada, separada da sociedade e da vida cotidiana, e concebem o método científico como um conjunto de regras fixas para encontrar a verdade”*. Esse cenário ainda pode ser identificado em muitas obras desenvolvidas para o Ensino de Química, embora existam programas e documentos oficiais nacionais que recomendem um ensino mais contextualizado.

No Brasil, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que tem como objetivo avaliar e fornecer obras didáticas e de apoio à educação, de forma gratuita para os estudantes de escolas públicas de todo o país, destaca a relevância de se estabelecer uma associação entre o Ensino de Ciências e os aspectos sociais, tecnológicos e culturais. Nessa perspectiva, o PNLD (Brasil, 2018, p. 9) afirma que *“o livro didático para o Ensino Médio deve ser inserido, constituindo-se como mais uma ferramenta de apoio à construção dos processos educativos, com vista a assegurar a articulação das dimensões ciência, cultura, trabalho e tecnologia”*.

As obras aprovadas no programa passam por uma análise, coordenada pelo Ministério da Educação, com base em critérios por ele estabelecidos. Dentre as diversas exigências

feitas, estipula-se que os livros didáticos devem apresentar informações adequadas, claras e corretas, além de atualizadas (Brasil, 2018). Após a avaliação e a seleção de um conjunto de obras, os professores de cada instituição devem escolher um livro didático, dentre os que foram aprovados, que acreditam ser mais adequado para a realidade na qual se inserem.

No edital vigente (Brasil, 2019) para a escolha das obras a serem usadas entre 2021 e 2024 há um destaque para os projetos integradores, que enfatizam a relação entre Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (*Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics - STEAM*), o protagonismo juvenil, a mediação de conflitos e a presença da mídia na educação. As mudanças esperadas a partir das orientações contidas nesse edital (que derivam da BNCC) têm início na produção do material didático. Com isso, afirmamos que todo o processo de inserção do livro didático nas escolas e os diferentes estudos realizados envolvendo esse tipo de material reforçam a importância desse recurso no contexto escolar.

Tendo em vista a importância do livro didático como material de apoio a estudantes e professores, torna-se relevante promover análises desses recursos, identificando as diferentes alternativas oferecidas pelos autores, com o objetivo de facilitar o processo de compreensão das informações transmitidas. Considerando nosso objetivo de identificar a presença de multimodos e a relação entre os diferentes modos no livro didático, o item seguinte trata da multimodalidade e dos modos semióticos.

b) Modos semióticos e multimodalidade

Para que a aprendizagem no Ensino de Ciências ocorra de forma relevante é importante que os estudantes sejam capazes de dar significado aos fenômenos e conceitos trabalhados no contexto escolar. O professor tem, portanto, um papel importante nesse processo e deve estabelecer meios que auxiliem o estudante na compreensão das ideias transmitidas. Para compreender de que forma a multimodalidade pode contribuir para melhorar a dinâmica escolar faz-se necessário explicitar de que maneira os significados são construídos em âmbito geral, não apenas em sala de aula.

A comunicação em uma sociedade se dá de diferentes formas e, possivelmente, a fala é o instrumento mais comum para se estabelecer uma relação com significados entre sujeitos. Contudo, existem diferentes meios de se estabelecer um processo comunicativo, conforme enfatizam Kress e colaboradores (2001, p. 43), ao explicarem o que nomeiam como “modos”. Eles afirmam que:

[...] o meio é moldado e organizado em uma série de sistemas de construção de significado, a fim de articular os significados exigidos pelas necessidades sociais de diferentes comunidades; isso é o que nós chamamos *modos*. Todos os modos fazem significados de maneira diferentes, e os significados feitos

nem sempre estão disponíveis ou são entendidos por todos os leitores (Tradução nossa).

A semiótica social defende que as diferentes formas de comunicação para construção de um significado se dão segundo as características de uma determinada sociedade. Admite-se como um modo, portanto, um recurso semiótico capaz de dar sentido, que seja socialmente modelado e culturalmente estabelecido (Kress, 2010).

Para Norris (2004), os modos semióticos usados na comunicação têm por base a forma como são percebidos. Nesse caso, os modos podem ser considerados como auditivos (fala, música, som, efeitos sonoros etc.); visuais (olhar, impressão, imagem etc.); de ação (gesto, postura, movimento, expressão facial, contato e manipulação de objetos/modelos, ações mediadas com livros, projeção em tela etc.); e ambientais (proxêmica, layout etc.). Para este trabalho, que trata da presença de modos semióticos em um texto escrito, nem todos os descritos por Norris (2004) podem ser analisados.

Assim como a comunicação entre sujeitos de uma sociedade tem seus significados produzidos segundo os modos compreendidos devido às características semióticas de uma comunidade (Mortimer; Quadros, 2018; Joyce; Feez, 2018), a linguagem científica também depende do reconhecimento de seus modos pelos interlocutores. A comunidade científica, incluindo os educadores, desenvolve recursos semióticos reconhecidos apenas por essa coletividade e, como consequência, ser capaz de reconhecer tais modos faz parte do processo de aprender Ciência (Kress *et al.*, 2001).

Ao observar o contexto de comunicação estabelecido no ensino e na aprendizagem, constata-se que a linguagem verbal (escrita e fala) aparece como o modo mais utilizado, enquanto outros modos não-verbais, tais como imagens, gestos e ações, são considerados, em muitos casos, apenas formas de ilustrar o que se deseja transmitir (Kress *et al.*, 2001). Contudo, a linguagem não-verbal vem ganhando espaço nos processos de comunicação em nossa sociedade. Podemos verificar essa tendência em anúncios televisivos que ofertam produtos destacando sua imagem, ainda que associado a um texto sobre ele; na relação estabelecida entre duas pessoas que se comunicam por olhares e gestos; em gráficos representando a intenção de votos para candidatos na próxima eleição; e em muitos outros momentos do cotidiano de uma sociedade.

Segundo Alves (2011), a linguagem verbal escrita tem características que a diferenciam da linguagem verbal falada. Nesse sentido, ele trata a temporalidade dos diferentes modos semióticos que podem ser estabelecidos no texto escrito. Alves (2011, p. 21), em seu estudo sobre esse aspecto referente a linguagem verbal, pondera que:

No caso da fala, a dependência do tempo é incontestável, uma vez que uma palavra só pode ser dita após a outra e o ouvinte recebe e significa, também,

uma palavra após a outra. Na escrita, o leitor pode perceber as várias palavras ao mesmo tempo, o que é também uma característica dos modos visuais, pois elas estão dispostas sobre a folha impressa. [...]. Uma diferença importante entre os modos verbais orais e escritos é a existência, nesses últimos, de uma infinita gama de possíveis caminhos de leitura. O leitor pode retroceder na leitura de parágrafos anteriores e voltar a refletir sobre eles por quanto tempo quiser ou puder.

No texto escrito, os modos de comunicação visual (fotografias, desenhos, gráficos, representações e outros) geralmente estão bastante presentes. Eles são independentes do tempo, uma vez que todos esses elementos estão disponíveis simultaneamente e de forma permanente para o leitor (Alves, 2011). Nesse caso, o leitor tem a possibilidade de consultar as informações novamente, uma vez que elas se mantêm disponíveis. Isso não ocorre em outros contextos, tais como na utilização do modo verbal na fala, pois uma vez que as informações são ditas, não é possível retornar àquilo que foi dito, que já compõe parte de um tempo passado. Em livros didáticos, foco deste trabalho, alguns modos visuais e o modo verbal escrito costumam representar uma importante fonte de informações permanentes para o leitor.

