

química nova

NA ESCOLA

Volume 46, nº 2, maio 2024

História da Química

Relatos de Sala de Aula

Educação em Química e Multimídia

Química e Sociedade

Conceitos Científicos em Destaque

História da Química

Atualidades em Química

Relatos de Sala de Aula

Experimentação no Ensino de Química

Ensino de Química em Foco

O Aluno em Foco Espaço Aberto

Química e Sociedade

O Aluno em Foco

Cadernos de Pesquisa

Conceitos Científicos em Destaque

- 81 Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinar para o Ensino de Química e Matemática
Rayanne P. W. Lima, Lilyane G. Figueiredo, Suzana G. Machado, Eloi A. S. Filho
- 89 A nucleossíntese estelar e os elementos químicos essenciais para a vida
Luana R. da Conceição e Roberto Ortiz
- 95 Construção de uma casa sustentável: explorando desenvolvimento de projetos e abordagem STEM no novo Ensino Médio
Guilherme Seminatti e Thiago B. Cavassani
- 104 A química do vinho no Egito Antigo: a Lei 10.639/03 no Ensino remoto
Fernando R. Costa, Thatianny A. L. Silva, Marysson J. R. Camargo e Anna M. Canavarro Benite
- 114 Perfil Sustentável: um jogo didático para o desenvolvimento da temática biogás
Ana C. Lazaroto, Eduardo V. Masetto, Claudia A. Fiorese, Fernanda O. Lima, Clovis Caetano, André L. Gallina, Letiére C. Soares
- 125 Elementos do Ensino por Investigação em atividades elaboradas por licenciandos em Química
Jean M. S. Menezes e Sidilene A. Farias
- 135 Motivation to learn through interactive lectures: a chemistry research popularization
Kenia Naara Parra, Franciani Cássia Sentanin e Ana Claudia Kasseboehmer

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 Lisbôa (GEPEQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Lenir Basso Zanon (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)
Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)
Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)
Roberto Ribeiro da Silva (UnB - Brasília, DF - Brasil)
Roseli Pacheco Schnetzler (UNIMEP - Piracicaba, SP - Brasil)

ASSISTENTE EDITORIAL

Nássara Bárbara Mendes Tanabe

Química Nova na Escola é uma publicação trimestral da Sociedade Brasileira de Química que tem como local de publicação a sede da sociedade localizada no Instituto de Química da USP - Av. Prof. Lineu Prestes, 748, Bloco 3 superior, sala 371 05508-000 São Paulo - SP, Brasil Fone: (11) 3032-2299, E-mail: qnesc@sbq.org.br

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

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

Copyright © 2024 Sociedade Brasileira de Química

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

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

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

Licenças Creative Commons

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

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

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



diagramação/capa

Hermano Serviços de Editoração

Sumário/Contents

Espaço Aberto / Issues/Trends

- 81 Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinar para o Ensino de Química e Matemática
Alternative molecular models: a cost-effective and interdisciplinary proposition for the teaching of Chemistry and Mathematics

Ryanne P. W. Lima, Lilyane G. Figueiredo, Suzana G. Machado, Eloi A. S. Filho

Atualidades em Química / Chemistry Updates

- 89 A nucleossíntese estelar e os elementos químicos essenciais para a vida
Stellar nucleosynthesis and the essential chemical elements for life

Luana R. da Conceição e Roberto Ortiz

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

- 95 Construção de uma casa sustentável: explorando desenvolvimento de projetos e abordagem STEM no novo Ensino Médio
Construction of a sustainable house: exploring project development and STEM approach in the new high school

Guilherme Seminatti e Thiago B. Cavassani

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

- 104 A química do vinho no Egito Antigo: a Lei 10.639/03 no Ensino remoto
The chemistry of wine in ancient Egypt: law 10.639/03 in remote education

Fernando R. Costa, Thatianny A. L. Silva, Marysson J. R. Camargo e Anna M. Canavarro Benite

- 114 Perfil Sustentável: um jogo didático para o desenvolvimento da temática biogás
Sustainable Profile: a didactic game for the development of biogas thematic

Ana C. Lazaroto, Eduardo V. Masetto, Claudia A. Fioresi, Fernanda O. Lima, Clovis Caetano, André L. Gallina, Letiére C. Soares

- 125 Elementos do Ensino por Investigação em atividades elaboradas por licenciandos em Química
Elements of Inquiry-based Teaching in activities elaborated by Chemistry undergraduates

Jean M. S. Menezes e Sidilene A. Farias

Cadernos de Pesquisa / Research Letters

- 135 Motivation to learn through interactive lectures: a chemistry research popularization
Motivação para aprender por meio de palestras interativas: a popularização da pesquisa química

Kenia Naara Parra, Franciani Cássia Sentanin e Ana Claudia Kasseboehmer

A formação de professores mais uma vez em pauta

No último mês de março, o Conselho Nacional de Educação aprovou o Parecer 4/2024 e um Projeto de Resolução (aguardando homologação pelo Ministro da Educação) que “define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial em Nível Superior de Profissionais do Magistério da Educação Escolar Básica (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados não licenciados e cursos de segunda licenciatura)”. O maior mérito do texto talvez seja a revogação da Resolução CNE/CP nº. 2, de 20 de dezembro de 2019 – uma das infaustas heranças do período sombrio vivido pelo país entre 2019 e 2022, e que concebia o professor como um mero técnico encarregado de executar a *Base Nacional Comum Curricular* (BNCC) nas escolas. Dentre os aspectos positivos do novo Projeto de Resolução, estão as referências explícitas, espalhadas pelo texto, aos direitos humanos, “respeito e apreço à diversidade”, relações étnico-raciais, atuação das mulheres na sociedade, que são pontos fundamentais neste momento em que parcela significativa da população brasileira tem abraçado valores obscurantistas e antidemocráticos. O texto menciona ainda que a formação de profissionais do magistério deve contribuir para a consolidação de uma nação “laica”, acréscimo necessário quando se observa que determinados grupos têm manifestado a intenção de alcançar o poder para implantar uma teocracia no país. Outro aspecto que apresenta potencial para beneficiar a educação brasileira é o aumento da exigência de carga horária para os cursos de segunda licenciatura e para graduados não licenciados, bem como a explicitação das cargas horárias presenciais exigidas para os cursos de licenciatura à distância.

Em que pesem os pontos positivos, remanescem ambiguidades no texto. O Projeto de Resolução resgata partes importantes da Resolução 2/2015, cuja restauração foi defendida por diversas entidades representantes de profissionais da Educação. Porém, conteúdos relevantes daquela Resolução foram omitidos. Contraditoriamente, o Projeto de Resolução afirma que a “formação inicial... possui articulação intrínseca e indissociável... às políticas de formação continuada”, mas exclui toda a regulamentação da formação continuada que estava presente na Resolução 2/2015. Outra ausência sentida em relação ao texto de 2015 é do capítulo que tratava da valorização dos profissionais do magistério.

O Projeto de Resolução enfatiza a necessidade de articulação da teoria com a prática, ressaltando o papel dos estágios supervisionados e das atividades de extensão, e conciliando a regulamentação destas últimas com o disposto

em outro marco legal recente, a Resolução CNE/CES no. 7, de 18/12/2018 (Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira). O Parecer que antecede o Projeto de Resolução manifesta preocupação com o crescimento da participação da modalidade à distância entre os cursos de formação de professores e professoras, e o texto mantém a recomendação de que essa formação “será ofertada, *preferencialmente*, de forma presencial” (grifo nosso). Ainda que o Projeto de Resolução aumente a exigência de atividades presenciais para a modalidade à distância, resta saber se isso será suficiente para garantir a qualidade dos cursos.

Diversos assuntos que interessam aos formadores de professores/as de Química, relacionados a questões contempladas pelo referido Projeto de Resolução, encontram-se presentes de alguma forma neste número de *Química Nova na Escola*. Reflexões sobre o desenvolvimento de abordagens inovadoras para formação inicial de professores/as de Química levaram ao desenvolvimento do trabalho descrito no artigo “Elementos do Ensino por Investigação em atividades elaboradas por licenciandos em Química”. Formadores preocupados em encontrar maneiras de concretizar a curricularização das atividades de extensão poderão se inspirar no projeto de divulgação científica apresentado e analisado no artigo “Motivation to learn through interactive lectures: a chemistry research popularization”, da seção Cadernos de Pesquisa. Se a formação continuada de professores/as está ausente do novo Projeto de Resolução, *QNEsc* mais uma vez oferece variados subsídios para contribuir com ela. Os autores de “Construção de uma casa sustentável: explorando desenvolvimento de projetos e abordagem STEM no novo Ensino Médio” explicitamente manifestam sua intenção de fornecer apoio a professores/as diante das demandas da atualidade, e descrevem uma atividade inovadora realizada com estudantes do Ensino Médio. A preocupação em levar o tópico da sustentabilidade para as aulas de Química também aparece no artigo “Perfil Sustentável: um jogo didático para o desenvolvimento da temática biogás”, que promove reflexões muito úteis sobre a construção de um jogo didático e a adequação de seu conteúdo. Outra temática desafiadora para professores/as de Química são as questões étnico-raciais, que até recentemente eram negligenciadas na formação inicial; nesse sentido, o artigo “A química do vinho no Egito Antigo: a Lei 10.639/03 no ensino remoto” oferece possibilidades para abordar conhecimentos produzidos por povos originários da África no contexto da Química. A preocupação em proporcionar informação de qualidade



a professores/as em exercício é constante nas páginas de *QNEsc*, e a seção Atualidades em Química tem cumprido o papel de mantê-los/as inteirados/as de conteúdos correntes. Nesta edição, o artigo “A nucleossíntese estelar e os elementos químicos essenciais para a vida” trata de assuntos que abrem oportunidades para abordagens interdisciplinares com os/as estudantes. Ainda nessa perspectiva de construir diálogos entre diferentes disciplinas, um possível caminho é apresentado pelos autores de “Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática”.

Como o/a leitor/a terá oportunidade de verificar nas próximas páginas, quaisquer que sejam as tendências a balizar a

formação inicial e continuada de professores/as de Química, estes/as encontrarão em *QNEsc* apoio permanente.

Que esta edição seja muito proveitosa a todo nosso público leitor!

Paulo Alves Porto ^{IB}

*Instituto de Química, Universidade de São Paulo (USP),
São Paulo-SP, Brasil*

Saete Linhares Queiroz ^{IB}

*Instituto de Química de São Carlos, Universidade de
São Paulo (USP), São Carlos-SP, Brasil*

Editores de QNEsc

Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática

Rayanne P. W. Lima, Lilyane G. Figueiredo, Suzana G. Machado e Eloi A. S. Filho

O ensino de Química e Matemática pode ser desafiador devido à necessidade de percepção visual e abstração. Uma estratégia para contornar essa problemática é o uso da interdisciplinaridade entre Química e Matemática com associação dos conhecimentos individuais de cada área, aplicados a um modelo físico. Neste trabalho é proposta a construção de um modelo molecular desmontável como uma alternativa prática e de baixo custo para auxiliar no ensino de geometria molecular em associação ao ensino de ângulos, trigonometria e geometria plana na Matemática. Além disso, o artigo propõe uma atividade prática em que os alunos desenham as geometrias moleculares no papel e constroem o modelo físico correspondente. Também é demonstrado o cálculo prático da estrutura molecular da amônia (NH_3) representado neste modelo físico, onde os comprimentos de ligações e seus ângulos foram utilizados para obtenção da altura e áreas relacionadas ao sólido geométrico proposto.

► geometria, moléculas, ensino ◀

Recebido em 23/08/2023; aceito em 09/01/2024

81

Introdução

O ensino de química é marcado pela necessidade da percepção visual, sendo necessária uma capacidade muito grande de abstração para a aprendizagem de tópicos como ligações químicas e geometria molecular. Este é um dos desafios relacionados ao processo de ensino e aprendizagem: encontrar estratégias para trabalhar com conteúdos que exigem ampla capacidade de abstração, transformando conceitos em algo que possa ser percebido e observado pelo estudante, favorecendo a compreensão e a aprendizagem (de Farias *et al.*, 2015; Fernandez e Marcondes, 2006).

Assim como na Química, o ensino de conceitos matemáticos também é desafiador para estudantes e professores. Settimy e Bairral (2020) relatam a necessidade do equilíbrio entre o pensamento sequencial da álgebra com o visual desenvolvido pela geometria para que ocorra um desenvolvimento verdadeiro na resolução de problemas e provas de propriedades. As dificuldades envolvidas nas habilidades

visuais da percepção de objetos no espaço, aplicação de teoremas e propriedades e a integração de um novo vocabulário específico da geometria são algumas problemáticas encontradas.

Desse modo, o uso de modelos físicos durante as aulas teóricas de Química, tornando-as mais dinâmicas e integrando o aluno à aprendizagem ativa, pode ser uma boa estratégia para tornar mais concreto o ensino e a aprendizagem de conceitos abstratos. Seguindo essa linha, para minimizar as dificuldades encontradas no ensino de conceitos matemáticos, o uso de atividades práticas e lúdicas também é um recurso facilitador da aprendizagem.

Neste sentido, o uso de modelos físicos pode contribuir tanto para a aprendizagem de tópicos relevantes da geometria espacial, favorecendo a visualização das moléculas, quanto para o estudo de geometrias moleculares, a partir da construção dos modelos (de Farias *et al.*, 2015).

Assim, pode-se dizer que estes modelos têm potencial para ajudar na percepção espacial de formas geométricas associadas às moléculas, além de conciliar conceitos e

[...] o uso de modelos físicos durante as aulas teóricas de Química, tornando-as mais dinâmicas e integrando o aluno à aprendizagem ativa, pode ser uma boa estratégia para tornar mais concreto o ensino e a aprendizagem de conceitos abstratos.



conteúdos da Matemática e da Química à dinâmica de ensino-aprendizagem, promovendo uma abordagem mais integrada e interdisciplinar, o que pode proporcionar uma ampliação do interesse e da motivação do estudante para o tema, bem como potencializar a aprendizagem.

Por abordagem interdisciplinar, apoiando-se nos estudos de Fazenda (2008), Japiassu (1976), Trindade (2013), entre outros, entende-se a utilização de práticas que promovam diálogo e cooperação coordenados entre disciplinas e, neste caso específico, entre Química e Matemática. Nas palavras de Fazenda (2008), a atitude interdisciplinar é “[...] uma atitude diante de alternativas para conhecer mais e melhor; [...] atitude de reciprocidade que impele à troca, que impele ao diálogo [...]” e, ainda nesta esteira, Trindade (2013) acrescenta que o trabalho interdisciplinar, nesta perspectiva,

[...] pressupõe uma desconstrução, uma ruptura com o tradicional e com o cotidiano tarefairo escolar. O professor interdisciplinar percorre as regiões fronteiriças flexíveis onde o ‘eu’ convive com o ‘outro’, sem abrir mão de suas características, possibilitando a interdependência, o compartilhamento, o encontro, o diálogo e as transformações. Esse é o movimento da interdisciplinaridade caracterizada por atitudes ante o conhecimento (grifo no original).

O trabalho aqui apresentado propõe essa ruptura e se configura como esse encontro de saberes e práticas, como diálogo, compartilhamento com possibilidades de transformações de práticas e aprendizagens.

Ainda numa perspectiva de trabalho interdisciplinar entre Química e Matemática, é possível utilizar a Teoria de Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência -VSEPR (Atkins *et al.*, 2018) - para determinar a geometria molecular e, logo depois, utilizar conceitos matemáticos para analisar e comparar diferentes geometrias, distâncias e ângulos presentes na molécula comparando-a com um sólido geométrico (pirâmides, primas, etc.).

Na literatura, são relatados modelos moleculares com o uso de diversos materiais, tais como: polimérico por impressão 3D (Penny *et al.*, 2017); canudos, hastes flexíveis e frascos de desodorante *rollon* (Silva *et al.*, 2017; de Farias *et al.*, 2015); e bolas de isopor e palitos de madeira (de Menezes *et al.*, 2017). Embora a diversidade de metodologias, os aspectos de reciclagem e o engajamento dos alunos na construção sejam aspectos positivos, esses modelos apresentam algumas questões de ordem prática que precisam ser levadas em consideração. Se a escola não tiver espaço físico adequado, a construção dos modelos pelos alunos torna-se mais complexa. O custo do material também é um fator que merece atenção, bem como o fato de serem modelos fixos que, em caso de necessidade de transporte, precisam ser alocados em caixas grandes. Uma alternativa seria o uso de

um modelo molecular desmontável, podendo ser alocado em um caixa de sapato, construído com materiais de baixo custo, de boa durabilidade, favorecendo sua utilização de forma prática em diferentes ambientes escolares.

Como citado anteriormente, esta é a proposta deste artigo: apresentar uma estratégia eficaz e de fácil construção e utilização, com a finalidade de dinamizar o ensino da Química e da Matemática, promovendo uma prática interdisciplinar, associando modelos moleculares da disciplina de Química com a geometria espacial da Matemática.

Uma contextualização à problemática do ensino de Química e Geometria

A Química é uma ciência que trata de fenômenos que ocorrem em escalas atômicas e subatômicas, as quais são representadas em nível submicroscópico, sendo baseada em modelos. Um modelo pode ser entendido como um meio entre a abstração teórica e as ações concretas de um experimento (da Silva, 2021). Para que o aprendizado aconteça, é necessário que o aluno consiga abstrair e compreender o modelo proposto, levando em conta que este serve para explicar um fenômeno que não pode ser visto, mas com evidências de que ocorra. Contudo, os estudantes apresentam dificuldades em compreender as representações em Química. Ben-Zvi *et al.* (1987) relatam que as compreensões em escala microscópica e os símbolos trabalhados na Química são espe-

cialmente difíceis para os estudantes, porque são invisíveis e abstratos e os alunos necessitam também de uma construção de informação sensorial. Sendo assim, é interessante trabalhar inicialmente com informações observáveis, no nível macroscópico, para depois abordar os conceitos utilizando modelos, promovendo assim, discussões em nível microscópico (Lecrer e Pazuch, 2020; Fernandez e Marcondes, 2006).