Vale lembrar que “cada um desses modos possui potencialidades e limitações distintas para a comunicação, resultantes tanto do meio material no qual é veiculado, quanto do trabalho que uma determinada cultura realizou sobre ele” (Alves; Mortimer, 2017, p. 3). Desta forma é esperado que ao propor um livro didático o autor leve em consideração a maneira como os modos utilizados contribuem para a comunicação com o leitor, dando significado à informação ali presente.

No Ensino de Ciências os gestos, a fala, a escrita, a proxêmica e o olhar são os principais modos semióticos utilizados em sala de aula, muitas vezes concomitantemente. Nesse sentido, é aconselhável que esses modos não sejam analisados separadamente (Mortimer; Quadros, 2018).

Assim como na comunicação em sala de aula, um recurso didático também é permeado por diferentes modos. Os livros de Ciências, por exemplo, frequentemente apresentam diferentes representações, tais como figuras, desenhos, gráficos, tabelas, diagramas e texto escrito, caracterizando a presença tanto da linguagem verbal, quanto da linguagem não verbal (Alves, 2011). Ao introduzir diferentes modos, os autores podem auxiliar o estudante no processo de significação das informações contidas no livro didático, as quais devem ser adequadas ao público-alvo do material, para que a comunicação seja estabelecida de forma eficaz.

Os livros didáticos são meios de comunicação que se utilizam da comunicação multimodal, a qual se dá a partir do momento em que diferentes modos semióticos são utilizados simultaneamente para produzir um significado. Segundo Quadros, Pena e Botelho (2020, p. 16), a “multimodalidade

representa, hoje, tanto um fenômeno da comunicação humana quanto um campo diversificado e crescente de pesquisa, que examina os diversos modos que as pessoas usam para se comunicar e se expressar”.

Cada modo de comunicação e de representação produz significados de forma independente, mas quando mais de um modo é utilizado simultaneamente, eles tendem a formar uma teia de relações, permitindo ampliar e/ou aprimorar os significados que se deseja transmitir (Kress *et al.*, 2001). Portanto, a multimodalidade e a relação entre os diferentes modos se mostram importantes na construção de significado para as informações que o livro didático apresenta.

Metodologia

De acordo com Bogdan e Biklen (2003), a pesquisa que ocorre em um ambiente natural, que se utiliza de dados descritivos, que fornece atenção para o processo e o seu significado é caracterizada como qualitativa. Neste trabalho analisamos livros didáticos buscando os modos semióticos presentes e as relações entre eles e, apesar de quantificarmos algumas dessas relações, os dados coletados foram predominantemente descritivos. Assume características de pesquisa bibliográfica, uma vez que investiga dados presentes em livros didáticos.

Para que pudéssemos identificar os diferentes modos de comunicação e analisar a relação entre eles em livros didáticos de Química do Ensino Médio, definimos como objeto de estudo três livros didáticos aprovados pelo PNLD de 2018. Conforme mencionado anteriormente, trata-se de um programa criado pelo governo federal, sob responsabilidade do Ministério da Educação, que organiza a avaliação, a seleção e a distribuição das coleções didáticas para as escolas da rede pública de todo o Brasil. Selecionamos três das cinco coleções de livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018, sendo uma delas de autores que tradicionalmente têm participado dos debates envolvendo o ensino de Química e também dos eventos da área no Brasil e que não têm um envolvimento em termos de pesquisa com o tema multimodalidade e outras duas coleções escolhidas aleatoriamente entre as demais disponíveis.

No Quadro 1 listamos as obras analisadas e seus respectivos autores.

Após a escolha dos livros didáticos, delimitamos o campo de investigação. Para isso, selecionamos o conteúdo de Termoquímica, por detectarmos que os textos que abordavam esse tema empregavam diversos modos semióticos. Acreditamos que essa característica permitiria que o estudo se mostrasse rico em suas análises devido à variedade de relações identificadas entre os diferentes modos presentes. Embora tivéssemos selecionado apenas um dos conteúdos, um novo recorte precisou ser feito, para viabilizar este estudo. O foco se estabeleceu na abordagem de conteúdos iniciais, tais como energia, calor e temperatura, mas se estendeu também a conceitos mais específicos da área, a exemplo dos processos

Quadro 1: Lista dos livros didáticos analisados.

Denominação	Título	Autores	Edição
Livro 1	Química Cidadã	Wildson Santos e Gerson Mól	2016
Livro 2	Ser Protagonista	Julio C. F. Lisboa, Aline T. Bruni, Ana Luiza P. Nery, Paulo A. G. Bianco, Rodrigo M. Liegel, Simone G. Ávila, Simone J. Ydi, Solange, W. Locatelli e Vera L. M. Aoki	2016
Livro 3	Vivá	Vera L. D. Novais e Murilo T. Antunes	2016

endotérmicos e exotérmicos, entalpia, calor específico e calor envolvido em uma transformação. Com isso, não foram analisados, em nenhum dos livros, os trechos referentes a cálculos de entalpia específicos de cada tipo de calor envolvido em um fenômeno (Ex.: calor de formação, calor de combustão etc.). O Quadro 2 indica o espaço, em páginas, delimitado em cada um dos livros didáticos.

Quadro 2: Fragmentos selecionados nos livros didáticos analisados.

Livro 1	Livro 2	Livro 3
Págs. 231-263	Págs. 50 - 60	Págs. 94 - 106

A análise de cada um dos livros revelou uma grande disparidade na quantidade de páginas utilizadas em cada um deles para abordar um mesmo conteúdo. Observamos também que o Livro 1 opta por uma abordagem mais dialógica, com indicação de que diferentes pontos de vista sejam considerados. Nessa obra, o conteúdo é permeado por textos, trabalhos, pesquisas e faz relações com aspectos sociais, históricos e tecnológicos. Em contrapartida, os livros 2 e 3 se mostram mais sucintos, focando na apresentação do conteúdo de forma mais objetiva.

Posteriormente à demarcação do trecho a ser analisado em cada livro, foi realizada uma leitura minuciosa dos textos para levantamento dos modos de comunicação presentes. Em seguida ao reconhecimento dos modos semióticos existentes, foi examinada a frequência de cada um deles e as relações multimodais feitas pelos autores das obras.

Em um primeiro olhar para os livros didáticos, fizemos a subdivisão dos modos Imagem, Escrita, Equações (Mortimer; Quadros, 2018), Gráficos e Tabelas. Por comodidade de análise, optamos por considerar os textos/figuras no formato de “boxe”¹ como um modo semiótico. Os modos semióticos encontrados estão sintetizados na Figura 1, a seguir.

Como modo “Gráfico” foram consideradas todas as representações visuais de dados e informações numéricas usadas nos livros e como “Tabela” incluem-se as tabelas e os quadros, uma vez que os autores, algumas vezes, utilizam um dado numérico central em um quadro, o que, segundo norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2011, p. 4) seria característica de uma tabela.

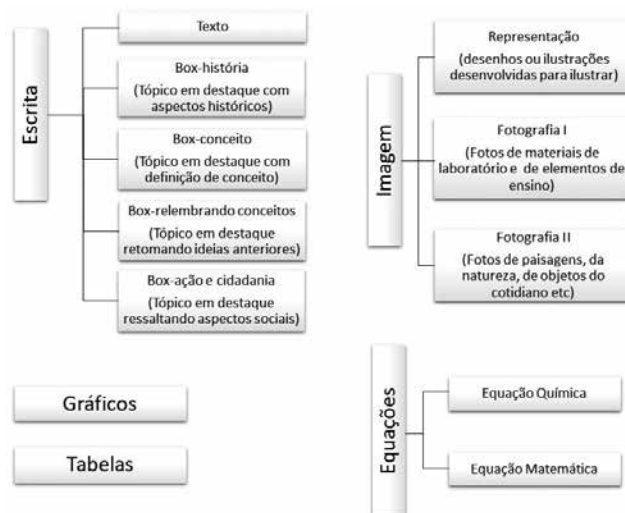


Figura 1: Modos semióticos definidos para a análise. Fonte: autores.

Após a demarcação dos modos semióticos presentes nos textos, elaboramos as possíveis relações a serem estabelecidas entre eles, em um contexto multimodal. Essas relações, bem como a explicação de cada uma delas, está melhor detalhada no Quadro 3.

Para facilitar a análise das relações entre os modos presentes nos textos, eles foram divididos em pares. O modo texto é predominante nos livros, sendo o alicerce em que se sustenta a comunicação do conteúdo e, por isso, aparece em seis das oito relações encontradas. No Quadro 3 descrevemos as possibilidades de relações (ou não relações), entre aquelas presentes nos livros, para cada um dos pares.

Definidos os modos e as possíveis relações entre eles, cada livro foi analisado segundo essa perspectiva multimodal. Para isso, no segundo momento de análise, em cada página do livro foram identificados os modos existentes, o conteúdo abordado e as relações estabelecidas entre esses modos.

Resultados e Discussão

Fizemos, inicialmente, um olhar mais panorâmico, com a intenção de identificar os modos semióticos presentes nas páginas selecionadas de cada uma das obras, que correspondiam ao conteúdo introdutório de Termoquímica, e a frequência com

¹Embora os autores ainda usem a palavra “box”, optamos pelo uso de “boxe”. (ver Nocoletti, T. Box ou Boxe?. In: <http://www3.uol.com.br/qualidadeconteudo/portugues/box-ou-boxe.jhtm>). Acesso em 04/02/2021.

Quadro 3: Relações entre modos semióticos presentes nas obras analisadas.

Pares de modos	Relação	Explicação
Texto e Imagem	Relação direta	A imagem é relacionada com o texto, com referência entre eles.
	Relação indireta	A imagem é explicada no texto, sem referência entre eles.
	Imagem como exemplo	O texto faz referência à imagem, mas não a explica. (Ex: veja a imagem à direita).
	Imagem ilustrativa	Imagem e texto não estabelecem relação explícita entre si, ou seja, o texto não cita e não explica a imagem.
Texto e Gráfico	Relação direta	O gráfico é relacionado com o texto, com referência entre eles. Esses modos se complementam.
	Relação indireta	Gráfico e texto se complementam, mas sem que o texto cite o gráfico. Ainda assim, o texto promove uma discussão dos dados presentes no gráfico.
	Gráfico ilustrativo	Gráfico e texto não estabelecem relação explícita entre si, ou seja, o texto não cita o gráfico.
Texto e Equação Química	Relação direta	A equação química representa um fenômeno que é referenciado no texto que a acompanha.
	Relação indireta	O texto não faz referência explícita ao fenômeno retratado na equação. A equação é uma exemplificação.
Texto e Equação Matemática	Relação completa	Cada termo constituinte da equação matemática é devidamente identificado no texto que a acompanha.
	Relação incompleta	O texto não identifica ou identifica apenas parcialmente cada termo constituinte da equação matemática a que se refere.
Texto e Tabela	Relação direta	A tabela é citada no texto, que discute os dados presentes na tabela.
	Tabela ilustrativa	Os dados presentes na tabela não são discutidos ao longo do texto, dando a ela um caráter ilustrativo.
Texto e Boxe	Boxe referenciado no texto	O boxe (história, conceito, lembrando conceito ou ação/cidadania) apresenta aspectos relacionados com o tema trabalhado no texto e o texto faz menção a ele.
	Boxe não referenciado no texto	O boxe apresenta aspectos relacionados com o tema trabalhado no texto, mas não é referenciado nele.
Gráfico e Imagem	Relação direta	Gráfico e imagem representam o mesmo fenômeno, com referência de um para outro. (não ocorreu)
	Relação indireta	Gráfico e imagem representam o mesmo fenômeno, sem referência de um para outro. (ocorreu uma única vez)
Gráfico e Equação Química	Relação direta	Gráfico e equação química representam o mesmo fenômeno, com referência entre eles. (não ocorreu)
	Relação indireta	Gráfico e equação química representam o mesmo fenômeno, sem referência entre eles. (uma única vez)

que foram usados. Em seguida, dirigimos um olhar mais específico para as relações estabelecidas entre os diferentes modos. Assim, nossos resultados se dividem nesses dois agrupamentos.

a) Os modos semióticos presentes

A quantidade de páginas usadas para tratar do assunto analisado – 33, 11 e 13, respectivamente – foi bem diferente entre um livro e outro. Para construir uma ideia mais adequada desses modos, optamos por apresentá-los individualmente e não em grupos. O Quadro 4 lista a ocorrência de cada um dos modos. Ressaltamos que chamamos de “texto” toda descrição de conteúdo que não se encontra em caixas tipo boxe (como é o caso do

boxe-conceito). Esse modo (escrito) não foi quantificado por ser, como já dissemos, o alicerce em que se sustenta a comunicação do conteúdo, estabelecida com o estudante. Quantificamos os demais modos como inserções dentro do modo texto.

Podemos perceber que em cada uma das obras são enfatizados os modos considerados mais importantes para comunicar um dado conhecimento. Assim, o Livro 1 usa preferencialmente o modo imagem, principalmente “Fotografia II”, que traz paisagens e objetos utilizados no cotidiano. Trata-se de um livro que apresenta um layout mais colorido quando comparado aos outros dois e que opta por inserir imagens em quase todos os tópicos, seja com o objetivo de apenas ilustrar e exemplificar, seja para auxiliar na compreensão de algum fenômeno

Quadro 4: Modos de representação e recorrência nos livros didáticos analisados.

Modos		Livro 1	Livro 2	Livro 3	Total
Imagem	Representação	3	3	3	09
	Fotografia I (materiais de laboratório e elementos de ensino)	6	-	2	08
	Fotografia II (paisagens, natureza, objetos do cotidiano).	29	8	10	47
Gráfico		9	11	2	22
Tabela		4	1	-	5
Equações	Equação Matemática	5	3	2	10
	Equação Química	6	5	12	23
Boxe	Boxe-conceito	11	-	2	13
	Boxe-história	1	1	-	2
	Boxe-relembrando conceitos	-	2	-	2
	Boxe-ação e cidadania	1	2	-	3
Total		75	34	33	--
Proporção modo/página		2,27	3,09	2,54	--

descrito no texto. No Livro 2 destaca-se o modo “Gráfico” e no Livro 3 o modo “Equação Química”. Essas duas últimas obras apresentam uma organização mais conceitual, priorizam a apresentação do conteúdo de forma objetiva, com foco nas principais definições para os conceitos relativos ao tema, o que poderia justificar a presença majoritária desses modos.

A identificação dos modos presentes em cada uma das obras não foi suficiente para analisar a possível contribuição para a construção de significados, uma vez que a proporção de modos por página é semelhante entre eles. Assim, a análise mais elaborada dessa investigação consistiu na identificação das relações estabelecidas entre os diferentes modos empregados, conforme segue.

b) As relações entre os modos semióticos

Iniciamos esta parte de nossa exposição pelas relações existentes entre o modo escrita e os demais modos. As equações foram consideradas nos seus dois modos (matemáticas e químicas) já que as relações costumam se diferenciar nesses casos. Os demais, por comodidade de análise, foram mantidos em seus agrupamentos.