Uma forma de potencializar a aprendizagem dos estudantes sobre geometria molecular é o desenvolvimento de um modelo mental a partir de um modelo físico. Segundo Setti *et al.* (2019), os modelos mentais não precisam ser precisos, mas funcionais para a interação do aluno com o conhecimento previamente adquirido pelos conceitos e fenômenos que, anteriormente, eram considerados de alto grau de complexidade para seu entendimento. Portanto, a construção de significado das geometrias moleculares é uma forma de desenvolver a percepção sensorial e aprendizagem ativa, na qual os próprios alunos constroem seus conhecimentos científicos mediados pelo professor.

O fato de a geometria molecular ser difícil de visualizar torna a Química um assunto desafiador para estudar. Além disso, a forma como as pessoas visualizam estruturas complexas depende da base teórica e preparação visual. Segundo Martins *et al.* (2020):

Para que o aprendizado aconteça, é necessário que o aluno consiga abstrair e compreender o modelo proposto, levando em conta que este serve para explicar um fenômeno que não pode ser visto, mas com evidências de que ocorra.

Essa dificuldade em visualizar modelos geométricos em três dimensões pode aparecer ainda no ensino fundamental no estudo de Geometria Espacial, na disciplina de Matemática, assim quando o aluno chega ao Ensino Médio e se depara com Geometria Molecular ele logo pode associar sua dificuldade em Matemática para com a Química, já que o aluno precisará de algumas habilidades, como conhecer a geometria espacial e plana, noções de profundidade e espaço e capacidade (Martins *et al.*, 2020)).

Os alunos aprendem Ciências por meio de um processo de construção, interpretação e modificação de suas próprias representações da realidade com base em suas experiências (Fernandez e Marcondes, 2006). De acordo com a teoria construtivista de aprendizagem, os alunos tentarão incorporar as representações mentais de objetos e conceitos, acompanhados de detalhes fornecidos pelo professor, adaptando assim seus conhecimentos anteriores para, em última análise, construir seus próprios entendimentos (Harle e Towns, 2011). Os alunos geram suas próprias imagens mentais quando ouvem sobre o material apresentado em aula ou leem um texto. Portanto, é importante para os alunos desenvolverem alfabetização visual e habilidade espacial, visto que a Química e Matemática são disciplinas conceituais. Normalmente, tais disciplinas utilizam modelos tanto para explicar conceitos, como também para descrever e relacionar o mundo submicroscópico com as propriedades macroscópicas da matéria e com a utilização dos teoremas e cálculos algébricos (Taber, 2002).

As habilidades de alfabetização visual são importantes para os alunos de Química compreenderem as estruturas e funções de moléculas de várias representações externas (Harle e Towns, 2011). Muitos fenômenos da Química não são óbvios sem o uso da visualização por modelos bidimensionais ou tridimensionais. Os modelos mentais requerem a existência de ferramentas de visualização como o uso do modelo desmontável como instrumento educacional nas aulas teóricas de geometria molecular. No estudo da geometria

espacial, a visualização dos sólidos geométricos representa um grande desafio para os professores de Matemática. Inicialmente, os alunos apresentam dificuldades ligadas às propriedades dos sólidos geométricos como, por exemplo, calcular arestas, áreas laterais e ângulos, devido ao pouco conhecimento de conceitos básicos de geometria espacial (Rogenski e Pedroso, 2009). Outro fator relevante é que a visualização apresenta um caráter individualizado, pois abrange aspectos como desenhar, formar imagens, visualizar e mudar formas mentalmente (Lemos e Bairral, 2010).

No caso das geometrias moleculares, a manipulação dos modelos será usada para o estudo de pirâmides. Além disso, vamos utilizar os modelos para os cálculos de área de superfície da base, área de superfície lateral, volume de pirâmide e de tronco de pirâmide. Trataremos da visualização de elementos fundamentais para esses cálculos, tais como aresta da base, aresta lateral, apótema da base, apótema lateral e altura.

É importante ressaltar que o modelo pode ser usado para o estudo de outros poliedros com o mesmo objetivo, ampliando, dessa forma, as possibilidades para o ensino da geometria espacial. Ainda numa perspectiva interdisciplinar, outros conteúdos podem ser trabalhados com a proposta desenvolvida por este modelo, como ângulos, trigonometria, geometria plana que podem ser associados a estruturas moleculares.

Montagem do modelo físico e proposta de aplicação

Para a criação do modelo físico proposto são necessários os seguintes materiais: bolas de isopor de 5 cm e 8 cm de diâmetro, um conjunto de hastes para suporte de balão decorativo, balões para festa coloridos e cola de isopor (Figura 1). Esses materiais podem ser encontrados em lojas de material de escritório, onde o valor total médio é de R\$ 30 para montar um Kit com as geometrias moleculares básicas (linear, trigonal, tetraédrica, bipirâmide e octaédrica).

Para a montagem das geometrias moleculares é necessária a utilização da Teoria de Repulsão dos Pares de Elétrons



Figura 1: Material utilizado na confecção do modelo e estrutura finalizada.

da Camada de Valência (VSEPR) (Brown *et al.*, 2016) para ajustar as quantidades de ligações químicas e ângulos de ligação. Montar uma molécula envolve o planejamento prévio do comportamento dos pares de elétrons contidos em cada átomo, como demonstrado para a molécula do formaldeído na Figura 2. Deve-se seguir as etapas de: (1) fazer a distribuição de Lewis, (2) verificar o número de pares eletrônicos ligantes e não ligantes, (3) definir a estrutura mais provável considerando a VSEPR (indicado na Tabela 1) e (4) colocar os demais átomos em volta do átomo central.

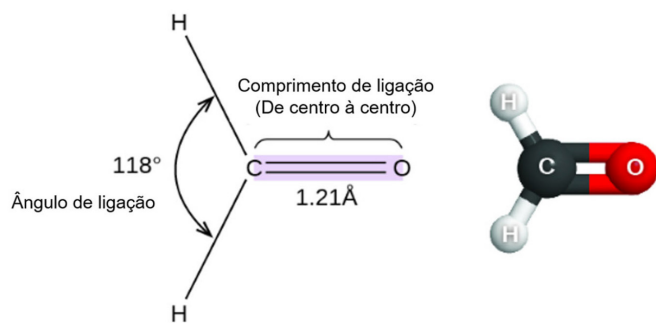


Figura 2: Geometria molecular do formaldeído e sua implicação no comprimento de ligação e ângulo. (Blader *et al.*, 2019) (Adaptado)

84

A VSEPR é uma teoria utilizada para prever a geometria de uma molécula com base na ideia de que os pares de elétrons na camada de valência de um átomo central tendem a se distribuir no espaço de forma a minimizar as repulsões entre eles. Os pares de elétrons, sejam ligantes ou não-ligantes, se repelem, mutuamente, para se obter o máximo

de distância entre eles. Isso resulta em arranjos geométricos específicos ao redor do átomo central, determinados pelo número de pares de elétrons ao redor desse átomo (Brown *et al.*, 2016). Após a definição da localização dos pares de elétrons, é possível associar a geometria molecular obtida pelas principais estabelecidas pelo VSEPR e relacionados na Tabela 1 (Blader *et al.*, 2019).

Utilizando essas informações é possível preparar o material para a construção do modelo. As bolas de isopor são inseridas dentro do balão que pode ser organizado por cores para a percepção visual dos planos geométricos nas moléculas, além de proteger o isopor para ter uma durabilidade maior. Após isso, o posicionamento das peças do suporte é feito de forma a ter os ângulos das ligações respeitados no átomo central e a fixação é feita com a cola de isopor. Em sequência, as hastes são utilizadas para conectar as bolas de isopor (átomos ligantes e central) e finalizar a montagem do modelo de bola e bastão. Por ser um modelo desmontável, é de fácil transporte e armazenamento, tendo em média uma duração útil de 5 anos. A Figura 3 apresenta a estrutura desse modelo físico.

Como se pode observar, esse modelo permite a apresentação das geometrias moleculares: linear, trigonal, tetraédrica, bipirâmide e octaédrica. Além disso, com a utilização de cores, é possível identificar planos geométricos e fazer a diferenciação dos átomos ligantes e central. Sua alocação pode ser feita em uma caixa de 25x25 cm, facilitando seu transporte.

Após esse momento de construção do conhecimento sobre as geometrias, pode-se instigar os alunos a desenvolverem

Tabela 1: Exemplos de moléculas e suas geometrias via VSEPR (Blader *et. al.*, 2019) (Adaptado).

Geometria	Linear	Angular	Trigonal Plana	Pirâmidal
	$X-A-X$			
Ângulos de ligações esperados	180°	< 180°	120°	< 120°
Geometria	Quadrado Planar	Tetraédrica	Bipirâmidal	Octaédrica
Ângulos de ligação esperados	90°	109,5°	90°, 120°	90°

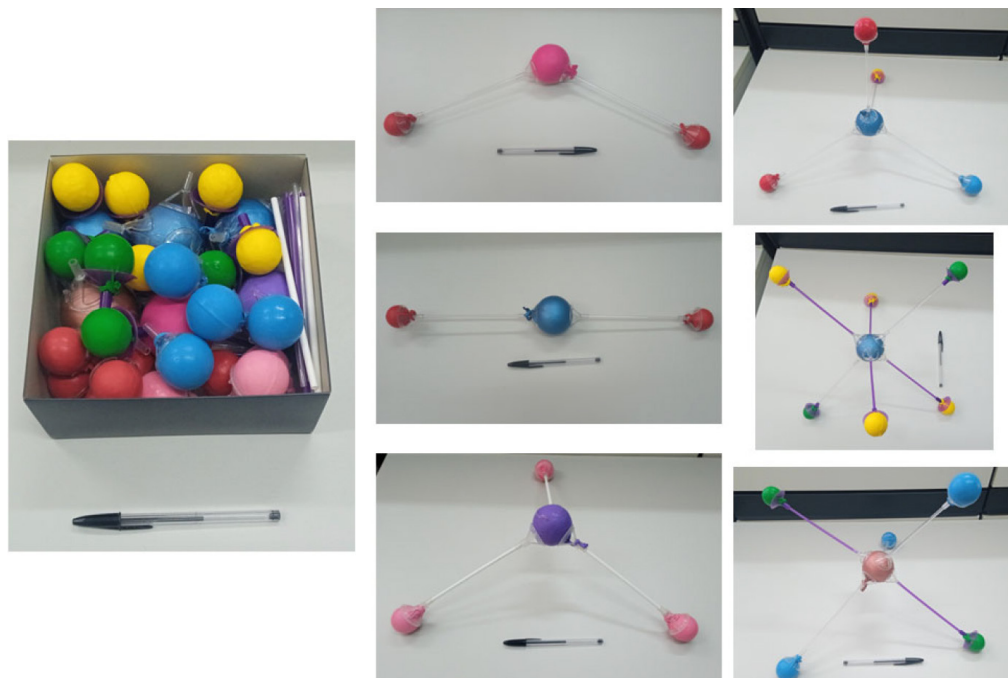


Figura 3: Modelo físico proposto com disposição de todas as partes em uma caixa e comparação das geometrias moleculares com uma caneta.

o modelo físico a partir de uma percepção visual 3D. Uma proposta para esse experimento é da orientação dos estudantes para definir a geometria das moléculas de Cl_2 , H_2S , SO_3 , PF_3 e CHCl_3 . Os alunos podem ser divididos em grupos que desenharão as geometrias de cada molécula no papel. Após este período, um representante de cada grupo pode ser convidado a ir até a lousa e desenhar a representação que o grupo realizou. Em seguida, pode-se solicitar que cada grupo construa a molécula com os modelos físicos e compare com a representação em papel. Os critérios de análise serão estabelecidos pelo professor, mas algumas sugestões são: fórmula molecular, ligações químicas, tridimensionalidade e a geometria molecular.

Na associação com os conhecimentos de geometria espacial podem ser desenvolvidos cálculos que permitam a obtenção dos sólidos geométricos e visualização de figuras

planas em moléculas. Por exemplo, a configuração linear se assemelha a um eixo, enquanto a trigonal planar lembra um triângulo plano e a tetraédrica se relaciona a um tetraedro regular. Essas analogias simplificadas permitem imaginar a distribuição espacial dos átomos em moléculas complexas como a bipiramidal, que pode ser visualizada como duas pirâmides de base triangular sobrepostas, facilitando a compreensão da sua estrutura tridimensional. Associar essas geometrias a sólidos conhecidos ajuda a tornar a compreensão das estruturas moleculares mais acessível e tangível. Para exemplificar, a molécula de amônia possui a fórmula NH_3 (Figura 4), comprimento de ligação N-H de 101,7 pm e ângulos de ligação H-N-H de $106,7^\circ$ (Química Nova Interativa, 2023). Com esses dados temos um modelo de pirâmide de base triangular regular (Figura 5-a), cuja face lateral pode ser representada pela Figura 5-b.

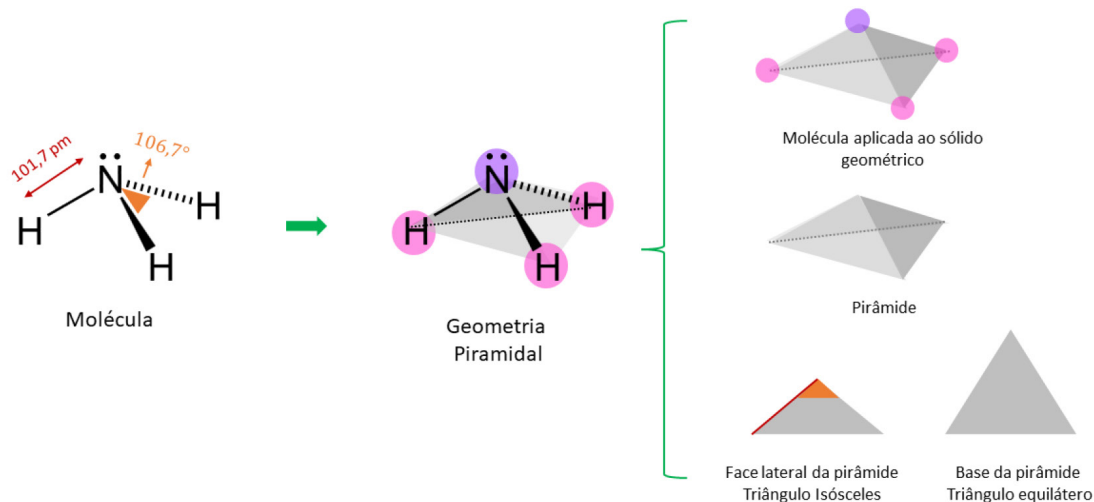


Figura 4: Demonstração da geometria piramidal da molécula de NH_3 em associação com a pirâmide, triângulos da base e face lateral.

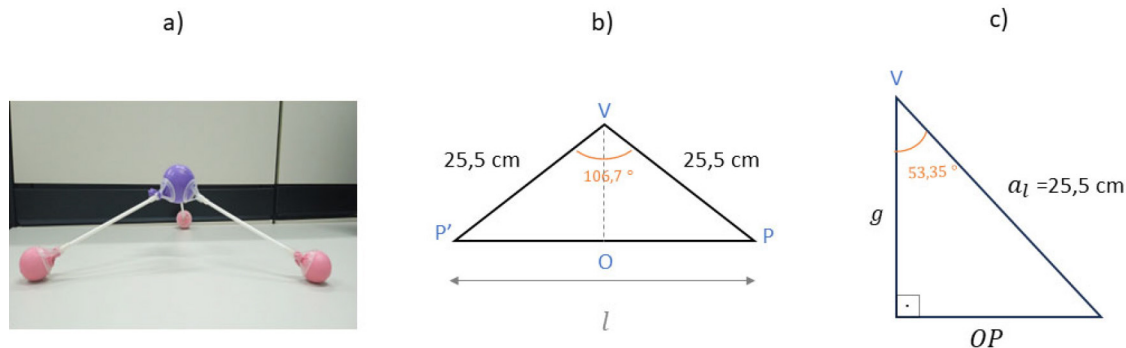


Figura 5: (a) Modelo representativo da molécula de NH_3 (b) Face lateral da pirâmide (c) Destaque do triângulo retângulo derivado da face lateral com a hipotenusa, ou aresta lateral (a_l) igual a 25,5 cm, cateto oposto (OP), ângulo de $53,35^\circ$ e apótema da pirâmide (g) em destaque.