Relação Texto/Imagem

Analisamos cada uma das imagens presentes nas obras didáticas e a sua relação com o texto escrito. Organizamos os dados no Quadro 5, listando a quantidade de eventos verificada em cada livro analisado.

Para exemplificar cada uma dessas relações selecionamos uma imagem como representativa do que acontece nas demais imagens classificadas no mesmo grupo. Na Figura 2 exemplificamos uma relação direta entre texto e imagem e, na Figura 3, uma relação indireta entre esses dois modos semióticos.

Na Figura 2 podemos observar que, no primeiro parágrafo, há a identificação do ciclo da água como um fenômeno em que

Quadro 5: Relações entre texto e imagem, no trecho analisado.

Relação	Livro 1	Livro 2	Livro 3
Imagem diretamente relacionada com o texto (com explicação e referência)	-	2	4
Imagem indiretamente relacionada com o texto (com explicação, mas sem referência)	2	2	2
Imagem como exemplo (com referência, mas sem explicação)	4	2	1
Imagem ilustrativa (sem referência e sem explicação)	32	5	8

1. Estados físicos e entalpia

O ciclo da água – um fenômeno natural – constitui exemplo das mudanças de estado físico da matéria, bem como da energia envolvida nesses processos.



« Esquema simplificado, em cores-fantasia, do ciclo da água.

O processo de **evaporação** da água está relacionado com a energia térmica propagada pelo Sol e que incide na Terra. Para que esse processo ocorra, é necessário que haja **absorção de energia**. A formação das nuvens é explicada pelo processo de **condensação**, o qual ocorre com **liberação de energia**.

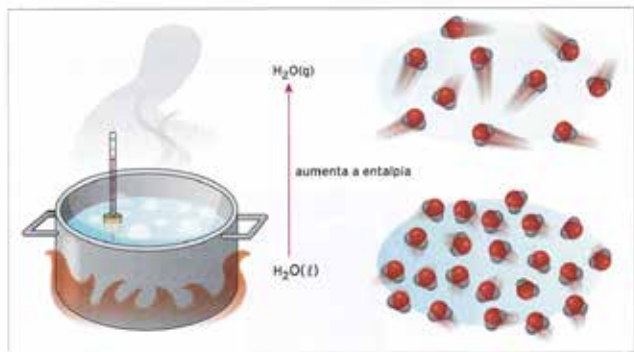
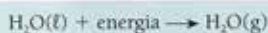
Figura 2: Exemplo de relação direta entre texto e imagem, Livro 2. Fonte: Lisboa *et al.*, 2016, p. 53.

2. Entalpia e variação de entalpia

Um dos fenômenos mais interessantes e intrigantes é a ebulição da água. No decorrer do processo, observa-se temperatura constante (100 °C ao nível do mar) com mesmo fornecimento de energia.

Durante a ebulição, a energia fornecida reduz as interações intermoleculares presentes no líquido, originando o gás, que tem maior entalpia (H). Sendo assim, há variação de entalpia (ΔH) no processo de transformação do estado líquido para o gasoso. A temperatura se mantém constante, pois a energia que seria utilizada para aumentar a temperatura é usada no rompimento das ligações intermoleculares.

A mudança de estado da água de líquido para gasoso pode ser representada pela seguinte equação.



▲ Representação, em cores-fantasia, do fenômeno da ebulição da água.

Figura 3: Exemplo de relação indireta entre texto e imagem, Livro 2. Fonte: Lisboa *et al.*, 2016, p. 57.

ocorrem as mudanças de estado físico. A imagem que o segue é acompanhada de uma espécie de legenda (Esquema simplificado, em cores-fantasia, do ciclo da água), identificando-a e o texto posterior à imagem explica os principais fenômenos presentes nessa imagem, relacionando-os à energia. Ao usar essa forma de relacionar texto e imagem, há o estabelecimento de uma relação direta entre esses dois modos, o que nos parece contribuir para o entendimento do leitor, que pode mais facilmente perceber a relação entre a explicação presente no texto e a imagem que acompanha essa explicação. Porém, alertamos que a relação ficaria mais explícita se o texto fizesse menção à figura.

Na Figura 3 os autores estão discutindo a ebulição da água, no texto escrito, e a imagem apresenta esse fenômeno acompanhado de uma linha que mostra a mudança de estado físico e de duas representações para as partículas no estado líquido e no estado gasoso, sem indicar diretamente a que se referem. Da maneira como estão organizados o texto e a imagem, cabe ao leitor fazer a relação que não foi feita pelos autores. Alves (2020), ao usar o *eye-tracking* para caracterizar os caminhos de leitura que um grupo de estudantes e de professores utilizou um texto multimodal e observou que esses caminhos não são padronizados. Com isso, acreditamos que ao indicar um caminho os autores estarão auxiliando o leitor no entendimento do texto, o que não aconteceu nos casos em que a relação é indireta e ocorreu parcialmente no caso escolhido como relação direta.

As Figuras 4 e 5, por sua vez, trazem exemplos de imagem ilustrativa e de imagem exemplificadora. Na Figura 4 os autores

tratam de fontes energéticas e apresentam oito imagens sem fazer referências e sem explicá-las, o que nos levou a classificá-las como ilustrativas.

Acabamos de fazer referência à lei de conservação da energia. O que estabelece essa lei? Você sabe que, em um sistema fechado em que ocorre uma reação, a massa e o número de átomos se conservam (o que é coerente com a lei de Lavoisier), analogamente, de acordo com a lei da conservação da energia, a energia não pode ser criada nem destruída; no entanto, uma forma de energia pode ser transformada em outra.

As reações químicas envolvidas na combustão da madeira também são exotérmicas: esse é um exemplo de transformação de energia química em energia térmica.



No interior do forno, a madeira queima. As reações exotérmicas envolvidas na combustão da madeira fornecem energia para cozinhar a pizza assada.

Figura 4: Exemplo de imagem meramente ilustrativa, Livro 3. Fonte: Novais e Antunes, 2016, p. 100.

Na p. 100 do livro de Novais e Antunes (2016), o assunto principal tratado envolve a classificação das reações químicas em endotérmicas e exotérmicas. Como podemos observar na Figura 4, o texto se refere às reações de combustão e a figura lateral ao texto mostra uma pizza e, ao fundo, a madeira queimando. Percebe-se, de forma clara, que a imagem ilustra a combustão, sem que a linguagem verbal escrita se refira a imagem ou explique o seu significado. Vale ressaltar que assar o alimento (pizza) que está em destaque na imagem consome energia, o que evidencia a necessidade de explicar ou fazer a devida relação.

Na Figura 5 o texto escrito trata do biodigestor e, no parágrafo seguinte, próximo à imagem, retoma as reações de combustão.

maneira de viabilizar a obtenção de energia com base nesse tipo consiste em recebê-la com água, de modo que não tenha contato com elevada concentração de oxigênio – o que ocasionaria outro tipo de decomposição (a aeróbia). Com isso, a matéria orgânica se degrada, produzindo gás combustível, o biogás, constituído principalmente por metano (CH_4). Se o processo ocorrer em recipiente fechado – o biodigestor, dotado apenas de uma válvula de segurança para evitar que a pressão interna comprometa a estrutura do equipamento (veja figura abaixo) –, o gás formado poderá ser usado como combustível. O gás metano produzido nesse processo, em determinadas condições, forma com o ar uma mistura explosiva, por isso deve ser armazenado e manipulado com cuidado.

Reações de combustão, como você sabe, liberam calor, ou seja, são processos exotérmicos. Portanto, a queima do biogás é um processo exotérmico. A energia liberada nessa queima pode ser utilizada, por exemplo, para cozinhar alimentos – procedimento que envolve reações que, por sua vez, consomem energia e, por isso, são chamadas de endotérmicas (o prefixo *endo-* quer dizer “para dentro”).



Figura 5: Relação exemplificadora entre texto e imagem, Livro 3. Fonte: Novais e Antunes, 2016, p. 97.

Na Figura 5, o texto escrito faz referência à imagem, ao inserir “(veja a figura abaixo)”, o que pode indicar que os autores desejavam chamar a atenção do leitor para que fizesse uma observação mais atenta, relacionando a imagem ao texto.

forma direta, ou seja, ou a equação química é referenciada no texto que a acompanha ou o texto menciona especificamente o fenômeno que é representado na equação química.

Usar dois modos semióticos diferentes para descrever um mesmo fenômeno pode auxiliar o estudante a se familiarizar com a simbologia própria da Química. No entanto, a percepção de que realmente se trata do mesmo fenômeno tende a acontecer mais facilmente se esses modos estiverem diretamente relacionados. Para exemplificar momentos em que há essa relação, selecionamos dois fragmentos. No primeiro (Figura 8) são apresentadas as reações exotérmicas e o exemplo usado é a combustão do etanol. Em seguida, é exibida a equação química referente a essa combustão, indicando abaixo de cada fórmula molecular o nome da substância.

Transformações exotérmicas

Reações exotérmicas são aquelas que liberam calor para o ambiente; as combustões são exemplos desse tipo de reação, sendo largamente empregadas em nosso dia a dia justamente por isso. Um exemplo de uso bastante conhecido é a queima do etanol (usado como combustível em automóveis). A equação que representa essa transformação exotérmica é:



Nesse caso, conforme a lei de conservação da energia, a energia inicial do sistema etanol + oxigênio é maior do que a energia final do sistema dióxido de carbono + água, já que certa quantidade de energia foi liberada para o ambiente na forma de calor.

Reação exotérmica: $E_{\text{reagentes}} > E_{\text{produtos}}$

Figura 8: Exemplo de relação direta entre texto e equação química, Livro 3. Fonte: Novais e Antunes, 2016, p. 99.

Essa relação direta entre o texto e a equação química está bem explicitada, já que todos os reagentes e produtos envolvidos estão identificados e o texto trata deles. Assim, o leitor consegue identificar todas as substâncias envolvidas. Diferentemente dessa relação, na Figura 9 destacamos um fragmento do Livro 1, em que a equação química apresenta um fenômeno que não está especificado no texto.

Lembre-se, portanto, que as reações químicas podem ser acompanhadas de liberação ou absorção de energia, normalmente ocorrida na forma de calor. Quando há liberação de calor, a reação é denominada reação **exotérmica**; quando a reação absorve calor, recebe o nome de **endotérmica**. Observe que o prefixo *exo* significa "para fora" e o prefixo *endo*, "para dentro". Podemos representar a variação de energia de reações químicas, a partir de diagramas que indicam os níveis de energia de seus reagentes e de seus produtos.

Veja, por exemplo, a reação endotérmica:

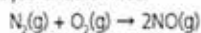


Figura 9: Exemplo de relação indireta entre texto e equação química, Livro 1. Fonte: Santos e Mol, 2016, p. 260.

Ainda que a equação química apresentada como exemplo esteja coerente com o conteúdo do texto (reação endotérmica), percebe-se que não há menção ao fenômeno de síntese do monóxido de nitrogênio. Nesse caso a equação química foi apresentada apenas para exemplificar um conceito geral que aborda a energia envolvida nas transformações químicas.

O estudante pode não reconhecer o fenômeno presente nessa equação.

Relação entre o Texto e as Equações Matemáticas

O conteúdo que tratava de entalpia, que tradicionalmente tem fórmulas para o cálculo da energia envolvida em uma reação química, não foi incluído nessa análise. Porém, algumas equações matemáticas foram identificadas ao longo do conteúdo investigado. O Quadro 8 traz os tipos de relação, listando a quantidade de eventos verificada em cada livro analisado.

Quadro 8: Relações entre texto e equação matemática nos livros analisados.

Relação	Livro 1	Livro 2	Livro 3
Relação completa	4	2	2
Relação incompleta	1	1	-

Consideramos que as relações completas entre texto e equação matemática podem auxiliar o leitor a compreender as variáveis que fazem parte daquele contexto e reduzir os enganos, ao se empregar valores referentes a cada um dos termos. Nós observamos que, na maior parte das equações matemáticas, cada termo constituinte da equação está devidamente identificado no texto que a acompanha. Para exemplificar essas relações, o Livro 3 (Novais; Antunes, 2016, p. 103) apresenta a equação $Q = m \times c \times \Delta t$ e descreve o significado de cada um dos símbolos que compõe a equação. Já no Livro 1, é tratado da capacidade calorífica de um corpo e é apresentada a equação matemática $C = m \times c$. Porém, não há indicação do significado de cada um dos símbolos presentes na equação.

Relação entre o Texto e as Tabelas

Tabelas são recursos geralmente utilizados com o objetivo de sintetizar uma série de informações referentes a algum assunto específico. Esse modo semiótico pode ter seus dados discutidos no texto (relação direta) ou ser exibido como uma fonte de informações complementares, sem que seja realizada uma análise do conteúdo comunicado pela tabela (ilustrativa).

Com exceção do Livro 3, que não possui tabelas no trecho selecionado para análise, a relação mais recorrente identificada entre texto e tabela não envolve a discussão dos dados que nela são apresentados. As tabelas foram, majoritariamente, ilustrativas, como pode ser observado no Quadro 9.

Quadro 9: Relações entre texto e tabelas, nos livros analisados.

Relação	Livro 1	Livro 2	Livro 3
Relação direta	1	-	-
Tabela ilustrativa	3	1	-

Em um contexto de cálculo de quantidade de calor, que envolve o uso de valores referentes a uma propriedade identificada

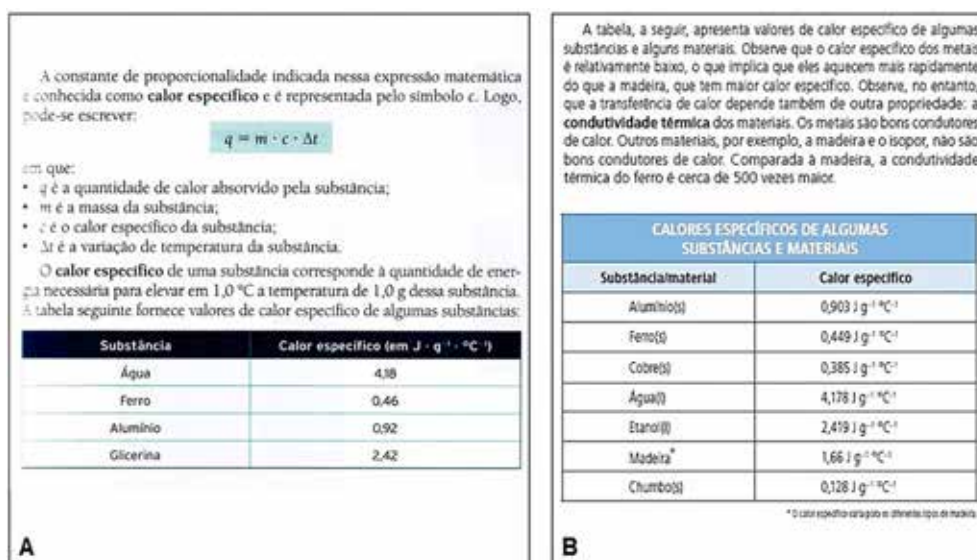


Figura 10: Exemplo de relações entre texto e tabela, Livros 1 e 2 (A = ilustrativa; B = direta). Fonte: Lisboa *et al.*, 2016, p. 55 (A), Santos e Mol, 2016, p. 252 (B).

como Calor Específico, é possível observar, na Figura 10, dois exemplos de texto, sendo que um deles apresenta os dados sem explorá-los (A) enquanto o outro explica os dados (B), oferecendo um suporte ao leitor para facilitar o entendimento.