Utilizando o modelo físico, podemos medir os comprimentos das ligações para ilustrar as distâncias entre os átomos. Essa abordagem permite a visualização pelo aluno e a correlação geométrica entre o tamanho do modelo físico e a estrutura molecular da amônia. Analisando o modelo molecular da amônia (Figura 5a), cada vareta (ou ligação) representaria a distância entre o átomo de nitrogênio e um átomo de hidrogênio. Assim, ao medir essas varetas com a régua, estaríamos determinando os comprimentos aproximados das ligações na molécula de amônia. Por exemplo, temos um triângulo isósceles na face lateral da molécula (Figura 5b) e, extraído dele, um triângulo retângulo (Figura 5c) que nos permite calcular a aresta da base (l) dessa pirâmide a partir do comprimento do segmento $P'P$. Usando a definição de seno de um ângulo como a razão do cateto oposto (OP) pela hipotenusa, as dimensões reais das distâncias no modelo molecular proposto e o valor do ângulo da ligação N-H, podemos afirmar que:

$$\text{sen}53,35^\circ = \frac{OP}{25,5} \quad (1)$$

$$0,8022 = \frac{OP}{25,5}$$

$$OP = 20,46 \text{ cm}$$

A aresta da base (l) da pirâmide será o dobro desse valor, ou seja, $l = 40,92 \text{ cm}$, já que nesse triângulo isósceles, o segmento VO é uma mediana (reta que parte do vértice até o ponto médio do lado oposto). Passamos agora para os cálculos de apótema da base (m) e raio da base (r) da pirâmide que são, respectivamente, um terço e dois terços da altura de um triângulo equilátero (Figura 6a). Considerando que a altura de um triângulo equilátero é relacionada por $\frac{l\sqrt{3}}{2}$, podemos calcular:

$$m = \frac{1}{3} \frac{l\sqrt{3}}{2} = \frac{l\sqrt{3}}{6} = \frac{40,92 \times 1,73}{6} = 11,8 \text{ cm} \quad (3)$$

$$r = \frac{2}{3} \frac{l\sqrt{3}}{2} = \frac{l\sqrt{3}}{3} = \frac{40,92 \times 1,73}{3} = 23,6 \text{ cm} \quad (4)$$

Para o cálculo do apótema da pirâmide (g), vamos considerar uma face lateral e nela destacar dois triângulos retângulos. Para cada triângulo retângulo (Figura 5c), vale a seguinte relação para a aresta lateral (a_l):

$$(a_l)^2 = g^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2 \quad (5)$$

onde a_l é correlacionado com o segmento VP na Figura 5c e $l = 40,92 \text{ cm}$ que foi calculado anteriormente. Assim temos:

$$\begin{aligned} (25,5)^2 &= g^2 + (20,46)^2 \\ g^2 &= 231,6384 \\ g &= 15,22 \end{aligned}$$

Em toda pirâmide reta, podemos afirmar que:

$$g^2 = h^2 + m^2 \quad (6)$$

Com isso, conseguimos calcular o valor da altura (h) da pirâmide (Figura 6b):

$$\begin{aligned} h^2 &= 231,6384 - 139,24 \\ h^2 &= 92,3984 \\ h &= 9,61 \text{ cm} \end{aligned}$$

Finalmente, com todos os elementos acima, passamos aos cálculos de área lateral (A_l), área da base (A_B) e volume (V) da pirâmide:

$$A_l = 3 \times \left(\frac{l \times g}{2}\right) = 3 \times \left(\frac{40,92 \times 15,22}{2}\right) = 311,4 \text{ cm}^2 \quad (7)$$

$$A_B = \frac{l^2 \sqrt{3}}{4} = \frac{(40,92)^2 \times \sqrt{3}}{4} = 725,05 \text{ cm}^2 \quad (8)$$

$$V = \frac{1}{3} A_B h = \frac{1}{3} \times 725,05 \times 9,61 = 2322,58 \text{ cm}^3 \quad (9)$$

Os valores calculados foram próximos dos valores reais medidos no modelo molecular proposto. Além disso, ao utilizar a relação demonstrada na Equação 1 com os dados

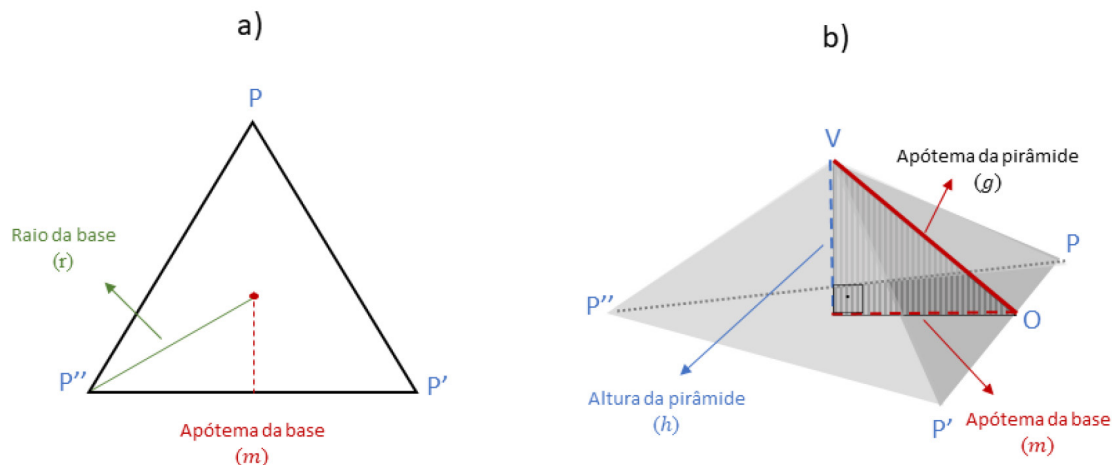


Figura 6: (a) Demonstração da base da pirâmide com forma trigonal equilátera (b) Projeção da altura da pirâmide, apótema da pirâmide e lateral no sólido geométrico.

reais do comprimento da ligação N-H igual a 101,7 pm e ângulo de $106,7^\circ$ (Química Nova Interativa, 2023), obtemos o valor de $l = 163,9$ pm. Para essa molécula, a razão entre o comprimento l e a aresta da base (a_1) é de 1,60. O mesmo valor é encontrado ao fazer a razão entre comprimento l e a aresta da base (a_1) do modelo molecular proposto, demonstrando proporcionalidade entre a molécula de NH_3 . Esta abordagem pode fornecer uma representação física e tangível das distâncias entre os átomos na molécula de amônia, utilizando medidas proporcionais para refletir as distâncias reais das ligações químicas. Como podemos observar, a utilização desse modelo permite a integração dos conhecimentos matemáticos para a identificação e construção de modelos moleculares na Química. A proposta de aplicação desenvolvida permite a interdisciplinaridade nas aulas, favorecendo, desse modo, a compreensão dos conceitos e a aprendizagem.

[...] a utilização desse modelo permite a integração dos conhecimentos matemáticos para a identificação e construção de modelos moleculares na Química. A proposta de aplicação desenvolvida permite a interdisciplinaridade nas aulas, favorecendo, desse modo a compreensão dos conceitos e a aprendizagem.

Considerações finais

O modelo aqui apresentado foi criado, inicialmente, para dinamizar e auxiliar estudantes de uma turma de pré-vestibular no entendimento de ligações químicas e geometria molecular, sendo observado, de forma empírica, a melhora da compreensão da teoria de repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência, por parte dos alunos.

Com base nesta experiência inicial, a proposta foi apresentada e realizada nas disciplinas de Matemática e Química, com os estudantes de ensino técnico integrado ao ensino médio, evidenciando o grande potencial dessa técnica como estratégia pedagógica interdisciplinar e como favorecedora da aprendizagem de conceitos abstratos de modo especialmente concreto. Isto se dá por ser um modelo facilmente desmontável, possibilitando a demonstração de como as moléculas se formam e dos elementos essenciais de figuras

e sólidos geométricos.

Por isso, consideramos que esta proposta se configura como uma estratégia pedagógica que pode ser ressignificada e aplicada em diversas temáticas, níveis de ensino e áreas de conhecimento. O aperfeiçoamento da ferramenta e o estudo da utilização desse modelo podem trazer benefícios ao ensino de Química e de Matemática em sala de aula, mas não apenas isso. Pode também, se construído pelos alunos com a mediação do professor, promover ações interdisciplinares com outras áreas curriculares e de conhecimento, como artes, por exemplo.

Acreditamos que o desenvolvimento dessa proposta pode abrir caminhos para diversos estudos do seu uso como ferramenta pedagógica e para práticas docentes mais contextualizadas, integradas e facilitadoras do processo de ensino e de aprendizagem.

Rayanne Penha Wandenkolken Lima (rayanne.lima@ifes.edu.br) mestra em Química e aluna de doutorado da Universidade Federal do Espírito Santo. Atualmente é professora substituta no Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante, ES-BR. **Lilyane Gonzaga Figueiredo** (lilyane.figueiredo@ifes.edu.br) mestra em Matemática pela Universidade Federal de Uberlândia e atualmente é professora no Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante, ES-BR. **Suzana Grimaldi Machado** (suzana.machado@ifes.edu.br) mestra em Educação pela Universidade do Estado de Santa Catarina e professora voluntária nas disciplinas da área pedagógica do curso de Licenciatura em Letras. Atualmente é técnica em assuntos educacionais no Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante, ES-BR. **Eloi Alves da Silva Filho** (eloisilv@gmail.com) doutor em Química pela Universidade Estadual de Campinas e atualmente é professor na Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES-BR.

Referências

ATKINS, P.; JONES, L. e LAVERMAN, L. *Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. Porto Alegre: Bookman Editora, 2018.

- BEN-ZVI, R.; EYLON, B. e SILBERSTEIN, J. Students' visualization of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, v. July, p. 117-120, 1987.
- BLADER, M.; RINDGE, R.; GROVES, P.; FLOWERS, P.; THEOPOLD, K. e LANGLEY, R. VSEPR Geometry. Libretext Chemistry. 2019. Disponível em: <https://chem.libretexts.org/@go/page/98647?pdf>, acesso em jun. 2023.
- BROWN, T. L.; LEMAY, H. E. e BURSTEN, B. E. *Química: a Ciência Central*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.
- DA SILVA, E. C. C.; NASCIMENTO, T. F. e AGUIAR, D. S. Análise do ensino-aprendizagem em estereoquímica por meio de aulas dinâmizadas por modelos moleculares. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 7, p. 65898-65907, 2021.
- DE FARIAS, F. M. C.; DEL-VECCHIO, R. R.; CALDAS, F. R. R. e GOUVEIA-MATOS, J. A. Construção de um modelo molecular: uma abordagem interdisciplinar química-matemática no ensino médio. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 3, p. 849-863, 2015.
- DE MENEZES, F. L.; SILVA, S. B.; DE MENEZES, S. C. e DA SILVA, D. S. O ensino de geometria molecular com materiais de baixo custo. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 4, p. 101-107, 2017.
- FAZENDA, I. C. A. *O que é interdisciplinaridade?* 2 ed. São Paulo: Cortez, 2008.
- FERNANDEZ, C. e MARCONDES, M. E. R. Concepção dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, v. 24, p. 20-24, 2006.
- GRIFFITHS, A. K. e PRESTON, K. R. Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 6, p. 611-628, 1992.
- HARLE, M. e TOWNS, M. A review of spatial ability literature, its connection to chemistry, and implications for instruction. *Journal of Chemical Education*, v. 88, n. 3, p. 351-360, 2011.
- JAPIASSU, H. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976.
- LECRER, O. P. V. G. e PAZUCH, V. O ensino de geometria espacial: um panorama de pesquisas por meio de uma metassíntese. *Revista Paranaense de Educação Matemática*, v. 9, n. 20, p. 38-61, 2020.
- LEMOS, W. G. e BAIRRAL, M. A. *Poliedros estrelados no currículo do ensino médio*. Série InovaComTic, v.2. Rio de Janeiro: Edur, 2010.
- MARTINS, M. G.; DE FREITAS, G. F. G. e DE VASCONCELOS, P. H. M. A dificuldade dos alunos na visualização de moléculas em três dimensões no ensino de geometria molecular. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, v. 14, n. 3, p. 45-53, 2020.
- PENNY, M. R.; CAO, Z. J.; PATEL, B.; DOS SANTOS, B. S.; ASQUITH, C. R. M.; SZULC, B. R.; RAO, Z. X., MUWAFFAK, Z.; MALKINSON, J. P. e HILTON, S. T. Three-dimensional printing of a scalable molecular model and orbital kit for organic chemistry teaching and learning. *Journal of Chemical Education*, v. 94, n. 9, p. 1265-1271, 2017.
- Química Nova Interativa. *Amônia*, NH₃. Sociedade Brasileira de Química. Disponível em: qnit.sbq.org.br, acesso em jun. 2023.
- ROGENSKI, M. L. C. e PEDROSO, S. M. D. O ensino da geometria na educação básica: realidade e possibilidades. Ponta Grossa, Brasil. 2009. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/44-4.pdf>, acesso em mai. 2023.
- SETTI, G. O.; GIBIN, G. B. e FERREIRA, L. Ensino de geometria molecular por meio do uso de modelo físico construído com materiais recicláveis e de baixo custo. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 2, p. 542-557, 2019.
- SETTIMY, T. F. O. e BAIRRAL, M. A. Dificuldades envolvendo a visualização em geometria espacial. *VIDYA*, v. 40, n. 1, p. 177-195, 2020.
- SILVA, T. S.; DE SOUZA, J. J. N. e DE CARVALHO FILHO, J. R. Construção de modelos moleculares com material alternativo e sua aplicação em aulas de química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 2, p. 104-117, 2017.
- TABER, K. *Chemical misconceptions-prevention, diagnosis and cure*. London: Royal Society of Chemistry, p. 402, 2002.
- TRINDADE, D. F. Interdisciplinaridade: um novo olhar sobre as ciências. In: FAZENDA, I. C. *O que é interdisciplinaridade?* São Paulo: Cortez, p. 71-89, 2013.

Abstract: *Alternative molecular models: a cost-effective and interdisciplinary proposition for the teaching of Chemistry and Mathematics.* Teaching Chemistry and Mathematics can pose challenges due to the need for visual perception and abstraction. One way to overcome this issue is by employing interdisciplinary approaches that combine Chemistry and Mathematics, utilizing the individual knowledge from each field and applying it to a physical model. This study proposes the construction of a dismantlable molecular model as a practical and cost-effective alternative to aid in teaching molecular geometry, alongside angles, trigonometry, and plane geometry in Mathematics. Furthermore, the article suggests a practical activity in which students sketch molecular geometries on paper and construct the corresponding physical model. Additionally, it demonstrates the practical calculation of the molecular structure of ammonia (NH₃) as represented in this physical model. Bond lengths and angles are utilized to determine the height and areas related to the proposed geometric solid.

Keywords: geometry, molecules, teaching

A nucleossíntese estelar e os elementos químicos essenciais para a vida

Luana R. da Conceição e Roberto Ortiz

A nucleossíntese estelar é o principal mecanismo formador dos elementos químicos no Universo. Diferentes tipos de reações nucleares de fusão ocorrem nas várias fases evolutivas das estrelas de diferentes massas. Neste artigo, descrevemos alguns dos principais mecanismos de síntese nuclear em estrelas e as abundâncias dos elementos formados. Em seguida, fazemos uma breve discussão sobre a formação e evolução terrestre e suas consequências para a abundância de elementos químicos na Terra e nos seres vivos. As moléculas da vida são formadas principalmente por hidrogênio, carbono, oxigênio e nitrogênio que, juntamente com o hélio, constituem-se nos elementos químicos mais abundantes no Sol e no Universo como um todo. Entre os 24 elementos químicos considerados essenciais para os organismos vivos, somente seis deles possuem $Z > 28$. Além de serem mais abundantes, hidrogênio, carbono, oxigênio e nitrogênio possuem características versáteis que favorecem a formação de diversas moléculas da vida, tais como aminoácidos, açúcares, ácidos graxos, etc. Os demais elementos essenciais para a vida ocorrem em concentrações bem menores, assim como sua disponibilidade no meio ambiente.

► astroquímica, abundâncias químicas, astrobiologia ◀

Recebido em 08/08/2023; aceito em 27/11/2023

89

Introdução

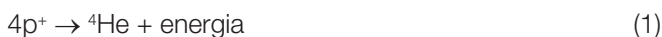
Com exceção dos elementos mais leves, como o hidrogênio, hélio, lítio, berílio e boro, os demais elementos químicos naturais são formados principalmente por meio da nucleossíntese estelar, isto é, reações nucleares que ocorrem nos núcleos das estrelas. O resultado desses processos é a síntese de novos elementos, os quais, posteriormente, podem formar moléculas orgânicas e inorgânicas.

A Figura 1 representa a abundância dos elementos químicos no Sol, em uma escala logarítmica, em função do número atômico (Z). Embora ela se refira a uma única estrela, pode-se dizer que ela representa razoavelmente bem a abundância típica dos elementos químicos encontrados no Universo. Essa figura mostra que: (1) de modo geral, à exceção de uns poucos elementos químicos muito leves, a abundância diminui em função do número atômico; (2) a abundância dos elementos de número atômico par é, em geral, maior do que aqueles de número atômico ímpar com Z semelhante; (3) há um aumento significativo das abundâncias químicas em torno do “pico do ferro” ($Z = 26$) e uma notável diminuição da abundância de elementos além deste.

Nucleossíntese na Sequência Principal (SP)

O diagrama Hertzsprung-Russel (ou diagrama H-R, Figura 2) representa graficamente a luminosidade *versus* temperatura efetiva das estrelas. A sequência principal (SP) é uma faixa diagonal que atravessa o diagrama desde o seu canto superior esquerdo (onde estão as estrelas mais massivas, quentes e muito luminosas) até o canto inferior direito (onde estão as estrelas menos massivas, frias e pouco luminosas).

Enquanto a estrela estiver na SP, a transformação de hidrogênio em hélio no núcleo da estrela é o principal mecanismo de geração de energia. A uma temperatura mínima de cerca de 10^7 K, a sequência de reações nucleares que transforma quatro núcleos de hidrogênio em um núcleo de hélio é chamada de *ciclo próton-próton* (ou ciclo p-p):



A principal restrição à ocorrência de reações nucleares é a repulsão eletrostática: núcleos atômicos se repelem por possuírem carga positiva. Quanto maior for o número atômico Z , maior será a força de repulsão. Em estrelas de massa



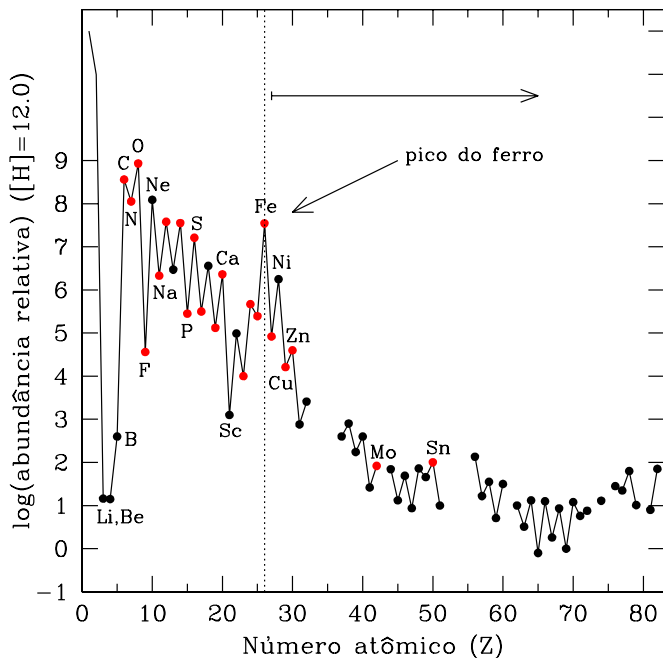


Figura 1: Abundância relativa dos elementos químicos no Sol, em escala logarítmica, em função do número atômico (Z) (Cox, 2000). A abundância do hidrogênio foi arbitrariamente fixada em $[H]=12,0$. Estão assinalados os intervalos de Z nos quais a nucleossíntese via reações-alfa, captura de nêutrons e a queima de carbono e oxigênio são mais significativas. Os elementos essenciais para a vida estão assinalados em vermelho.