Nesses casos, há uma nítida diferença em como os dados da tabela são tratados nas diferentes obras. Enquanto uma tabela (A) tem a função de exemplificar valores de calor específico de alguns materiais, a outra (B) usa o texto verbal para comparar valores e apresenta algumas implicações desses valores no cotidiano, como foi o caso do aquecimento de materiais. Com isso, é provável que o leitor se sinta mais familiarizado com os dados e, assim, os valorize mais.

Relação entre Texto e Boxe

As caixas de texto destacadas, presentes em alguns livros, trazem aspectos históricos (boxe-história), definição de conceitos (boxe-conceito), retomam um conceito já trabalhado (boxe-retomando conceitos) e aspectos referentes a ações cidadãs (boxe-ação e cidadania). Para esses casos, apresentamos no Quadro 10 apenas as relações entre o texto geral e os textos presentes nas “caixas”.

Quadro 10: Relações entre texto e boxe, presentes nos livros.

Relação		Livro 1	Livro 2	Livro 3
Boxe referenciado no texto	Boxe-história	-	-	-
	Boxe-conceito	8	-	-
	Boxe-relembrando conceitos	-	-	-
	Boxe-ação e cidadania	-	-	-
Boxe não referenciado no texto	Boxe-história	1	1	-
	Boxe-conceito	3	-	2
	Boxe-relembrando conceitos	-	2	-
	Boxe-ação e cidadania	1	2	-

Uma vez que essas caixas estão presentes, é esperado que elas sejam objeto de leitura. Para isso, é indicado que o(s) autor(es) faça(m) a indicação dessa leitura no texto geral, de forma que o estudante perceba o momento em que esse boxe se relaciona com o conteúdo que ele está estudando. Porém, como elas estão em número reduzido quando comparado com os outros modos semióticos, o resultado dessa análise é limitado. Continuamos, no entanto, argumentando que a presença de uma relação explícita desses textos com o texto principal fornece mais sentido a esse modo.

Outras Relações Encontradas: Gráfico/Imagem e Gráfico/Equação Química

Considerando que os livros 3 e 4 não trazem os modos semióticos gráfico e imagem, de forma simultânea, para tratar do mesmo tema, e que o Livro 1 não apresenta os modos gráfico e equação química, de forma simultânea, as relações acabam por se reduzir a poucos exemplos. Por isso, optamos por analisá-las conjuntamente. O Quadro 11 traz essas relações.

Para exemplificar, selecionamos um fragmento de um dos livros, que traz as relações feitas pelos autores. Na Figura 11

Quadro 11: Relação gráfico/imagem e Gráfico/equação química.

Relação	Livro 1	Livro 2	Livro 3
Gráfico e Imagem representam o mesmo fenômeno	-	5	-
Gráfico e equação química representam o mesmo fenômeno	4	5	2

a relação se dá entre o gráfico, a imagem e a equação química.

Na Figura 11 são apresentadas quatro situações em que a imagem se relaciona com o fenômeno representado no gráfico, acompanhado da equação química, em cada caso. Pela proximidade em que esses diferentes modos se encontram, é esperado que o leitor tenha facilidade em relacioná-los. As imagens presentes trazem informações que não estão explícitas, mas que podem ser exploradas no texto escrito.

O que essas relações nos dizem?

Nossas análises confirmaram a natureza multimodal da comunicação. Os três livros fazem uso de vários modos semióticos e as imagens são as que mais apareceram, representando cerca de 50,5% desse uso (não considerando a escrita). Porém, essas

imagens são majoritariamente utilizadas como ilustração, ou seja, a imagem está presente, mas poucas vezes é referenciada no texto escrito ou explicada pelos autores.

A presença dessas imagens em textos didáticos é uma característica crescente da contemporaneidade. O desenvolvimento das tecnologias proporcionou e facilitou a geração de imagens em muitas Ciências contemporâneas, como é o caso da Astronomia, da Bioquímica e de outras Ciências para as quais as imagens se tornaram essenciais. Isso também aconteceu nos livros didáticos que hoje são mais coloridos e mais detalhados em termos de representação, dentre outras inovações/características.

Temos plena convicção de que o uso de imagens auxilia no processo de construção do conhecimento, uma vez que possibilita aos estudantes um entendimento mais amplo do que antes era ancorado quase que exclusivamente no texto escrito. No entanto, é indicado que esses diferentes modos estejam diretamente relacionados entre si de forma que o estudante perceba que os diferentes modos semióticos estão representando o mesmo fenômeno. Observamos que há casos em que essa relação está clara nos textos didáticos. Em outros, porém, isso não acontece. Acreditamos que, ao dedicarmos atenção aos textos didático-científicos presentes nos livros didáticos,



Figura 11: Gráficos/Imagens/Equações químicas, Livro 2. Fonte: Lisboa *et al.*, 2016, p. 59.

podemos identificar possibilidades para melhorá-los ainda mais.

Nos casos em que os autores optaram por inserir em seus livros didáticos modos semióticos do tipo boxe (história, ação e cidadania, conceito, lembrando conceito), a análise feita mostrou que esses modos se relacionam com o texto escrito de forma restrita, sendo constituídos por temas que se relacionam ao conteúdo trabalhado ao longo do texto. Porém, trata-se de uma relação implícita, que poderia ser explicitada, para facilitar e aprofundar o conhecimento do próprio estudante.

As relações entre texto e gráfico, texto e equação química e texto e equação matemática, também aparecem com certa frequência e, em sua maioria, são estabelecidas de forma bem conectada ao longo das discussões. Nesse caso, é importante que o texto escrito apresente com detalhes aquilo que um gráfico ou uma equação desejam representar, pois a linguagem específica desses modos deve se tornar familiar para os estudantes, que poderão, assim, desenvolver novas habilidades de interpretar e compreender esses modos de forma mais autônoma.

Optamos por analisar os trechos referentes à parte inicial do conteúdo de Termoquímica, nos livros didáticos. Acreditamos que os resultados encontrados na análise desses trechos representam o que é a obra como um todo. À medida que entendemos a importância em relacionar esses modos, podemos fomentar essas relações nas aulas que desenvolvemos, acreditando que elas podem ser ampliadas nos livros didáticos.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 14724: *Informação e documentação - Trabalhos acadêmicos - Apresentação*. (3ª ed.) Rio de Janeiro, 2011.
- ALVES, E. G. *Um estudo multimodal de textos didáticos sobre o efeito fotoelétrico*. 30 ago. 2011. 132 p. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
- ALVES, E. G. *Utilizando o eye-tracking para caracterizar os caminhos*. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2020.
- ALVES, E. G. e MORTIMER, E. F. Integração de diferentes modos semióticos em textos multimodais de livros didáticos de Física: considerações sobre o caminho de leitura. XI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2017. *Anais...* Florianópolis-SC, 2017, p. 1-14.
- AMARAL, I. A. e MEGID NETO, J. Qualidade do livro didático de Ciências: o que define e quem define? *Ciência & Ensino*, n. 2, p. 13-14, 1997.
- BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Secretaria da Educação Básica, *Edital de Convocação Nº 03/2019 – CGPLI*. Diário Oficial da União, seção 3, Nº 176, 11 de setembro de 2019, Disponível em <https://www.fnnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/consultas/editais-programas-livro/item/13106-edital-pnld-2021>, acesso em mai. 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. *PNLD 2018: Guia de livros didáticos – Ensino Médio*. Brasília, 2017. 38 p. Disponível em: <http://www.fnnde.gov.br/pnld-2018/index.html>, acesso em set. 2018
- CARNEIRO, M. H. S.; SANTOS, W. L. P. e MÓL, G. S. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 7, n. 2, p. 101-113, mai-ago/2005.
- FRISON, M. D.; VIANNA, J.; CHAVES, J. M. e BERNARDI, F. N. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de Ciências Naturais. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8 a 13 de novembro de 2009, Florianópolis-SC. *Anais ...* Florianópolis-SC, 2009, p. 1-13.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no Ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 43-49, 1999.
- GUIMARÃES, L. P.; CASTRO, D. L.; LIMA, V. e ANJOS, M. Ensino de Ciências e experimentação: reconhecendo obstáculos e possibilidades das atividades investigativas em uma formação continuada. *Revista Thema*, v. 15, n. 3, p. 1164-1174, 2018.
- JOYCE, H. S. e FEEZ, S. *Multimodality across classrooms: learning about and through different modalities*. Routledge, 2018.
- KRESS, G. *Multimodality: a social semiotic approach to contemporary communication*. London and New York: Routledge, 2010.
- KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J. e TSATSARELIS, C. *Multimodal Teaching and Learning: The rhetorics of the science classroom*. 1 ed. London and New York: Continuum, 2001.
- LAJOLO, M. Livro didático: um (quase) manual do usuário. *Em aberto*, v. 16, n. 69, p. 3-9, 1996.
- LOBATO, A. C.; SILVA, C. N.; LAGO, R. M.; CARDEAL, Z. L. e QUADROS, A. L. Dirigindo o olhar para o efeito estufa nos livros didáticos de ensino médio: é simples entender esse fenômeno? *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 01, p. 07-24, 2009.
- MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 2, p. 73-91, 2003.
- MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. *Em aberto*, ano 7, n. 40, p. 25-41, 1988.
- MORTIMER, E. F. e QUADROS, A. L. *Multimodalidade no ensino superior*. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2018.
- MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.
- MEGID NETO, J. e FRACALANZA, H. O livro didático de Ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.
- NORRIS, S. *Analyzing Multimodal Interaction: a methodological framework*. 1 ed. New York: Routledge, 2004.
- 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.
- QUADROS, A. L.; PENA, D. M. B. e BOTELHO, M. L. S. T. As Representações Multimodais: construto teórico. In: QUADROS,

- A. L. (org.). *Representações multimodais no ensino de ciências: compartilhando experiências*. Curitiba: Ed. CRV, 2020.
- SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 119-132, 2000.
- SILVA, S. P.; SOUZA, F. E. B. e CIPRIANO, L. C. Textos multimodais: um novo formato de leitura. *Linguagem em (Re)vista*, Niterói, v. 10, n. 19, p. 133-159, 2015.
- STRIEDER, R. B. *Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas*. 2012. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- TRIVELATO, S. L. F. e TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por Investigação: eixos organizadores para sequências de Ensino de Biologia. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. esp., p. 97-114, 2015.
- ZÔMPERO, A. F. e LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no Ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

Preparação dos Manuscritos

Os trabalhos deverão ser digitados em página A4, espaço duplo, tipo Times Roman, margens 2,5, devendo ter no máximo o número de páginas especificado para a seção da revista à qual são submetidos. Na primeira página deverá conter o título do trabalho e um resumo do artigo com, no máximo, 1000 caracteres (espaços inclusos) e a indicação de três palavras-chave, seguidos de suas traduções para a linha inglesa, incluindo o título.

Não deve haver indicação dos autores no documento com o manuscrito e nenhum dado ou marcas em qualquer parte do texto que conduzam à sua identificação, durante a avaliação como, por exemplo: nome e filiação institucional; nomes de projetos e coordenadores de projetos (quando não são indispensáveis); referências e citações (utilizar “Autor1, ano”, “Autor2, ano”... para manter o anonimato); local, título ou local de defesa de mestrado ou doutorado; agradecimentos etc. Os autores devem eliminar auto-referências. As informações dos autores devem estar descritas na carta de apresentação aos editores, e esta deverá conter o título do trabalho, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) formação(ões) acadêmica(s), a instituição em que trabalha(m) e o endereço completo, incluindo o eletrônico. Verifique as propriedades do documento para retirar quaisquer informações.

As referências citadas devem ser relacionadas ao final do texto, segundo exemplos abaixo:

- **Para livros** referência completa (citação no texto entre parênteses):

AMBROGI, A.; LISBÔA, J. C. e VERSOLATO, E. F. *Unidades modulares de química*. São Paulo: Gráfica Editora Hamburg, 1987. - (Ambrogi *et al.*, 1987).

KOTZ, J. C. e TREICHEL Jr., P. *Química e reações químicas*, vol. 1 Trad. J. R. P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. - (Kotz e Treichel Jr., 2002).

- **Para periódicos** referência completa (citação no texto entre parênteses):

TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005. - (Toma, 2005).

ROSINI, F.; NASCENTES, C. C. E NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004. - (Rosini *et al.*, 2004).

- **Para páginas internet** referência completa (citação no texto entre parênteses):

<http://qnesc.sbq.org.br>, acessada em Março 2008. - (Revista Química Nova na Escola, 2008).

Para outros exemplos, consulte-se número recente da revista. Os autores devem, sempre que possível, sugerir outras leituras ou acessos a informações e reflexões a respeito dos temas abordados no texto, para serem incluídos em “Para Saber Mais”.

As legendas das figuras devem ser colocadas em página à parte, ao final, separadas das figuras. A seguir devem ser

colocadas as figuras, os gráficos, as tabelas e os quadros. No texto, apenas deve ser indicado o ponto de inserção de cada um(a).

Os autores devem procurar seguir, no possível, as normas recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.

Condições para Submissão dos Artigos

- 1) Os manuscritos submetidos não devem estar sendo analisados por outros periódicos.
- 2) Os autores são responsáveis pela veracidade das informações prestadas e responsáveis sobre o conteúdo dos artigos.
- 3) Os autores devem seguir as recomendações das Normas de Ética e Más Condutas constantes na página da revista <http://qnesc.sbq.org.br/pagina.php?idPagina=17>.
- 4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas relacionadas a seres humanos eles possuem parecer de aprovação de um Comitê de Ética em pesquisa.
- 5) No caso de envio de imagens, os autores devem enviar cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelo(s) sujeito(s) (ou seus responsáveis), autorizando o uso da imagem.
- 6) Os autores declaram a inexistência de conflito de interesses na submissão do manuscrito.
- 7) É responsabilidade dos autores garantirem que não haja elementos capazes de identificá-los em qualquer parte do texto.

Submissão dos Artigos

Química Nova na Escola oferece aos autores a submissão on line, que pode ser acessada por meio do registro de Login e Senha. É possível registrar-se em nossa página na internet (<http://qnesc.sbq.org.br>) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBCS e QN já estão cadastrados na base, devendo utilizar o mesmo Login e Senha. Após estar cadastrado no sistema, o autor pode facilmente seguir as instruções fornecidas na tela. Será solicitada a submissão de um único arquivo do manuscrito completo, em formato PDF. Está disponível uma ferramenta para gerar o arquivo .pdf, a partir de arquivo .doc ou .rtf, com envio automático para o endereço eletrônico do autor. Tão logo seja completada a submissão, o sistema informará automaticamente, por correio eletrônico, o código temporário de referência do manuscrito, até que este seja verificado pela editoria. Então será enviada mensagem com o número de referência do trabalho.