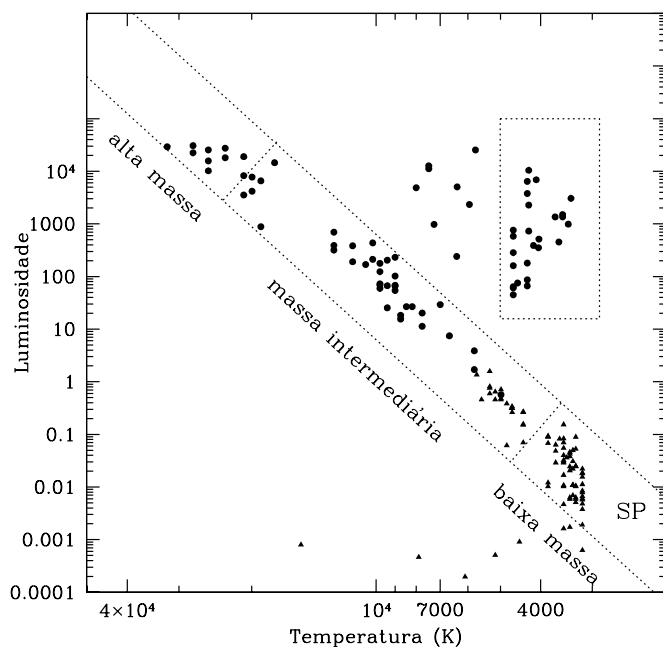


Figura 2: Diagrama Hertzsprung-Russel (H-R) contendo: as cem estrelas mais próximas do Sol (triângulos) e as cem estrelas mais brilhantes do céu (círculos) (Cox, 2000). As duas linhas pontilhadas delimitam a posição da sequência principal (SP). As regiões da SP onde estão localizadas as estrelas de alta massa, massa intermediária e baixa massa estão assinaladas, assim como o ramo das gigantes vermelhas.

intermediária e baixa ocorrem apenas alguns tipos de reações nucleares envolvendo núcleos mais leves (e menor carga elétrica), como o hidrogênio e o hélio. Por outro lado, em estrelas massivas, a temperatura no núcleo pode atingir cerca de 10^9 K, o que permite a ocorrência de reações nucleares envolvendo núcleos mais pesados, tais como:

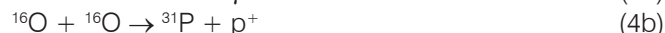


onde a letra γ representa a liberação de um fóton de alta energia no núcleo da estrela. As reações acima são genericamente chamadas de “reações-alfa” que são o principal mecanismo de formação dos elementos químicos de número atômico par até $Z = 26$ (ferro).

Além das reações-alfa, há outras possibilidades. Em núcleos de estrelas massivas, se a temperatura superar 6×10^8 K, núcleos de carbono podem colidir entre si (Lang, 1999), formando diversos produtos, tais como:



Podem também ocorrer reações similares envolvendo o oxigênio, se $T > 10^9$ K:



Todas as reações acima são exotérmicas e são genericamente chamadas de “queima de carbono” e “queima de oxigênio”, respectivamente (Imanishi, 1968).

Além da sequência principal: nebulosas planetárias e supernovas

Em estrelas de massa intermediária ($0,8 < M/M_{\odot} < 8$), quando o ^4He se esgota no núcleo, este sofre uma contração devido ao peso das camadas superiores da estrela. Esse processo aumenta a pressão e a temperatura no núcleo da estrela, a qual pode atingir 10^8 K. Esta é a temperatura mínima para que ocorram as primeiras reações-alfa. A fusão de três núcleos de ^4He em um núcleo de ^{12}C é chamada de reação “triplo-alfa”, que pode ser resumida em:



Com o esgotamento do hidrogênio no núcleo da estrela, ela paulatinamente deixa a sequência principal do diagrama H-R e se desloca para o “ramo das gigantes vermelhas” (Figura 2). O raio e a luminosidade da estrela aumentam, enquanto a temperatura superficial diminui.

Durante a fase de gigante vermelha, ocorrem outros tipos de reações nucleares além do ciclo p-p. No processo de “captura lenta de nêutrons”, há a incorporação de um nêutron a um núcleo atômico, formando um isótopo mais pesado. Em seguida, esse isótopo emite um elétron (decaimento beta) e o núcleo converte o nêutron extra em um próton. Portanto, o elemento ${}^A X_Z$ “sobe” um degrau na escala de número atômico:



A maioria dos elementos de Z par possuem diversos isótopos, enquanto os de Z ímpar possuem somente um. Suponhamos um núcleo com Z par: a captura lenta de nêutrons vai paulatinamente gerando isótopos cada vez mais massivos deste elemento até que essa sequência atinja um isótopo radioativo. Quando isso ocorre, o núcleo sofre um decaimento beta, resultando no único isótopo (ímpar) de número atômico $Z+1$. Se este núcleo capturar um nêutron, ele se converterá em um isótopo radiativo (instável), que sofrerá um decaimento beta, gerando novamente um isótopo com $Z+2$, par e estável. Dessa maneira, assim como os “processos-alfa”, a captura lenta de nêutrons produz uma abundância maior de elementos químicos de número atômico par, porque estes possuem vários isótopos estáveis, enquanto os elementos de Z ímpar geralmente possuem apenas um. Juntos, os processos-alfa e a captura de nêutrons explicam o comportamento em “zig-zague” da curva de abundância mostrada na Figura 1, na qual a abundância de elementos com Z par é sempre maior que a de seus elementos vizinhos com $Z-1$ e $Z+1$.

Em estrelas de alta massa (*i. e.*, $M > 8 M_{\odot}$), a pressão das camadas superiores sobre o núcleo da estrela é tão alta que permite que ocorram reações nucleares que demandam temperatura mais alta (*e. g.*, equações 2, 3 e 4), até a formação do elemento ferro ($Z = 26$), que é o mais estável de todos os núcleos atômicos existentes na natureza. Devido à sua grande estabilidade nuclear, reações de fusão envolvendo esse elemento ou outros com $Z > 26$ são endotérmicas, ou seja, absorvem energia. A interrupção das reações-alfa em $Z = 26$ é o motivo do forte declínio das abundâncias dos elementos químicos além do “pico do ferro” observado na Figura 1. Quando o núcleo estelar cessa de gerar energia,

ele se torna incapaz de suportar o peso das camadas mais externas, que colapsam sob a ação do seu próprio peso. A queda brusca dessas camadas sobre o núcleo gera uma súbita expansão da estrela, em altíssima velocidade, entre 1000 e 1500 km/s. Essa brusca expansão do volume da estrela é frequentemente comparada a uma explosão e, devido ao súbito aumento de brilho, o evento é comumente chamado de “supernova”. Há registros históricos de supernovas que puderam ser observadas a olho nu mesmo durante o dia, durante semanas ou até meses.

A zona de habitabilidade

A Terra tem uma abundância de óxidos e silicatos consideravelmente superior à abundância dos planetas gasosos, como Júpiter e Saturno, os quais têm sua composição química mais parecida com a dos demais corpos celestes, como estrelas e nebulosas: majoritariamente hidrogênio e hélio. Essa diferença entre a abundância química nos planetas telúricos (*i. e.*, semelhantes à Terra) e nos gasosos (do tipo Júpiter) é consequência da depuração dos elementos químicos mais voláteis na região mais interna do Sistema Solar devido ao calor do Sol.

A velocidade quadrática média (V_{qm}) de um gás ideal pode ser calculada por meio da seguinte equação:

$$V_{qm} = \sqrt{3RT / M} \quad (7)$$

onde R é a constante dos gases perfeitos, T é a temperatura do gás (em kelvin) e M é a massa da partícula (átomo ou molécula), em kg/mol. Para um gás de número atômico A a uma temperatura T , a velocidade quadrática média (em m/s) pode ser calculada numericamente a partir da equação anterior, substituindo-se o valor da constante R :

$$V_{qm} = 157,9 \sqrt{\frac{T}{A}} \quad (8)$$

Temperaturas mais elevadas implicam em maior velocidade média dos átomos. A atmosfera dos planetas mais próximos do Sol tem maior temperatura e, portanto, maior velocidade quadrática média. A Tabela 1 apresenta as temperaturas médias das atmosferas planetárias e a velocidade quadrática média calculada para essa temperatura, supondo-se

Tabela 1: Semi-eixo maior da órbita do planeta, velocidade de escape (V_{esc}), temperatura média atmosférica ($\langle T_{atm} \rangle$) e a velocidade quadrática média (V_{qm}) calculada para $\langle T_{atm} \rangle$ e $A=1$.

Planeta	a (U. A.)	V_{esc} (km/s)	$\langle T_{atm} \rangle$ (°C)	$V_{qm} \sqrt{A}$ (km/s)
Mercúrio	0,4	4,3	–	–
Vênus	0,7	10,4	+ 460	4,3
Terra	1,0	11,2	+ 17	2,7
Marte	1,5	5,0	– 90 ~ – 5	2,1 ~ 2,5
Júpiter	5,2	59,5	– 160	1,7
Saturno	9,5	35,5	– 190	1,4
Urano	19,2	21,3	– 220	1,1
Netuno	30,0	23,7	– 220	1,1

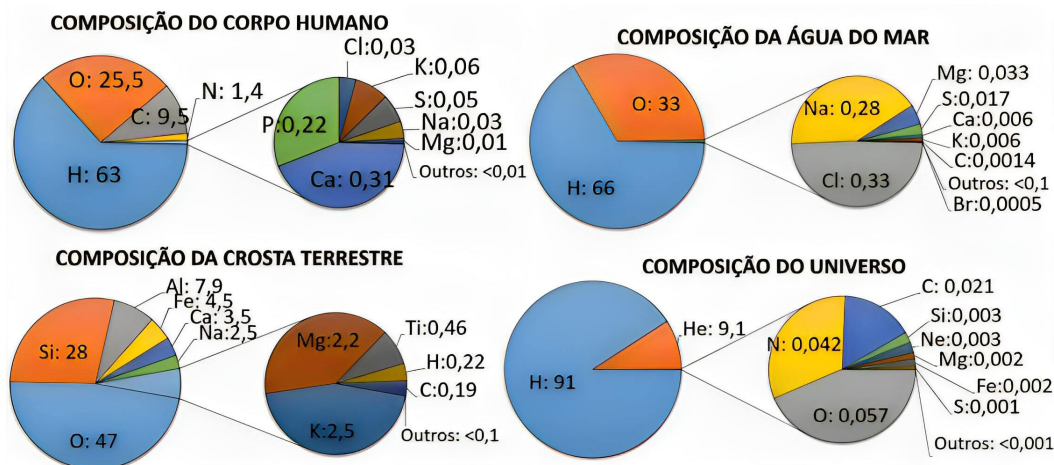


Figura 3: Porcentagem do número de átomos: do Universo, da crosta terrestre, da água marinha e do corpo humano (Frieden, 1972). A baixa abundância de elementos voláteis na Terra (H, He, etc.) foi ocasionada principalmente pelo calor do Sol. A predominância de hidrogênio e oxigênio no corpo humano se deve a sua composição majoritária de água.

o gás hidrogênio ($A = 1$). Esse valor pode ser extrapolado para outros gases, bastando dividi-lo por \sqrt{A} . A Tabela 1 também mostra a velocidade de escape V_{esc} , que representa o valor mínimo necessário para que uma partícula escape do campo gravitacional do planeta. Quando a velocidade de um átomo ou molécula supera a velocidade de escape do planeta, a partícula é lançada ao espaço. Na realidade, as partículas que conseguem escapar do planeta são aquelas com velocidade muito maior que a velocidade quadrática média, no extremo superior da distribuição maxwelliana de velocidades. Planetas como a Terra perderam praticamente todo o seu hidrogênio original (e também o hélio), que restou apenas em moléculas contendo outros átomos mais pesados.

Embora a nucleossíntese estelar e a posterior evolução planetária sejam determinantes para as abundâncias químicas, existem outras condições necessárias para o surgimento e a manutenção da vida. Chama-se “zona habitável” de um sistema planetário a um intervalo de distâncias da estrela dentro do qual existem tais condições físicas (Kasting *et al.*, 1993). Elas devem permitir que haja água líquida (ou, na falta desta, outro meio líquido com propriedades semelhantes) na qual a vida possa se desenvolver. Para tanto, a pressão atmosférica deve ser adequada para que exista uma fase aquosa. A luminosidade da estrela determina o fluxo de energia que chega à superfície do planeta, o que influencia fortemente sua temperatura. Portanto, a existência de água no estado líquido está limitada a intervalos bem definidos de temperatura e pressão na superfície do planeta ou em seu subsolo. No Sistema Solar, a zona de habitabilidade está situada entre as órbitas de Vênus e Marte (Zsom *et al.*, 2013), porém, além da zona de habitabilidade, algumas condições excepcionais podem favorecer a formação de um meio aquoso em um planeta ou satélite. Por exemplo, as recentes descobertas de oceanos abaixo de uma camada superficial de gelo em Europa e Encélado (satélites de Júpiter e Saturno, respectivamente) representam exceções à regra. Nesses casos, fontes internas de calor (*e. g.*, atrito gerado

por forças de maré) evitam que a água se congele no subsolo (Roberts e Nimmo, 2008).

Surgimento e evolução da vida na Terra

Evidências apontam que há 3,5 ~ 3,8 bilhões de anos, algumas formas de vida primitiva já haviam se desenvolvido na Terra (Zimmer, 2009). A partir das primeiras moléculas orgânicas simples foram produzidas biomoléculas mais complexas, as quais posteriormente formaram outras estruturas, tais como: membranas, biomoléculas com grandes cadeias químicas e polímeros estáveis que fizeram parte do ambiente primitivo da Terra e de sua evolução química (Cleaves II, 2012). Sabe-se que ocorreu uma associação entre moléculas proteicas em meio aquoso até o desenvolvimento dos primeiros coacervados (Cleaves II, 2012; Fitz, 2007). Para simular a química prebiótica em laboratório, são utilizados gases que reproduzem a atmosfera terrestre prebiótica. Por exemplo, a concentração de oxigênio (O_2) na Terra primitiva era baixa, e em seu lugar havia o CO_2 (dióxido de carbono), o CO (monóxido de carbono), o CH_4 (metano), o N_2 (nitrogênio), o H_2 (hidrogênio), H_2O (água em estado gasoso) e o H_2S (sulfeto de hidrogênio). Posteriormente, essas concentrações foram bastante alteradas, devido, principalmente, aos organismos fotossintéticos procariontes (Shaw, 2008).

Os principais elementos químicos da vida na Terra

Embora exista uma grande variedade de elementos, somente cerca de 1/3 deles são utilizados nas formas de vida conhecidas. Os quatro elementos mais abundantes em organismos vivos (hidrogênio, carbono, nitrogênio e oxigênio) são os menores e mais leves capazes de atingir a estabilidade eletrônica pela adição de um a quatro elétrons, formando moléculas estáveis. Esses elementos são os formadores, em geral, das moléculas que se associam para gerar os organismos conhecidos. Além desses quatro elementos, os próximos sete elementos essenciais para a

vida em mamíferos, em ordem decrescente de abundância química, são: cálcio, fósforo, potássio, enxofre, sódio, magnésio e cloro ($Z = 20, 15, 19, 16, 11, 12$ e 17 , respectivamente) (Frieden, 1972). Esses elementos auxiliam a desempenhar diversas funções vitais e constituem presença fundamental nos organismos vivos em quantidades variáveis. Por exemplo, o flúor e o cálcio ($Z = 9$ e 20 , respectivamente) são constituintes de dentes e ossos; o sódio e o potássio ($Z = 11$ e 19 , respectivamente) são os principais cátions extracelulares; o magnésio ($Z = 12$) é necessário para a atividade de muitas enzimas e para a clorofila; o cloro ($Z = 17$) é o principal ânion extracelular; o fósforo ($Z = 15$) desempenha importante atividade molecular, principalmente no que tange ao ATP (adenosina trifosfato), cuja função é fundamental para geração de energia química em processos celulares (Frieden, 1972). Outros elementos, apesar de se encontrarem em organismos vivos em concentrações muito baixas, são essenciais. O cromo ($Z = 24$) está relacionado à ação da insulina em animais vertebrados; o manganês, o zinco e o molibdênio ($Z = 25, 30$ e 42 , respectivamente) são elementos necessários para a atividade de diversas enzimas; o cobalto ($Z = 27$) é necessário para a atividade de várias enzimas e para a vitamina B12; o selênio ($Z = 34$) participa da função hepática no corpo humano.

Portanto, dentre os 92 elementos naturais, apenas 52 são considerados como potencialmente úteis para os organismos vivos (Frieden 1972). Dentre estes, cerca de 24 são elementos químicos realmente essenciais, porém apenas seis desses elementos tidos como fundamentais estão além do “pico do ferro”: cobre, zinco, selênio, molibdênio, estanho e iodo ($Z = 29, 30, 34, 42, 50$ e 53 , respectivamente) (Frieden, 1972; Airoidi, 1994).

A ocorrência desses elementos químicos em seres vivos não é exclusivamente em função de sua capacidade de assimilação e utilização por esses organismos, mas também de sua considerável concentração no meio geológico e da facilidade em solubilizar os minerais em que estão presentes, além de suas inerentes propriedades químicas. Por exemplo, o silício é 146 vezes mais abundante que o carbono na crosta terrestre (Frieden, 1972) e possui diversas propriedades semelhantes a este, como seus quatro elétrons de valência. No entanto, a diferença fundamental que levou à preferência do carbono ($Z = 6$) em detrimento do silício ($Z = 14$) nos compostos orgânicos pode ser resumida em: (1) a grande estabilidade da molécula de dióxido de carbono, (2) sua alta solubilidade em água, (3) sua predominância monomérica, (4) e a capacidade do carbono de formar longas cadeias (inclusive anéis) estáveis com outros átomos e moléculas. Por outro lado, o silício é insolúvel em água e é capaz de formar apenas moléculas de cadeias curtas. Portanto, além de sua alta abundância relativa (Figura 1), a versatilidade dos átomos de carbono é tida como uma das principais responsáveis pelos milhões de compostos orgânicos encontrados na Terra atualmente, tornando essencial a existência desse elemento químico na natureza (Frieden, 1972).

Considerações finais

A nucleossíntese estelar é o principal mecanismo formador dos elementos químicos no Universo. *Grosso modo*, as abundâncias químicas diminuem com o número atômico Z . Reações-alfa, que se constituem na adição do núcleo de hélio a um núcleo atômico, favorecem a criação de elementos de número atômico par até $Z = 26$. A captura de nêutrons, por outro lado, é o principal mecanismo de produção dos elementos com $Z > 26$, e gera um predomínio de elementos com número atômico par devido ao maior número de isótopos estáveis destes. Há um pico de abundância do elemento ferro no Universo porque, sendo o núcleo mais estável que existe, reações nucleares de fusão que demandam este elemento são endotérmicas.

Os planetas situados até uma distância de 4 U. A. do Sol sofreram uma grande perda de átomos leves, principalmente hidrogênio (atômico) e hélio devido ao aquecimento proporcionado pelo Sol. A “zona de habitabilidade” do Sistema Solar (e de outros sistemas estelares análogos) é definida como o intervalo de distâncias da estrela dentro do qual há condições para a formação de água no estado líquido. Nos oceanos terrestres houve primeiramente a formação das moléculas orgânicas simples. A partir dessas moléculas simples foram produzidas biomoléculas mais complexas, que posteriormente evoluíram para formar outras estruturas, tais como peptídios, membranas, etc.

Os quatro elementos químicos mais abundantes em organismos vivos são: hidrogênio, carbono, nitrogênio e oxigênio. Juntamente com o hélio (que, sendo um gás nobre, não faz ligações químicas) estes são justamente os elementos químicos mais abundantes no Universo. Entre os 92 elementos químicos naturais, apenas 52 são considerados potencialmente úteis para os organismos vivos e, entre estes, somente 24 são essenciais para a vida. Destes últimos, apenas seis estão situados além do “pico do ferro” no diagrama de abundâncias químicas: Cu, Zn, Se, Mo, Sn e I.

Conclui-se que os elementos químicos que compõem as moléculas da vida são justamente aqueles que: (1) são mais abundantes no Universo; (2) estão mais disponíveis na crosta do planeta, após a segregação causada pelo aquecimento solar; (3) apresentam configuração eletrônica versátil, que permite uma grande variedade de ligações químicas; (4) formam compostos solúveis em água, favorecendo a formação de moléculas mais complexas em um meio aquoso. No que se refere ao planeta, são também condições essenciais para o surgimento da vida: (1) que ele (ou seu satélite) esteja situado na “zona de habitabilidade”; (2) que possua uma atmosfera que forneça proteção adequada contra impactos e radiação ionizante; (3) que possua um campo magnético capaz de fornecer proteção contra partículas elétricas com potencial nocivo, oriundas da estrela central. Essas condições podem ser utilizadas como critérios de seleção na busca de exoplanetas potencialmente habitáveis.

Agradecimentos

Esta publicação teve o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), projeto de pesquisa #2023/05298-0.

Luana R. da Conceição (luanarc@usp.br), é licencianda em Ciências da Natureza pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo

(EACH/USP). Atua como professora-estagiária no ensino de Ciências Naturais para alunos do programa nacional EJA (Ensino de Jovens e Adultos) e para alunos do Ensino Fundamental II da rede pública. São Paulo, SP – Brasil. **Roberto Ortiz** (rortiz@usp.br), é Bacharel em Física, Mestre e Doutor em Astronomia pela Universidade de São Paulo. Entre 1998 e 2000 realizou Pós-Doutorado no Sterrewacht Leiden (Holanda). Entre 1994 a 2006 trabalhou como Professor Adjunto do Departamento de Física da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Foi coordenador do Observatório Astronômico da UFES e Diretor Científico do Planetário de Vitória (ES). Atualmente é Professor Livre-Docente na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP. São Paulo, SP – Brasil.

Referências

AIROLDI, C. Química inorgânica ou química da vida? *Química Nova*, v. 17, p.175-181, 1994.

CLEAVES II, H. J. Prebiotic chemistry: what we know, what we don't. *Evolution: Education and Outreach*, v. 5, p. 342-360, 2012.

COX, A. N. *Allen's astrophysical quantities*, 4^a. ed. Dordrecht: Springer, 2000.

FITZ, D.; REINER, H. e RODE, B. M. Chemical evolution toward the origin of life. *Pure and Applied Chemistry*, v. 79, p. 2101-2117, 2007.

FRIEDEN, E. Chemical elements of life. *Scientific American*, v. 227, p. 52-64, 1972.

IMANISHI, B. Resonance energies and partial widths of quasimolecular states formed by the two carbon nuclei. *Physics Letters B*, v. 27, p. 267-270, 1968.

KASTING, J. F.; WHITMIRE, D. P. e REYNOLDS, R. T.

Habitable zones around main sequence stars. *Icarus*, v. 101, p. 108-118, 1993.

LANG, K. R. *Astrophysical Formulae*, 3a. ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1999

ROBERTS, J. H. e NIMMO, F. Tidal heating and the long-term stability of a subsurface ocean on Enceladus. *Icarus*, v. 194, p. 675-689, 2008.

SHAW, G. H. Earth's atmosphere – Hadean to early proterozoic. *Geochemistry*, v. 68, p. 235-264, 2008.

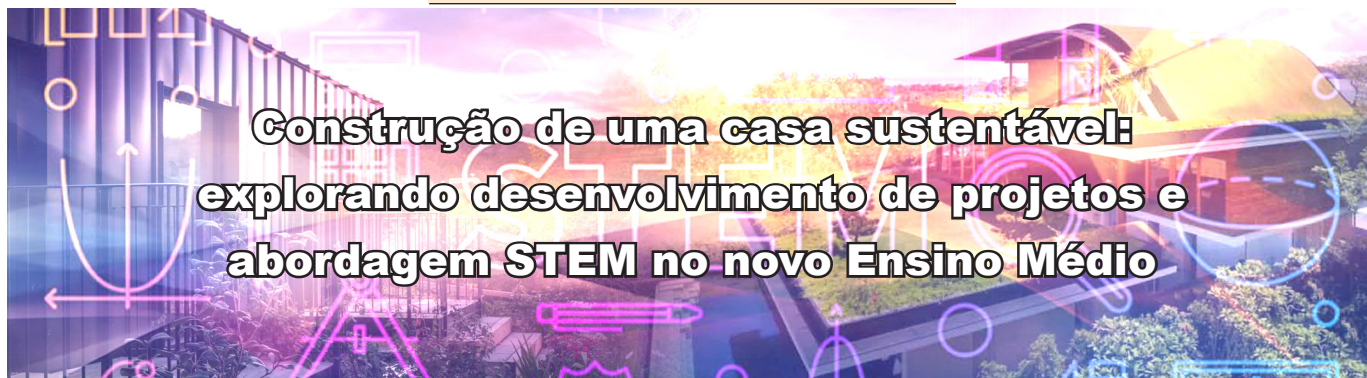
TRURAN, J. W. e ARNETT, W. D. Nucleosynthesis in explosive oxygen burning. *The Astrophysical Journal*, v. 160, p. 181-192, 1970.

ZIMMER, C. On the origin of eukaryotes. *Science*, v. 325, p. 666-668, 2009.

ZSOM, A.; SEAGER, S. e DE WIT, J. Towards the minimum inner edge distance of the habitable zone. *The Astrophysical Journal*, v. 778, p. 109-125, 2013.

Abstract: *Stellar nucleosynthesis and the essential chemical elements for life.* Stellar nucleosynthesis is the main mechanism that forms the chemical elements in the universe. Different types of nuclear reactions occur in each evolutionary phase of stars of various masses. In this paper, we describe some of the mechanisms of nuclear synthesis in stars and their chemical abundances. We also discuss briefly the terrestrial formation and evolution, as well as its consequences on the chemical abundances on earth and its life beings. The molecules of life are formed mainly by hydrogen, carbon, oxygen, and nitrogen, which are, together with helium, the most abundant elements in the sun and universe in general. Among the 24 chemical elements considered essential for life, only six have $Z > 28$. Besides being more abundant, hydrogen, carbon, oxygen, and nitrogen display highly versatile characteristics that favour the formation of various molecules of life, such as amino acids, sugars, fatty acids, etc. The remaining chemical elements essential for life occur in much lower concentrations, following their occurrence in nature.

Keywords: astrochemistry, chemical abundances, astrobiology



Construção de uma casa sustentável: explorando desenvolvimento de projetos e abordagem STEM no novo Ensino Médio

Guilherme Seminatti e Thiago B. Cavassani

Poucos trabalhos na literatura discutem formas de implementação e resultados eventualmente alcançados no trabalho com projetos de ciências previstos na estrutura do novo Ensino Médio. Assim, este artigo consiste de um relato de experiência em que são discutidos os caminhos de implementação e os resultados obtidos no projeto de construção de uma casa sustentável (CS) do itinerário formativo “Meu Papel no Desenvolvimento Sustentável”. Fundamentado na abordagem STEM, os resultados salientam as oportunidades abertas ao trabalho interdisciplinar na aprendizagem de conceitos como separação de substâncias, nomenclatura e propriedades químicas. Destacamos o engajamento e a posição ativa dos estudantes durante o processo de aprendizagem, além dos meandros e dificuldades para a plena implementação do projeto. Com isso, espera-se contribuir com novos subsídios aos professores da educação básica que tenham a intenção de implementar a abordagem por projetos no novo Ensino Médio.

► STEM, novo Ensino Médio, aprendizagem baseada em projetos, metodologia ativa ◀

Recebido em 11/08/2023; aceito em 20/12/2023

Introdução

A Organização Meteorológica Mundial publicou recentemente o relatório preliminar do Estado do Clima Global, indicando o aumento médio de mais de 1 °C na temperatura do planeta. Especialistas preveem que, em 2030, o planeta poderá ultrapassar o limite de temperatura considerado adequado para habitação humana (Faé e Sansoni, 2022). Segundo Pinheiro (2022), um fator determinante para a continuidade de práticas que degradam o meio ambiente está atrelado à ampla divulgação de informações falsas. Os discursos negacionistas e anti-ciência podem ser considerados as bases para uma política de dismantelamento das ações de proteção ambiental, esvaziando atividades de monitoramento e fiscalização e, assim, incentivando a continuidade de crimes ou atitudes danosas ao ambiente.

Diante deste cenário, Rossetto *et al.* (2022) avaliam que as disciplinas de Ciências da Natureza possuem responsabilidade na abordagem de questões ambientais, colaborando para o desenvolvimento do pensamento crítico e a conscientização sobre as práticas dos sujeitos partícipes e constitutivos do ambiente. Contudo, percebe-se que a inclusão de uma série de conteúdos, muitas vezes fragmentados e desconectados, não apresenta resultados satisfatórios para uma mudança da consciência dos sujeitos sobre essa questão (Pinheiro, 2022).

Por isso, advoga-se por uma nova relação didática, em que o professor prescindia da mera transmissão de conceitos e da aprendizagem mecânica ou memorística, normalmente associadas às práticas pedagógicas tradicionais, para (re) assumir o caráter de mediador da co-construção do conhecimento ativo e compartilhado em sala de aula.

Estudos baseados na abordagem STEM (acrônimo em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) apresentam efetivo potencial para o ensino contextualizado, pois os conceitos trabalhados em sala de aula se relacionam com a realidade concreta do estudante, motivando-os a interagir e atuar na busca de soluções para problemas reais (Pugliese, 2020). Valendo-se das premissas das metodologias ativas de aprendizagem, nessa vertente é possível relacionar os conceitos disciplinares aos saberes populares, permitindo a análise crítica e a tomada de ação diante de novas informações que fortalecem a construção de conhecimentos capazes de melhorar a experiência do sujeito no mundo (Bybee, 2010). Nesse contexto, a abordagem STEM pode ser considerada uma proposta promissora e inovadora no ensino de Ciências, pois ampara-se numa perspectiva integrada e baseada em projetos que tem como principal objetivo fomentar o desenvolvimento de sujeitos conscientes, desenvolvendo valores e capacidade crítica a partir do trabalho interdisciplinar na preparação do cidadão para os desafios do futuro.

Abordagem STEM e ensino de Química: breves apontamentos

Para Pugliese (2020), STEM não se trata de uma metodologia, de um determinado currículo, nem de uma técnica de ensino, mas sim de um movimento baseado nas ideias que emergiram nos EUA na década de 1990, ganhando força nesse país mais recentemente como uma política de reforma educacional de reinvestimento nas carreiras científicas e tecnológicas. Esse esforço decorreu basicamente: i) da observação de uma queda no rendimento dos estudantes em avaliações internacionais, como o PISA, nas áreas de Ciências e Matemática em relação a países de mesmo porte socioeconômico dos EUA; e ii) da diminuição no interesse pelas carreiras STEM pelos jovens. Tais observações incentivaram mudanças práticas no currículo escolar visando “direcionar os jovens estudantes para as áreas das Exatas e das Tecnologias, objetivando o fortalecimento dos setores industriais e econômicos e assim, vislumbrar abertura de frentes de trabalho” (Lima *et al.*, 2021, p. 2). A respeito do contexto de origem e das intencionalidades políticas subjacentes à abordagem STEM, é preciso consignar que:

Por mais que STEAM *education* tenha todos os indícios de uma reforma neoliberal, no seu ponto final, a sala de aula, é possível tirar proveito de sua forma e construir uma educação em ciências mais voltada para o desenvolvimento humano, ético e cognitivo das crianças. É preciso reconhecer o que se tem de positivo nessas propostas STEAM em termos de melhoria para o ensino de ciências, para sermos capazes de direcionar o movimento para uma reforma positiva. Principalmente por conta de sua origem neoliberal, a qual pode se traduzir em práticas agressivas de auto disseminação nos sistemas educacionais, é importante sabermos lidar com o seu estabelecimento como modelo a ser seguido (Pugliese, 2020, p. 227).

A diferenciação entre a abordagem STEM e as demais propostas baseadas em projetos encontra-se principalmente no modo como se estruturam suas aplicações, pois não apenas abordam a relação entre as disciplinas ou conteúdos presentes no acrônimo ao longo do desenvolvimento de determinada atividade, mas fundamentam a elaboração de problemas e suas possíveis soluções a partir da visão compartilhada e integrada daquelas ciências (Bachich e Holanda, 2020). A abordagem STEM não pode considerada como panaceia para todos os problemas educacionais, haja visto que há, em muitas iniciativas no ensino de Ciências e Matemática, ótimos resultados que prescindem dessa abordagem. De outro lado, ao integrar Tecnologia e Engenharia ao ensino básico, as propostas STEM “têm muito a contribuir com a educação pública brasileira, que é extremamente anacrônica nos conteúdos e tradicionalista nos princípios pedagógicos” (Pugliese, 2020, p. 227).

Nesse contexto, Maia *et al.* (2021) observam em recente revisão sistemática da literatura que a abordagem STEM

configura temática central em discussões sobre aspectos inovadores em educação; entretanto, a quantidade de trabalhos fundamentados nesse movimento e publicados no Brasil ainda é incipiente.

Dentre os trabalhos com foco voltado ao ensino de Química, Cleophas (2020) apresenta uma instigante proposta lúdica integrada à abordagem STEM. Como resultado, observa-se que “a junção da gamificação com o STEM no ensino de Química demonstrou indícios do seu potencial para desconstruir visões limitadas sobre a inter-relação entre os conteúdos ou temas” (p. 105). Benedetti Filho e Matsumoto (2022), por outro lado, discutem os potenciais da abordagem de conceitos de atomística interrelacionando contextos históricos com o enfoque STEM. Oliveira (2023) apresenta a construção de uma composteira com 92 alunos do Ensino Médio, a partir da participação em oficinas fundamentadas na proposta STEM. Nesse trabalho, o conhecimento químico balizou a interrelação com as demais áreas do conhecimento, resultando em uma experiência em que houve a valorização da responsabilidade ambiental e da contextualização dos conceitos científicos. Por fim, Borba (2023) realizou a análise de uma intervenção didática mobilizando os pressupostos da multiculturalidade ao discutir os saberes locais para a produção de uva e o conhecimento químico envolvido, numa perspectiva multidisciplinar a partir da abordagem STEM.

Como analisam Maia *et al.* (2021), é preciso ainda difundir novas experiências baseadas na abordagem STEM para que os professores da educação básica conheçam e se apropriem criticamente dessa vertente de ensino. Diante disso, este trabalho se propõe a analisar os resultados do desenvolvimento de um projeto fundamentado na abordagem STEM com alunos do segundo ano do Ensino Médio nas disciplinas de Ciências da Natureza em uma escola estadual no interior de São Paulo. O trabalho insere-se no contexto do novo Ensino Médio, a partir da produção de um protótipo de casa sustentável como tema gerador no itinerário formativo “Meu Papel no Desenvolvimento Sustentável”. Conquanto reiteradas e justificadas críticas sobrevenham à proposta e operacionalização do novo Ensino Médio implantado regularmente nas redes públicas de ensino (Porto e Queiroz, 2023; Alves *et al.*, 2021), há de outro lado a figura do professor de Ciências compelido a desenvolver diversas atividades, de certo modo com insuficiente formação continuada e ainda com reduzida diversidade de materiais publicados que possam auxiliá-lo na execução dos projetos previstos. Este trabalho, portanto, visa contribuir com a proposta e análise de uma prática nesse contexto, disponibilizando um modelo útil para consulta aos professores envolvidos com o desenvolvimento de projetos no novo Ensino Médio.

Aspectos metodológicos

Este trabalho alinha-se a uma pesquisa qualitativa em educação, a partir da criação, aplicação e análise de uma sequência didática no itinerário formativo da área de Ciências da Natureza. Segundo Mussi *et al.* (2021), um relato de

experiência focaliza a discussão da intervenção produzida, na perspectiva que o considera como forma de produção de conhecimento advindo da análise crítico-reflexiva de uma vivência fundamentada em pressupostos científicos. Dessa forma, o planejamento da atividade foi baseado nas aulas do itinerário formativo “Meu Papel no Desenvolvimento Sustentável” (São Paulo, 2018). O projeto foi desenvolvido ao longo do segundo semestre de 2022 na escola Escola Estadual Cleomério José Campi, no Município de Catanduva, estado de São Paulo, e ocupou o total de 4 aulas semanais do período vespertino do programa de ensino em tempo integral. Participaram efetivamente da intervenção 20 estudantes matriculados no segundo ano do novo Ensino Médio. As atividades propostas visavam ao desenvolvimento de competências e habilidades previstas no Currículo Paulista (São Paulo, 2018¹), indicadas no planejamento inicial da atividade conforme o Quadro A (Material Suplementar²). Importante destacar que a escola não possui laboratório de Química ou Ciências e, por isso, o projeto foi desenvolvido adaptando-se os espaços do pátio coletivo para os momentos das aulas.