Se a mensagem com código temporário de submissão não for recebida, por algum motivo, a submissão não foi completada e o autor terá prazo máximo de 5 (cinco) dias para completá-la. Depois desse prazo, o sistema não permite o envio, devendo ser feita nova submissão.

O autor poderá acompanhar, diretamente pelo sistema, a situação de seu manuscrito.

Ao fazer a submissão, solicita-se uma carta de apresentação, indicando a seção na qual o artigo se enquadra, que deverá ser digitada no local indicado, sendo obrigatória a apresentação dos endereços eletrônicos de todos os autores.

Manuscritos revisados

Manuscritos enviados aos autores para revisão devem retornar à Editoria dentro do prazo de 30 dias ou serão considerados como retirados.

A editoria de Química Nova na Escola reserva-se o direito de efetuar, quando necessário, pequenas alterações nos manuscritos aceitos, de modo a adequá-los às normas da revista e da IUPAC, bem como tornar o estilo mais claro - respeitando, naturalmente, o conteúdo do trabalho. Sempre que possível, provas são enviadas aos autores, antes da publicação final do artigo.

Todos os textos submetidos são avaliados no processo de duplo-cego por ao menos dois assessores. Os Editores se reservam o direito de julgar e decidir sobre argumentos divergentes durante o processo editorial.

Seções / Linha Editorial

Química Nova na Escola (Impresso)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (impresso), artigos originais (em Português) que focalizem a área de ensino de Química nos níveis fundamental, médio ou superior, bem como artigos de História da Química, de pesquisa em ensino e de atualização científica que possam contribuir para o aprimoramento do trabalho docente e para o aprofundamento das discussões da área.

Química Nova na Escola (On-line)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (on-line), além dos artigos com o perfil da revista impressa, artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) em Português, Espanhol ou Inglês que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Estes artigos deverão atender aos critérios da seção “Cadernos de Pesquisa”.

Os artigos são aceitos para publicação nas seguintes seções:

● QUÍMICA E SOCIEDADE

Responsável: Roberto Ribeiro da Silva (UnB)

Aspectos importantes da interface química/sociedade, procurando analisar as maneiras como o conhecimento químico pode ser usado - bem como as limitações de seu uso - na solução de problemas sociais, visando a uma educação

para a cidadania. Deve-se abordar os principais aspectos químicos relacionados à temática e evidenciar as principais dificuldades e alternativas para o seu ensino.

Limite de páginas: 20

● EDUCAÇÃO EM QUÍMICA E MULTIMÍDIA

Responsável: Marcelo Giordan (USP)

Visa a aproximar o leitor das aplicações das tecnologias da informação e comunicação no contexto do ensino-aprendizado de Química, publicando resenhas de produtos e artigos/notas teóricos e técnicos. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 15

● ESPAÇO ABERTO

Responsável: Luciana Massi (Unesp)

Divulgação de temas que igualmente se situam dentro da área de interesse dos educadores em Química, de forma a incorporar a diversidade temática existente hoje na pesquisa e na prática pedagógica da área de ensino de Química, bem como desenvolver a interface com a pesquisa educacional mais geral. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 20

● CONCEITOS CIENTÍFICOS EM DESTAQUE

Responsável: José Luís de Paula Barros Silva (UFBA)

Discussão de conceitos básicos da Química, procurando evidenciar sua relação com a estrutura conceitual da Ciência, seu desenvolvimento histórico e/ou as principais dificuldades e alternativas para o ensino.

Limite de páginas: 20

● HISTÓRIA DA QUÍMICA

Responsável: Paulo Porto (USP)

Esta seção contempla a História da Química como parte da História da Ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Deve-se apresentar dados históricos, preferencialmente, de fontes primárias e explicitar o contexto sociocultural do processo de construção histórica.

Limite de páginas: 15

● ATUALIDADES EM QUÍMICA

Responsável: Edvaldo Sabadini (Unicamp)

Procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária redefinição de conceitos. Deve-se explicitar contribuições para o ensino da Química.

Limite de páginas: 15

● RELATOS DE SALA DE AULA

Responsável: Nyuara Araújo da Silva Mesquita (UFG)

Divulgação das experiências dos professores de Química, com o propósito de socializá-las junto à comunidade que faz

educação por meio da Química, bem como refletir sobre elas. Deve-se explicitar contribuições da experiência vivenciada e indicadores dos resultados obtidos.

Limite de páginas: 20

● **ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO**

Responsável: Rafael Cava Mori (UFABC)

Investigações sobre problemas no ensino da Química, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

● **O ALUNO EM FOCO**

Responsável: Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE)

Divulgação dos resultados das pesquisas sobre concepções de alunos e alunas, sugerindo formas de lidar com elas no processo ensino-aprendizagem, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

● **EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA**

Responsável: Mara Elisa Fortes Braibante (UFSM)

Divulgação de experimentos que contribuam para o tratamento de conceitos químicos no Ensino Médio e Fundamental e que utilizem materiais de fácil aquisição, permitindo sua realização em qualquer das diversas condições das escolas brasileiras. Deve-se explicitar contribuições do experimento para a aprendizagem de conceitos químicos e apresentar recomendações de segurança e de redução na produção de

resíduos, sempre que for recomendável.

Limite de páginas: 10

● **CADERNOS DE PESQUISA**

Responsável: Ana Luiza de Quadros (UFMG)

Esta seção é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Os artigos empíricos deverão conter revisão consistente de literatura nacional e internacional, explicitação clara e contextualização das questões de pesquisa, detalhamento e discussão dos procedimentos metodológicos, apresentação de resultados e com conclusões que explicitem contribuições, implicações e limitações para área de pesquisa em Ensino de Química. Os artigos de revisão deverão introduzir novidades em um campo de conhecimento específico de pesquisa em Ensino de Química, em um período de tempo não inferior a dez anos, abrangendo os principais periódicos nacionais e internacionais e apresentando profundidade na análise crítica da literatura, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Os artigos teóricos deverão envolver referenciais ainda não amplamente difundidos na área e trazer conclusões e implicações para a pesquisa e a prática educativa no campo do Ensino de Química, apresentando profundidade teórica, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Para esta seção, o resumo do artigo deverá conter de 1000 a 2000 caracteres (espaços inclusos), explicitando com clareza o objetivo do trabalho e informações sobre os tópicos requeridos para o tipo de artigo. Poderão ser indicadas até seis palavras-chaves.

Limite de páginas: 30 a 40.

A Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química tem o prazer de anunciar mais um produto,
Programas de TV Química Nova na Escola no formato DVD.

Nesta edição dos **Programas de TV QNEsc**, você encontrará:

- Visualização Molecular
- Nanotecnologia
- Hidrosfera
- Espectroscopia
- A Química da Atmosfera
- A Química dos Fármacos.
- Polímeros Sintéticos
- As Águas do Planeta Terra
- Papel: origem, aplicações e processos.
- Vidros: evolução, aplicações e reciclagem.
- Vidros: origem, arte e aplicações.
- Látex: a camisinha na sala de aula.

São **12 títulos temáticos** em formato digital que totalizam cerca de 4 horas de programação.
Para outras informações e aquisição,
acesse www.s bq.org.br em Produtos da SBQ.