Para a coleta de dados, utilizou-se a observação naturalística (Cohen *et al.*, 2018). Os dados observacionais seguiram a opção de registro contínuo (Fagundes, 1985), em que há a descrição cursiva de eventos, impressões e ocorrências na sequência de desenvolvimento das atividades. Esses dados foram posteriormente analisados de acordo com as rubricas construídas (Quadro B – Material Suplementar¹). As rubricas, conforme sugere Fernandes (2021), superam a função avaliativa, pois são apropriadas em sua funcionalidade descritiva. Essas rubricas podem ser elaboradas para diferentes tipos de conteúdo, fomentando uma visão geral do aprendizado a partir da intervenção pedagógica e discutidas à luz da literatura recente sobre o ensino de ciências.

As rubricas foram elaboradas de acordo com o nível de participação dos alunos e interação com os conteúdos curriculares, contendo a descrição geral da tarefa e os níveis de descrição do desempenho, categorizando em nível crescente de desenvolvimento de habilidades e variando do Nível 1 ao Nível 3. Os resultados são apresentados e discutidos conforme as etapas de desenvolvimento do projeto, pois assim acredita-se ser possível obter uma visão geral das atividades, facilitando a compreensão das diferentes ações trilhadas na apresentação da proposta.

Resultados e discussão

Etapa 1

A primeira etapa foi desenvolvida em 4 aulas e teve como objetivo principal a apresentação do projeto e discussão teórica dos conteúdos selecionados que necessitariam ser mobilizados pelos estudantes. A abordagem utilizada inicialmente foi de análise crítica de notícias veiculadas em redes sociais e mídias, em especial sobre a temática ambiental. Observou-se que uma parte dos estudantes apresentou questionamentos sobre as notícias em estudos, em muitos

casos tangenciando os discursos negacionistas das evidências científicas. Como analisam Tavares *et al.* (2020), esses discursos são permeados por construções ideológicas e sentidos próprios atribuídos pelos sujeitos, mas são eminentemente produzidos e negociados no âmbito social.

Propôs-se então um momento de diálogo coletivo, apresentando as referências científicas sobre os efeitos da ação humana no meio ambiente. Observou-se, assim como Pereira (2020), que há certas formas de resistência dos sujeitos na apresentação e no confronto das posições pessoais com a perspectiva científica, evidenciando a necessidade ampla de uma alfabetização científica dos sujeitos para não apenas *conhecer* os conteúdos da ciência, mas para compreender os modos de *fazer* ciência.

Na segunda e terceira aulas dessa etapa, artigos científicos com discussões sobre impacto ambiental e suas possíveis resoluções foram disponibilizados, prosseguindo a leitura guiada com a turma e o fichamento individual dos estudantes como modo de sistematização do conhecimento. Essa atividade seguiu a perspectiva da educação midiática crítica, que fomenta no sujeito a necessidade de análise da informação e sua fonte de produção, como também de sua plausibilidade científica (Almeida *et al.*, 2022).

Como resultado, foi possível observar uma melhor compreensão coletiva da problemática e, a partir das leituras realizadas, foram identificadas possibilidades de intervenção concreta em ações cotidianas e hábitos coletivos. Os estudantes apresentaram como hipóteses o fomento da reciclagem e formas alternativas de reutilização de materiais. O levantamento de hipóteses demonstra uma importante competência de trabalho nessa etapa, qual seja, a capacidade de avaliar e prever impactos nos ecossistemas. O professor então direcionou o acordo coletivo para uma atividade unificada: o projeto para a construção de uma casa sustentável (doravante identificada como CS). Nessa etapa, pôde-se avaliar que houve engajamento e boa interação dos estudantes, com diálogos produtivos, levantamento de hipóteses e discussão detalhada sobre a construção e validação do conhecimento científico, mobilizando conhecimentos importantes para a continuidade do desenvolvimento do projeto de ensino.

Etapa 2

A segunda etapa iniciou-se com um processo dialógico, coletando impressões e ideias sobre eventuais necessidades que deveriam constar em uma CS. Os estudantes tiveram autonomia e liberdade para inserir as demandas que conheciam e o professor reforçou a exigência do planejamento de ações por meio da construção de uma planta da CS. Observou-se que algumas ideias já demonstravam conexão com os propósitos de uma CS, como grandes janelas e espaço para hortas, enquanto outras propostas indicavam a necessidade de novas intervenções. Após a compilação das ideias para a produção de uma planta, iniciou-se a produção dos desenhos pelos estudantes de forma coletiva.

Em consonância com a proposta STEM, esse momento necessitou de maior mobilização da área artística

e do conteúdo matemático, em especial aos conceitos de proporção e as conversões de escalas. Após a criação do desenho básico pelos estudantes, utilizou-se placas de MDF recicladas e cortadas a laser nas dimensões planejadas pelos estudantes para proceder à montagem do protótipo da CS. Novamente, a participação e interação com os estudantes foram significativas, provavelmente em decorrência da materialização de uma ideia gerada em conjunto pelo grupo e com a inserção ativa dos sujeitos na prática desenvolvida (Viana e Silva, 2018). Nessa etapa, habilidades importantes foram mobilizadas, quais sejam: a capacidade de propor ou participar de ações da comunidade, propor e testar soluções éticas, estéticas, criativas e inovadoras para problemas reais, além de mobilizar intencionalmente conhecimentos e recursos para atuação em situações-problema³.

Etapa 3

Após a construção da maquete de casa com MDF, outro aspecto discutido foi a necessidade de climatização em função das condições geográficas locais. Espontaneamente, os estudantes questionaram o uso de aparelhos comerciais de ar condicionado em função do consumo de energia elétrica, dos materiais que são utilizados em sua confecção e do gás refrigerante, entre outros aspectos. Observou-se também que os estudantes não possuíam, até aquele momento, subsídios para propostas alternativas de climatização, sendo fundamental a atividade mediada pelo professor para a integração de novos elementos de modo a permitir a continuidade do processo. Assim, conceitos da ciência Física, como a absorção e o espalhamento da luz devido ao recobrimento com tintas, foram mobilizados e conectados aos contextos cotidianos dos alunos, introduzidos a partir da discussão sobre o uso de roupas escuras em um dia de sol e a sensação térmica produzida. Nesse sentido, outra

observação pertinente foi que os estudantes apresentaram diferentes perfis conceituais sobre esses fenômenos (Amaral e Mortimer, 2001), não considerando reflexamente sua vinculação a formas de saber genuinamente científicos, tampouco ao próprio processo de construção da CS. Tais aspectos denotam a importância da mediação na (re)contextualização desses conhecimentos para transposição de saberes adquiridos no âmbito escolar a outros processos e fenômenos do cotidiano.

Em seguida, os estudantes apresentaram a hipótese de utilizar um recobrimento com tinta refletiva, utilizando para isso materiais de cor branca. Um estudante comentou: “Mas, professor, as tintas não são tóxicas?” Tal questionamento e a intervenção subsequente são relevantes, pois abrangem habilidades como: identificar, prever, e avaliar as questões de ecossistema e suas resoluções em comunidade. O professor então apresentou a possibilidade do uso de materiais naturais não tóxicos para a realização da pintura, como a argila, solicitando que cada estudante providenciasse porções de solo próximo aos locais de residência. Conforme é possível depreender, nessa interlocução fomentou-se a capacidade de análise, representação das transformações e aspectos de conservação na natureza⁴.

As amostras recolhidas pelos estudantes foram comparadas e discutidas em função de diversas propriedades físico-químicas, tornando-se um importante momento de sistematização e vinculação da temática aos conceitos químicos de trabalho no projeto. A partir desses materiais, as tintas para o recobrimento da CS foram produzidas, conforme sintetizado no Fluxograma 1.

Os estudantes notaram as diferentes pigmentações geradas com as amostras recolhidas, subsidiando novos momentos para discussão sobre a composição química desses materiais. Discutiu-se, por exemplo, a presença de íons ferro



Fluxograma 1: Produção de tinta a partir de material do solo.

na coloração avermelhada do solo, a capacidade de fixação de compostos orgânicos e nitrogenados em amostras escuras, além da prevalência de sílica em materiais mais esbranquiçados (Silva, 2015). Um estudante conseguiu correlacionar a inserção de matéria orgânica no solo e seu potencial para adubação com as mudanças nas características físico-químicas do material, indicando que essa amostra de solo derivava de um jardim. Com isso, foi possível avançar na compreensão do solo como parte da dinâmica do ambiente e das influências que o uso e ocupação humana do solo podem acarretar para a regulação do ecossistema (Lima, 2005).

De modo complementar, o professor propôs a produção de novas tintas, agora a partir de biomassa vegetal, com o intuito de ampliar os testes de materiais conhecidos pelos estudantes com capacidade para utilização no projeto. Para isso, foram testadas amostras vegetais como beterraba, repolho roxo, cenoura, espinafre, açafrão, colorau e café. Para cada amostra, entretanto, foi discutida e implementada uma forma de extração diferente como maceração, aquecimento e trituração, dependendo dos extratos obtidos. Essa ação mobilizou novos conhecimentos químicos que também emergiram contextualmente na necessidade do trabalho proposto. O Fluxograma A do Material Suplementar² ilustra parte da produção de tintas de origem vegetal.

Um questionamento recorrente nessa atividade foi a respeito do número de “ingredientes” presentes nas tintas vegetais produzidas, uma vez que, nas formulações comerciais, são adicionados numerosos compostos químicos. Diante disso, o professor sugeriu a realização de um levantamento dos itens utilizados para fabricação industrial de tintas, a partir de fontes confiáveis, para posterior compartilhamento e discussão em grupo. Assim, estimulou-se novamente a capacidade de selecionar e mobilizar intencionalmente recursos criativos relacionados às Ciências da Natureza para resolução de problemas reais⁵.

Como resultado, os estudantes relataram que as tintas industriais apresentam muitos “ingredientes” com nomes muito “complicados”. Tais resultados lançam luz sobre o hermetismo presente na linguagem química, que muitas vezes desestimula o acesso à ciência (Chassot, 2003) e reforça

a necessidade de ações pedagógicas mediadas considerando a “importância da linguagem química na aprendizagem de conceitos químicos, atribuindo-lhe um papel constitutivo na elaboração do pensamento químico” (Schnetzler e Antunes-Souza, 2019 p. 949). Com auxílio da lousa, foi possível montar um esquema ilustrativo da produção de tintas comerciais e seus componentes. Assim, contribui-se para deslindar a nomenclatura dos compostos ainda desconhecidos pelos estudantes, como também para o reconhecimento de sua funcionalidade química (Figura A – Material Suplementar²).

Nesse contexto, reforçou-se que as tintas são, em realidade, composições químicas pigmentadas ou não, que, após aplicada em determinada superfície, promovem um revestimento que propicia acabamento, resistência, durabilidade, valorização/decoração e proteção ao material principal.

Após a produção das tintas vegetais e minerais, promoveu-se ainda a atividade de teste dos materiais em ambiente com sol pleno para análise de variação relativa de temperatura e, com isso, definir as cores aplicadas ao protótipo da CS com a especificidade de cada ambiente. A Figura 1 ilustra uma comparação entre as placas e sua exposição ao sol. A atividade experimental possibilitou a discussão e contextualização dos conteúdos em estudo numa perspectiva interdisciplinar, permitindo evidenciar a maior absorção da luz e uma elevação da temperatura do protótipo utilizando-se as tintas com cores mais escuras por meio da medida *in situ* com termômetro digital.

Com esses resultados, os alunos foram capazes de consolidar o conhecimento científico sobre as diferentes composições de materiais e sua respectiva coloração em relação à absorção de energia, mobilizando tais saberes para a tomada de decisão na montagem do protótipo da CS. Avalia-se que houve uma boa dinâmica de interação com o conteúdo, porém com domínio ainda incipiente de aspectos conceituais que sinalizam a necessidade de novas intervenções não adstritas ao desenvolvimento do projeto.

Etapa 4

Após a pintura do protótipo de CS e o teste das tintas ao sol, observou-se uma boa distribuição de calor e



Figura 1: Comparação entre as placas testes com as tintas produzidas e momento de exposição ao sol para análise.

luminosidade nos cômodos, contudo, outros aspectos de uma casa ainda careciam de maior debate, em especial a presença de energia elétrica. Inserida essa nova demanda, os estudantes relataram a possibilidade de implantação de energia renovável com instalação de placas solares. Com essa abordagem, iniciou-se o trabalho integrando a questão da geração e consumo de energia aos conceitos específicos como resistência, carga elétrica e circuitos elétricos, atingindo habilidades previstas para este ciclo de escolarização².

Para a execução do projeto, o professor disponibilizou 6 placas solares com capacidade individual de gerar 6V, 1W e 200mA em sol pleno. Essas placas solares foram utilizadas pelos alunos na montagem do protótipo com auxílio do programa online *Tinkercad*, uma plataforma digital gratuita que permite a criação e o teste de circuitos eletrônicos. A partir da interação com o software, os estudantes simularam os testes com as placas disponibilizadas e, em seguida, procederam às instalações necessárias, articulando as relações entre circuitos em série e paralelo, potência e geração de corrente elétrica.

Com um maior auxílio do professor, as placas foram instaladas no teto do protótipo, utilizando canudos de plástico como condutores para a fiação elétrica e luzes LED para avaliação da operacionalização do circuito formado. Nessa etapa, observou-se um avanço conceitual importante, com participação plena dos estudantes e maior necessidade de orientação do professor para a execução das atividades. Os conceitos trabalhados foram interrelacionados a partir da demanda da atividade prática durante o processo de construção do protótipo, configurando uma das vantagens da abordagem por projetos conforme os preceitos da abordagem STEM (Maia *et al.*, 2021).

Etapa 5

A etapa 5 surgiu da necessidade de abastecimento de água no protótipo de CS. Esse foi um momento oportuno não apenas para retomar aspectos relativos à temática química da água, mas também para correlacioná-la às questões sociais referentes ao saneamento urbano, acesso à água e perfil de consumo. Uma ideia trazida pelos estudantes foi a possibilidade de canalização de água da chuva interligada a uma horta sustentável. Assim, decidiram por instalar a horta nos espaços do protótipo denominados por eles próprios de “varanda”, pois, segundo os estudantes, esse ambiente apresentaria condições de luminosidade suficiente, facilitando o processo de plantio e colheita. Nota-se um potencial para integração de conhecimentos com aspectos da Biologia a partir da temática horta sustentável (Rezende *et al.* 2014) e questões sociais de acesso à terra e direito à alimentação saudável em Sociologia, com interface para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

Etapa 6

A criação da horta produziu excesso de matéria orgânica. Em conjunto com o solo utilizado na etapa 3, suscitou a necessidade de descarte desses materiais. Um momento

de discussão mediado pelo professor foi justamente para propor destinação correta para tais resíduos. De modo geral, os estudantes estão habituados com a necessidade de tratamento e destino de resíduos sólidos no convívio familiar ou por meio de ações na própria escola. Em função disso, sugeriu-se a organização de uma composteira. A interação com esses estudantes permitiu notar, entretanto, que, embora reconheçam a possibilidade de compostagem como recurso adequado à destinação de materiais orgânicos, alguns alunos não vivenciaram a montagem ou a manutenção de uma composteira.

Diante disso, o professor apresentou a proposta de uma composteira utilizando materiais recicláveis, como garrafas PET, iniciando a produção de composteiras em menor escala para inclusão no protótipo da CS e a possibilidade de discussão dos conceitos centrais do processo bioquímico envolvido. Inicialmente, apenas resíduos de alimentação vegetal foram acrescentados à composteira, como cascas de banana e batata. Optou-se por não adicionar minhocas, favorecendo a compostagem por fungos e outros microrganismos naturalmente presentes nestes materiais. Após o período de 4 semanas, foi produzida uma quantidade considerável de adubo líquido, possibilitando revisar conteúdos matemáticos como frações, além de introduzir novos conceitos químicos como concentração e diluição, indispensáveis à aplicação prática do adubo disponibilizado.

Como relatam Silva *et al.* (2015), o trabalho com a produção de compostagem favorece o trabalho interdisciplinar pelas próprias características presentes nesse processo bioquímico, mas também se articula com outros campos do conhecimento, como Sociologia e Gestão Ambiental. Ao permitir a interação com os conteúdos de forma autônoma num projeto inspirado pela abordagem STEM, promove-se a atuação e a reflexão dos estudantes sobre estas temáticas, estimulando o envolvimento dos estudantes e melhorando, por conseguinte, a experiência de aprendizagem (Bachich e Holanda, 2020). Desse modo, analisamos que, no início dessa etapa, os estudantes encontravam-se em um nível inicial de domínio dos conteúdos químicos, como também com baixo comprometimento para as ações propostas, apresentando dificuldade nas atividades de resolução de exercícios e na interação com o grupo durante as aulas expositivas. Contudo, essa perspectiva foi modificada após as ações práticas, como a diluição do adubo orgânico e sua aplicação nas hortas do protótipo, o que permite visualizar um avanço para níveis mais altos de comprometimento e envolvimento com os conteúdos disponibilizados.

Etapa 7

Para Cavassani *et al.* (2023), os eventos de divulgação científica, em especial quando desenvolvidos pelos estudantes, são relevantes para a sistematização do conhecimento trabalhado em projetos de ensino. O ato de sistematizar e comunicar apropriadamente um conjunto de conhecimentos permite uma reorganização mental dos conceitos dos alunos, evidenciando novas conexões que auxiliam a produção de

significados. Nos momentos de exposição, os estudantes dialogam com outros estudantes e professores, promovem interações, dúvidas e questionamentos. Com isso, são capazes de estimular a relação entre aspectos experimentais e quadros conceituais explicativos, promovendo a reformulação dos próprios saberes e o uso da linguagem científica em sua interrelação entre senso comum e conhecimento científico (Silva, 2021).

Desse modo, a etapa 7 consistiu na finalização do projeto e divulgação dos resultados alcançados. Para isso, os estudantes organizaram um evento de exposição do protótipo da CS demonstrando as etapas realizadas e os resultados parciais produzidos, em especial os testes realizados com as placas solares, as tentativas de produção de tintas da etapa 3 e a composteira formulada na penúltima etapa. Essa ação foi importante não apenas para incentivar e estimular novos estudantes no desenvolvimento de projetos de ensino e para aprendizagem dos conceitos e conteúdos envolvidos, mas também para conceber no desenvolvimento de projetos (quicá na ciência de referência) a relevância da proposta e do teste de hipóteses, da experimentação e a necessidade da não estigmatização dos resultados insatisfatórios. A Figura B do Material Suplementar² ilustra o protótipo pronto e o momento de visita guiada da comunidade na interação com o projeto.

Nesse sentido, compreende-se que a “experimentação coerente com uma proposta pedagógica que promova aprendizagem significativa deve permitir as possibilidades de erro e acerto, utilizando-os como estratégia de ensino” (Augustinho e Vieira, 2021, p. 44). Assim, os estudantes apresentaram suas produções, explicando as etapas com desenvoltura e as funcionalidades de cada parte do protótipo, evidenciando a atribuição de significados aos conceitos trabalhados em sala de aula que favorecem a compreensão plena do propósito do projeto de ensino e, por conseguinte, da experiência educativa.

Conclusão

O novo Ensino Médio tem sido foco de acaloradas discussões, com a percepção majoritária entre educadores químicos de um retrocesso latente no que diz respeito à concepção educacional subjacente à proposta, como também em relação a sua operacionalidade calcada no discurso de “escolha” de diferentes eixos formativos pelos estudantes. Mais grave, denunciam o esvaziamento e (im) possibilidades de aprendizagem concreta de conteúdos de Ciência e demais áreas do conhecimento. Conquanto esses aspectos denotem a necessidade urgente de esforço político para sua eventual readequação ou ainda revogação, de outro lado há a figura do professor que se vê diante da exigência de implementação de itinerários formativos e o desenvolvimento de projetos inseridos nessa nova organização do Ensino Médio.

Assim, este trabalho aponta um caminho possível para lidar com o projeto de construção de uma casa sustentável

presente no itinerário formativo de Ciências do novo Ensino Médio, auxiliando os professores na organização de tais atividades, além de indicar as contribuições e os momentos que requerem maior atenção à sua plena implementação. Conforme destacam-se dos resultados, é possível integrar conhecimentos e demandas regionais com os conceitos de referência, focalizando a perspectiva química dos processos e fenômenos. A proposta sustentada pela abordagem STEM favorece o comprometimento dos estudantes, a posição proativa e colaborativa, além de permitir a atividade criativa, o teste de hipóteses e a experimentação que alicerça a construção contextualizada e significativa do conhecimento escolar.

Por fim, sinaliza-se que os rumos do Ensino Médio precisam ser discutidos à luz de uma análise ampla e séria, considerando a diversidade de *ensinos médios* que o país possui, mas também com um olhar prospectivo sobre qual Ensino Médio deseja-se para um futuro próximo, sob pena de novas ‘reformas’ apenas revolverem programas anteriores e, de todo modo, indesejados. Assim, como este trabalho pretende salientar, a abordagem por projetos focaliza aspectos da interdisciplinaridade, a posição ativa e colaborativa dos estudantes em atividades de proposta e teste de hipóteses que mobilizam e interrelacionam conhecimentos regionais e saberes científicos, sugerindo corresponder a aspectos desejáveis do ensino de Ciência em qualquer matriz de organização curricular do Ensino Médio. Fundamentado nessas diretrizes, o trabalho crítico do professor na perspectiva STEM é capaz de proporcionar uma aprendizagem contextualizada dos conceitos científicos e uma melhor experiência educativa dos sujeitos.

Notas

¹A lista de habilidades previstas para o desenvolvimento do projeto “Casa Sustentável” pode ser consultada no seguinte endereço: https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2022/10/MAPPA-CNT_MAT-UC2.pdf

²O Material Suplementar pode ser consultado no seguinte endereço: https://drive.google.com/drive/folders/1hfVcxJy_SsK9IBWGdB1fLcLr4q6C4eEG?usp=drive_link

³Essas habilidades são designadas, respectivamente, com os seguintes códigos: EM13MAT201, EM13MAT06 e EM13MAT11, conforme o Currículo Paulista.

⁴Estão ainda presentes habilidades relacionadas à capacidade de identificar, explicar questões socioculturais e ambientais, propor e testar estratégias de mediação. Tais habilidades relacionam-se com as habilidades relativas à intervenção para resolver problemas de natureza sociocultural e de natureza ambiental, conforme descritas em: EM13CNT101, EM13CNT107, EM13CNT07 e EM13CNT09.

⁵Compatíveis com as habilidades EM13CNT05, EM13CNT07 e EM13CNT10.

⁶Como, por exemplo, as habilidades EM13CNT01 e EM13CNT107.

Guilherme Seminatti (guilherme.seminatti@aluno.ifsp.edu.br) licenciado em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Campus Catanduva. Atualmente é professor do nível médio na rede estadual de São Paulo. **Thiago Bernardo Cavassani** (thiagocavassani@yahoo.com.br), bacharel e mestre em Química pelo Instituto de Química da UNESP/Araraquara,

licenciado em Química pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP- USP) e doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é professor do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Campus Catanduva, SP – BR.

Referências

ALMEIDA, G. L.; LIMA, M. O.; OLIVEIRA, A. S. S. e CHAGAS, A. M. A educação midiática e o combate às fake news. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 8, n. 5, p. 1470-1480, 2022.

ALVES, J. Q.; MARTINS, T. J. e ANDRADE, J. J. Documentos normativos e orientadores da Educação Básica: a nova BNCC e o ensino de Química. *Currículo sem Fronteiras*, v. 21, n. 1, p. 241-268, 2021.

AMARAL, E. M. R. e MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 3, p. 1-16, 2001.

AUGUSTINHO, E. S. e VIEIRA, V. S. Aprendizagem significativa como alicerce para metodologias ativas no ensino de ciências: uma interlocução em prol da educação de jovens e adultos. *Nova Revista Amazônica*, v. 9, n. 1, p. 37-49, 2021.

BACHICH, L. e HOLANDA, L. *STEAM em Sala de Aula: a aprendizagem baseada em projetos - integrando conhecimentos na Educação Básica*. Porto Alegre: Penso, 2020.

BENEDETTI FILHO, E. e MATSUMOTO, M. Y. Hantaro Nagaoka e o modelo saturniano. *Química Nova na Escola*, v. 44, n. 1, p. 9-16, 2022.

BORBA, J. F. S. *O cultivo da uva Isabel (Vitis labrusca 'Isabella') no município de Natuba: uma análise entre a interface da etnoquímica e a abordagem STEAM no ensino de Química*. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2023.

BYBEE, R. W. What is STEM Education? *Science*, v. 329, p. 996-966, 2010.

CAVASSANI, T. B.; ANDRADE, J. J. e MARQUES, R. N. O Arco de Magueres como oportunidade para a aprendizagem problematizadora e ativa no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 45, n. 2, p. 142-151, 2023.

CHASSOT, A. *Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação*. 3ª ed. Ijuí: Unijuí, 2003.

CLEOPHAS, M. G. Integração entre a gamificação e a abordagem STEAM no ensino de Química. *Revista de Educação da Universidade Federal do Vale do São Francisco*, v. 10, n. 23, p. 78-109, 2020.

COHEN, L.; MANION, L. e MORRISON, K. *Research Methods in Education*. 8ª ed. Londres: Routledge, 2018.

FAÉ, I. e SANSONI, N. COP26: O planeta na mão das grandes corporações? *Pet economia UFES*, v. 2, n. 2, p. 42-46, 2022.

FAGUNDES, A. J. F. M. *Descrição, Definição e Registro de Comportamento*. São Paulo: Edicon, 1985.

FERNANDES, D. *Rubricas de Avaliação*. Folha de apoio à formação - Projeto de Monitorização, Acompanhamento e Investigação em Avaliação Pedagógica (MAIA). Lisboa: Ministério da Educação, 2021.

LIMA, M. R. O solo no ensino de ciências no nível fundamental. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 3, p. 383-395, 2005.

LIMA, W. G.; SASSI, S. B.; MACIEL, C. e CASAGRANDE, A. L. *STEAM e Ensino Médio: Projetos da Rede de Ensino*

Mato-Grossense. In: *Anais do XXIX Seminário de Educação (SemiEdu)*. Cuiabá, 2021.

MAIA, D. L.; CARVALHO, R. A. e APPELT, V. K. Abordagem STEAM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 17, n. 49, p. 68-88, 2021.

MUSSI, R. F. F.; FLORES, F. F. e ALMEIDA, C. B. Pressupostos para a elaboração de relato de experiência como conhecimento científico. *Práxis Educacional*, v. 17, n. 48, p. 60-77, 2021.

OLIVEIRA, E. F. S. *Utilização da metodologia STEAM no Ensino Médio: uma abordagem sobre compostagem no ensino de Química*. 2023. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, Lorena, 2023.

PEREIRA, A. A. G. Documentários de ciências na formação inicial de professores: contribuições para uma leitura crítica sobre aquecimento global. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 25, n. 2, p. 1-18, 2020.

PINHEIRO, D. C. Quando a fake news acelera o Antropoceno: o caso da Floresta Amazônica (2018-2021). *Liinc em Revista*, v. 18, n. 1, p. 1-19, 2022.

PORTO, P. A. e QUEIROZ, S. L. Os rumos do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v. 45, n. 2, p. 91-92, 2023.

PUGLIESE, G. STEM education: um panorama e sua relação com a educação brasileira. *Currículo sem fronteiras*, v. 20, n. 1, p. 209-232, 2020.

REZENDE, B. L. A.; ALMEIDA, J. S.; AMADO, M. V.; PEREIRA, M. R.; CARVALHO, V. S.; ENDRINGER, D. C. e LEITE, S. Q. M. A interdisciplinaridade por meio da pedagogia de projetos: uma análise do projeto “Horta escolar: aprenda cultivando hortaliças” numa perspectiva CTSA. *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica*, v. 4, n. 1, p. 179-191, 2014.

ROSSETTO, G. P.; GREGÓRIO, J. P. e RAUPP, D. T. Uma unidade temática sobre poluição atmosférica para o ensino de química. *REPPE: Revista do Programa de Pós-Graduação em Ensino*, v. 6, n. 1, p. 54-83, 2022.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação. *MAPP - Material de Apoio ao Planejamento e Práticas do Aprofundamento*. São Paulo, 2018.

SCHNETZLER, R. P. e ANTUNES-SOUZA, T. Proposições didáticas para o formador químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em química. *Química Nova*, v. 42, n. 8, p. 947-954, 2019.

SILVA, A. L. *A Geotinta no contexto da arte e da agroecologia*. Monografia (Tecnologia em Agroecologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2015.

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, S. H. *Feira de Ciência: uma estratégia pedagógica para aprender Química no Ensino Médio*. Monografia (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

do Sertão Pernambucano, Ouricuri, 2021.

TAVARES, L. H. M. C.; NEGÓCIO, P. Á. F. e LIMA-NETO, V. Uma análise discursiva sobre as fake news: reflexões para o ensino. *Letra Magna*, v. 16, n. 25, p. 1376-1389, 2020.

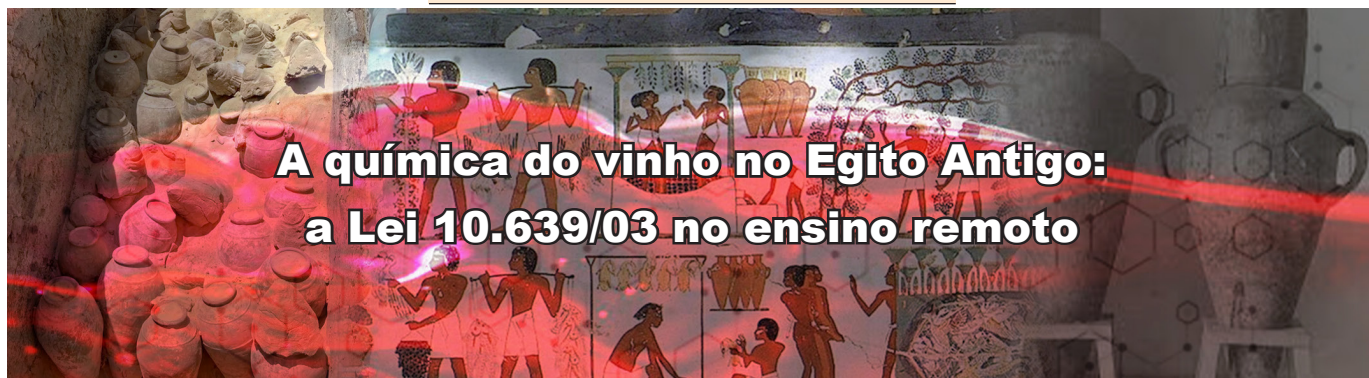
VIANA, F. A. M. e SILVA, J. F. Metodologia ativa na monitoria de semiologia e semiotécnica: uma vivência acadêmica. In: *Anais do Conexão Fametro*. Fortaleza, 2018.

Para saber mais

TOLENTINO NETO, L. C. B.; OCAMPO, D. M.; DÁVILA, E. S.; LOPES, A. F.; MELO, G. C.; MEDEIROS, J. G.; LOPES, W. M. e MARTINS, P. A. *Entendendo as necessidades da escola do século XXI a partir do movimento STEM*. Recife: Even3 Publicações, 2021.

Abstract: *Construction of a sustainable house: exploring project development and STEM approach in the new high school.* Few works in the literature discuss the implementation methods and the results eventually achieved in the application of science education projects outlined in the structure of Brazilian new high school curriculum. Thus, this work consists of an experiential report in which the implementation paths and results obtained in the construction project of a sustainable house within the formative itinerary “My Role in Sustainable Development” are discussed. Based on the STEM approach, the results emphasize the opportunities for interdisciplinary work in learning chemical concepts such as nomenclature, separation of mixtures and properties of compounds. We highlight the engagement and active involvement of students during the learning process, as well as the intricacies and difficulties for the full implementation of the project. It is expected that the present paper contributes with new insights for teachers who intend to implement the project-based approach in the new high school curriculum.

Keywords: STEM, new high school, project-based learning, active methodology



A química do vinho no Egito Antigo: a Lei 10.639/03 no ensino remoto

Fernando R. Costa, Thatianny A. L. Silva, Marysson J. R. Camargo e Anna M. Canavaro Benite

O vinho é uma contribuição científico-tecnológica que possui origem em território africano, no Egito Antigo, isto é, em Kemet. Nesta investigação buscamos discutir e analisar a química do vinho em Kemet e os aspectos das representações midiáticas com a implementação da Lei 10.639/03 no ensino remoto, com estudantes da educação básica, no projeto Afrocientista, que buscou reeducar numa perspectiva antirracista. Com elementos de uma pesquisa afrocêntrica, contou-se com a participação de estudantes oriundos da escola pública e de periferia da Grande Goiânia, Goiás. Os resultados dão indícios que é possível discutir os aspectos históricos, culturais e midiáticos sobre os conhecimentos químicos do vinho kemético, tais como as técnicas de preparo, armazenamento, composição, com destaque ao protagonismo pioneiro africano nas ciências e tecnologias, apesar das limitações do ensino remoto.

► química do vinho, ensino remoto, lei 10.639/03, kemet ◀

Recebido em 16/01/2023; aceito em 20/12/2023

A Lei 10.639/03 é uma política curricular fundada em dimensões históricas, sociais e antropológicas, oriundas da realidade brasileira, na busca de combater o racismo e as discriminações que atingem particularmente os negros (Brasil, 2003). Assim, é revelar uma história real e que dialogue com a maioria do país marcadamente negro, diferente da história vinculada nos meios comunicacionais e nos processos educativos e sociais que afirmam que a África e sua história são delimitadas pela pobreza, fome, miséria e caos. Isto é, combater o racismo epistêmico é lutar contra os diferentes mecanismos de deslegitimação do negro como protagonista e produtor de conhecimento e cultura, bem como de rebaixamento cognitivo pela carência material e/ou pelo comprometimento da autoestima pelos processos de discriminação correntes no processo educativo (Carneiro, 2017).

De acordo com Gomes (2012), o ato de falar sobre algum assunto ou tema na escola não pode ser uma via de mão única, isto é, implica em respostas do “outro”, nas interpretações diferentes e confrontos de ideias. Nesse sentido, a introdução da Lei 10.639/03 se baseia, não como uma nova disciplina ou novos conteúdos, mas como uma mudança cultural e política no campo curricular e epistemológico, rompendo com o silêncio e desvelando esse e outros rituais pedagógicos a favor da discriminação racial (Gomes, 2012).

Machado (2018) diz que a construção ideológica das raças e hierarquização pelos brancos europeus legitimaram a suposta incapacidade intelectual negra para ciência, tecnologia e inovação. Dessa forma, as realizações africanas e da diáspora foram excluídas da história das ciências à custa da construção do sistema de privilégio branco numa ordem mundial capitalista. Essa ordem possui como pilares a escravidão, colonialismo, imperialismo e racismo na construção de privilégios e desigualdades (Machado, 2018). Por sua vez, existe um complexo imaginário social retroalimentado pelos meios de comunicação e suas tecnologias que subsidiam as práticas ideológicas racistas (Almeida, 2019).

Concordamos com Almeida (2019), ao pontuar que o racismo é sempre estrutural e se configura como um elemento que integra a organização econômica e política da sociedade atual. Os comportamentos individuais e processos institucionais são derivados de uma sociedade em que o racismo é regra e não exceção, e de modo “normal” são constituídas as relações políticas, econômicas, jurídicas e até familiares, que afetam a população negra, logo, não sendo uma patologia social e nem um desarranjo institucional (Almeida, 2019). Frente a isso, consideramos a aula de química como oportuna para o combate ao racismo estrutural na implementação da Lei 10.639/03 e no processo de ressignificar as subjetividades e vidas concretas da juventude negra brasileira e os

aspectos dos meios comunicacionais, isto é, das representações midiáticas. Hall (2016) assevera que as representações reproduzem sentidos que são socialmente compartilhados e refletem nos membros da cultura, no “representar” que envolve o uso da linguagem, de signos e imagens que significam objetos e estabelecem relações complexas. Consideramos que as representações midiáticas são os aspectos relacionados aos meios de comunicação, ou seja, da própria mídia, nas suas diferentes formas simbólicas e ideológicas de atuação sobre a realidade (Thompson, 2011). É uma alternativa, por exemplo, para discutir que os nossos ancestrais não foram apenas escravizados, além de apresentar outra narrativa que desvele as contribuições científicas e tecnológicas omitidas e saqueadas ao longo da história das civilizações, sobretudo, de matriz africana e afrodiáspórica. Interessa-nos, nesta investigação, a química do Egito Antigo ou de Kemet, que era o nome do território utilizado pelos africanos na época, como nos lembra Diop (1983).

Silva *et al.* (2021) afirmam que a civilização kemética foi uma das pioneiras nas contribuições para o desenvolvimento de técnicas de preparo, armazenamento e, conseqüentemente, para a construção e desenvolvimento do conhecimento científico envolvido na química do vinho. Conforme os autores, o vinho já era produzido e consumido em Kemet em 3000 A.E.C.ⁱ, ou seja, muito antes do que na Grécia e em Roma, locais aos quais a técnica tradicional europeia é associada.

Ademais, salienta-se que historicamente não é constatado nos sistemas de ensino muitas ações nos currículos e nas aulas de ciências/química, com foco na implementação da Lei 10.639/03. Conseqüentemente, são incipientes essas discussões no ensino remoto com o uso de tecnologias digitais diante da pandemia de covid-19, bem como discussões sobre as representações midiáticas. Além do mais, as ações dessa investigação consideraram a aproximação dos movimentos negros à realidade dos estudantes junto a discussão do conhecimento científico sistematizado e organizado, imersos no quadro pandêmico. Assim, ponderamos as condições objetivas e concretas para a organização do ensino, as condições de acesso aos recursos da internet e suportes tecnológicos e, por conseqüente, os processos de ensino e as condições para o estudo e a aprendizagem dos sujeitos envolvidos.

Nesta investigação, buscamos discutir e analisar a temática sobre a química do vinho em Kemet e os aspectos das representações midiáticas com a implementação da Lei 10.639/03 no ensino remoto, com estudantes da educação básica no projeto de letramento racial, o Afrocientistaⁱⁱ.

Percurso metodológico

A investigação se caracterizou a partir dos elementos da pesquisa afrocêntrica. A afrocentricidade tem como proposta estabelecer que as compreensões e análises de condições de vida e históricas sejam realizadas a partir da localização com foco na África e sua diáspora, a partir desse lugar epistemológico (Asante, 2009). Assim, a investigação e as discussões perpassam pela experiência africana e sua

diáspora, na relação entre físico e espiritual, bem como na conexão entre todas as coisas, na imersão cultural e social, na perspectiva de que o conhecimento gerado deve ser libertador (Mazama, 2009).

Seguimos as seguintes etapas com base em Mazama (2009): No *primeiro momento* foi realizada a interação entre pesquisador, os sujeitos e o tema, bem como a imersão cultural e social. No *segundo momento*, foram promovidas discussões no tocante à cosmologia, estética, axiologia e epistemologia que caracterizam a cultura, história e ancestralidade africana no ensino remoto de ciências/química. Assim, buscamos “operar como agentes autoconscientes, não satisfeitos em ser definidos pelo de fora” (Mazama, 2009).

A presente investigação se desenvolveu a partir de uma articulação com uma representação do Movimento Negro, a Associação Brasileira de Pesquisadores/as Negros/as (ABPN), uma ação afirmativa - o projeto Afrocientista - promovida em parceria com o Coletivo Ciata do Laboratório de Pesquisa em Educação em Química e Inclusão (LPEQI) do Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás (IQ-UFG). As ações do Afrocientista ocorrem em várias regiões do país, na região do Centro-Oeste, em Goiânia, Goiás, no (LPEQI), filiados ao consórcio de NEABs/ABPN.

O objetivo do projeto Afrocientista é despertar vocação científica e incentivar talentos entre estudantes negros com a iniciação de práticas de ciências, instrumentalização sobre o fazer ciências, formação para cidadania e mobilização social, promovendo atividades práticas da ciência, o entrosamento no ambiente acadêmico, além de promover a preparação para processos seletivos de ingresso na universidade (ABPN, 2018). No escopo do projeto Afrocientista, desenvolvido junto ao grupo Coletivo Ciata/LPEQI em 2021, remotamente, foi trabalhado o subprojeto intitulado: ciência/química, mídia e africanidades, com o oferecimento de acompanhamento pedagógico regular semanal e atividades de iniciação à pesquisa.

As intervenções pedagógicas contaram com a participação de cinco estudantes: a Camila, o Diego, a Ingrid, a Isís e a Valeska. Esses nomes são fictícios, no intuito de resguardar a identidade dos sujeitos da pesquisa. Esses são jovens negros, de baixa renda e são oriundos da escola pública e da periferia de Goiânia, Goiás. Contamos ainda com a regência de um professor de química (aluno de doutorado) e com a orientação da professora formadora (pesquisadora). Neste trabalho, apresentamos uma intervenção pedagógica (IP), na qual a dinâmica consistia em que um aluno escolhesse uma temática de interesse. Assim, após as orientações e explicações do professor de química, no encontro seguinte, esse aluno ficaria responsável por uma apresentação e discussão em grupo sobre a temática escolhida. Com aporte didático-pedagógico do professor de química e dos demais participantes, coube a participação dialogada e uma produção textual em forma de relatório.

Diante a situação da pandemia de covid-19 e das medidas necessárias de biossegurança e de mitigação do vírus, a coleta de dados foi realizada por meio das gravações dos

encontros, em áudio e imagem, através da plataforma do *Google Meet* e, posteriormente, as falas foram transcritas. Além disso, utilizamos como instrumento de coleta de dados os relatórios produzidos pelos estudantes ao final da IP. Nas transcrições a seguir, algumas expressões orais foram mantidas como, “tá”, “né”, “ein”, “tals”, “ó”, “oh”, no intuito de preservar o discurso e a caracterização dos sujeitos. Utilizamos para a análise de dados a *Hermenêutica da Profundidade* de Thompson (2011) e suas três fases: **i)** análise sócio-histórica, nesse trabalho, as análises sobre a química do vinho em Kemet e seus aspectos sociais em relação à população africana e em diáspora; **ii)** análise formal ou discursiva, com base na conversação dos participantes; e **iii)** interpretação/reinterpretação, que permitem desvelar as formas simbólicas e relações de poder e dominação. Para análise de dados, também utilizamos o dispositivo polirracional do conhecimento químico de Camargo (2022) na análise do círculo em espirais, no qual os saberes e objetivos da aprendizagem em química seriam com as abordagens das dimensões representacionais, submicroquímica, pluriversal e fenomenológica. A disposição circular de tais dimensões do conhecimento químico considera que não são desconexos e nem se compartimentam os saberes, mas se relacionam numa relação de intervalorização dos saberes que os sujeitos produzem, frente a integração de conhecer e transformar a matéria numa disposição da circularidade dos conhecimentos, saberes e fazeres na aula de química (Camargo, 2022).

Em síntese, de acordo com Camargo (2022): **i)** a dimensão representacional comporta as representações dos conteúdos científicos e das reações realizadas nas atividades práticas; **ii)** a dimensão fenomenológica comporta os processos físico-químicos que podem ser concretamente associados, tal dimensão é associada ao sentido, à empiria e à química materializada na vida social; **iii)** a dimensão pluriversal comporta os conteúdos e objetivos que se opõem à dicotomia de ciência moderna/ciência tradicional e compreende uma

perspectiva crítica e oposta ao eurocentrismo; e, por último, **iv)** a dimensão submicroquímica comporta a abordagem de conceitos e os conteúdos na inter-relação ao nível simbólico e as representações subjacentes.

Desvelando as tramas

Apresentamos a IP em destaque (Quadro 1) que versou sobre a discussão da química do vinho de Kemet como produto científico e tecnológico de origem africana e os aspectos midiáticos relacionados.

Obtivemos 420 Turnos de discursos e por motivos de espaço vamos apresentar somente alguns extratos.

Extrato 1 – Sobre o vinho em Kemet

Turno 20 - Diego: *Então tá, eu vou falar sobre o vinho em Kemet. Em Kemet surgiu um dos vinhos mais antigos do mundo e que até hoje é encontrado em fosséis perto daquela região. Diversos casos das primeiras prensas e equipamentos de vinícolas de que se tem a notícia foram achados lá, próximo da Armênia. Eles preparavam os vinhos, que se chama vinificação, lá naquela época era utilizado para celebrações. Aí primeiro, eles pegavam e plantavam as uvas, que eram plantadas em treliças e ficavam a sombra para não pegar o sol, porque o sol no deserto não daria para dar fruto. Então, teria que ter bastante água para videira se sustentar e na sombra. Então, era próximo do Rio Nilo.*

Turno 36 - Diego: *A Ísis perguntou o que são essas treliças que eu falei, é praticamente... Vocês já viram aquelas construções com aquelas barras de ferro em formato de triângulo? Pois é, sabe as videiras, eles colocavam elas em forma horizontal e colocava a videira para crescer nessas colunas de modo que os cachos ficassem pendurados.*

Turno 37 - Ísis: *Tipo plantação de uva e maracujá.*

Turno 38 - Diego: *Acho que sim.*

Turno 39 - Ísis: *A gente tem atualmente.*

Turno 40 - Diego: *É, praticamente é igual hoje em dia.*

Quadro 1: Mapa de atividades

	ETAPA
Tempo das ações	180 minutos
Desenvolvimento	i) Levantamento das produções sobre a química do vinho em Kemet e as orientações didático-pedagógicas sobre as discussões e questões investigadoras e problematizantes; ii) Discussão sobre a química do vinho kemético e o seu contexto cultural africano e da atualidade diaspórica; iii) Discussão sobre epistemicídio científico e o racismo midiático sobre a ciência e tecnologia africana e suas consequências; iv) Produção do relatório individual pelos demais alunos.
Objetivos	i) Compreender a química do vinho de Kemet como produto científico-tecnológico no seu contexto cultural africano e influências atuais; ii) Discutir as reações químicas na fermentação do vinho e a sua composição físico-química; iii) Discutir o epistemicídio científico e o racismo midiático acerca das contribuições das civilizações africanas e de sua diáspora.
Estratégia de avaliação	Assiduidade, participação dialogada e produções textuais.

Turno 42- Diego: *Hoje em dia quando é uma videira, pode ver que as pessoas colocam arames. Uns quatro paus na verdade, assim, de bambu, e coloca tipo uma cerca de arame do modo que a videira se enrola nos cachos e fique pendurado ou uma videira ou um pé de maracujá. Era praticamente assim. Só que eles utilizavam o bambu em forma de triângulo. Não sei se deu para entender, não sei. Aí nesse caso, era plantada junto ao Rio Nilo numa zona para alcançar o que não fosse alcançável pela enchente, que tinha às vezes no ano, no Rio Nilo. Enchia e subia até um certo nível. Então, eles plantavam um pouco acima para enchente não arrancar os vinhedos daquele local. E, inicialmente, era cultivada na região de Delta e, posteriormente, esses vinhedos foram selecionados e mudados né, para outros locais lá do Egito, como para o Oásis do deserto e para o Vale do Nilo. Aí, o segundo passo dessa preparação era a colheita. Eles escolhiam os cachos de uva, daí eles começaram fazer o muco do vinho com os pés sobre os frutos. Aí, eu coloquei outra observação que é uma dessas sacadas deles, que foi tipo, colocar uma barra de ferro e em uma altura um pouco acima da cabeça, algo similar a uma barra de ônibus que a gente segura em cima, que ajudava no trabalho de equilíbrio. Aí, eu tenho uma imagem aqui que dá para vocês entenderem... não...não...Deixa eu compartilhar aqui a tela que dá para mostrar direitinho. Eles pisavam sobre as uvas, aí eles colocavam as uvas aqui, inicialmente, e seguravam nessas barras de ferro para manter o equilíbrio. Aí, já aqui ó (indicando na imagem), que tinha perguntado, eles colocavam as uvas desse jeito assim ó (indicando na imagem), do modo em que eles poderiam colocar os pés e se apoiar em cima. Aí, eles pisavam sobre essas uvas aí, essa outra pessoa que ia pegar, aí depois extraíam o suco.*



Figura 1: Vindima e a elaboração do vinho na tumba de Nakht, em Sheikh Abd El-Qurna, Tebas. Fonte: Fonseca *et al.* (2012).

Nos **Turnos 20, 36, 42 e 45**, o aluno Diego argumentou sobre os aspectos regionais, sociais e históricos do vinho. Assim, ele explica como era o processo de vinicultura e sua elaboração nas regiões de produção do vinho em Kemet. No **Turno 20**, o aluno Diego destacou os usos do vinho naquela época. De acordo com Fonseca *et al.* (2012), o vinho, o *irp*, como era chamado, era parte integrante da cultura dos keméticos, em diferentes aspectos, que podem ser considerados a primeira vinícola da história. O vinho era consumido pelas classes elevadas da sociedade da época, a família real, os faraós e os sacerdotes, para a celebração da continuação de uma coroação ou de ano novo (Poo, 1995). Sob o aspecto

religioso, em oferendas funerárias, era oferecido o vinho aos mortos para a sua vida no “além”, sendo a principal bebida do faraó, depois da sua ascensão aos céus (Allen, 2005; Poo, 1995). Já na medicina, o vinho era utilizado como ingrediente principal ou como excipiente para dissolver compostos sólidos (Poo, 1995). Por exemplo, no Papiro Ebers, o vinho é utilizado como aperitivo, para abrir o apetite do paciente e como anti-helmíntico (Poo, 1995).

O que Diego nos trouxe nos **Turnos 20, 36, 42, 45 e 50** foram as evidências históricas que reiteram o protagonismo da civilização kemética como pioneira, africana e negra. O território de Kemet faz parte da história do vinho e da ciência e é mais uma possibilidade de leitura de mundo e de existência. O que, por sua vez, possibilita ressignificar a história única europeia, trazendo à juventude negra a reconstrução de memórias a partir de marcadores positivados, que se distanciam de concepções subalternizantes escravagistas (Silva *et al.*, 2021). Nesse sentido, os aspectos culturais e históricos dos contextos keméticos, entre outros africanos, são relevantes na apropriação conceitual com a produção de significados e sentidos.

Os Turnos enfatizados aqui dão destaque aos discursos de Diego, estudante que apresentava uma temática de interesse, e, devido à limitação de espaço deste manuscrito, ficou inviável trazer todos os discursos dos participantes envolvidos. Contudo, entre um Turno e outro, seja de diálogo com o professor, o qual investiga e problematiza as falas, seja em diálogo entre os próprios estudantes (**Turnos 20, 36, 37, 38, 39, 40, 42**), notamos o Diego em diálogo com Ísis. Nesse diálogo, ele explicou o que eram as treliças e relatou sobre a vindima da época, fazendo um paralelo às plantações dos dias atuais e, assim, continuando com a argumentação e trazendo mais elementos explicativos. Identificamos a construção de significados e como esse processo pode auxiliar na aprendizagem dos alunos. Mortimer e Scott (2002) destacam essas interações e diálogos entre o professor e os estudantes na perspectiva de explorar ideias, formular perguntas autênticas, considerar diferentes pontos de vista, além de auxiliar na apropriação de conceitos da química. Mais de uma “voz” é ouvida e considerada havendo, portanto, uma inter-animação de ideias nas ações discursivas e interativas de produção de significados entre os falantes (Mortimer e Scott, 2002). As interações e diálogos com os sujeitos participantes possibilitam o caminho de construção possível de compreensões, interpretações e análises dos contextos e conceitos em foco no ensino de química, que podem ser exploradas pelo professor e professora.

Ainda no **Turno 42**, Diego relatou sobre o processo de fabricação do vinho e locais de plantio. Fonseca *et al.* (2012) relatam que os keméticos dominavam técnicas e detinham conhecimentos sobre os locais de vindima e até relacionavam o vinho com o sangue de Osíris. De acordo com essas autoras, a vinha era plantada junto ao Nilo, numa zona não alcançável pela inundação do rio, que foi cultivada na região do Delta e, posteriormente, no Reino Novo e, depois, expandindo-se para o Oásis do deserto Ocidental e para o

Vale do Rio Nilo. Ainda de acordo com essas autoras, a vindima tinha início aos finais do mês de julho, quando no céu aparecia a estrela Sotis, a qual os egípcios associavam ao início da inundação, já que a subida das águas coincidia com o seu surgimento.

De acordo com Guasch-Jané *et al.* (2012), os registros em forma de relevos e de pinturas nas antigas tumbas keméticas revelam as diferentes etapas da vinicultura e vinificação, que vai desde a colheita da uva, esmagamento, prensagem, fermentação, fechamento, rotulagem até o armazenamento em jarros. Ainda no **Turno 42**, o Diego apresentou uma imagem referente a esse processo de vindima com base na cena da tumba de Nakht, em Tebas, datada da Décima Oitava Dinastia (1539-1292 A.E.C.). Com essas evidências arqueológicas e iconográficas, é possível reconhecer a contribuição científico-tecnológica a partir do vinho dos keméticos e de seus processos técnicos aos demais eixos civilizatórios. O estudante estabelece uma argumentação sobre os fenômenos e processos científicos da fabricação do vinho, com a representação imagética do contexto da época, considerando os cenários de discussão sobre as representações como pertinentes às aulas de química.

Extrato 2 – Sobre o ensino remoto e vinho em Kemet

Turno 48 - Camila: *Ah mano, eu só não sei onde eu larguei o remédio.*

Turno 49 - Ingrid: *Ô, Camila, seu microfone tá ligado!*

Turno 50 - Diego: *Aí depois que eles extraíam o suco utilizando tipo uma lona de linho esticada, em uma moldura de madeira, igual a que eu tinha mostrado lá na imagem. Só que daquela que tá mostrando lá é diferente, eles pisam e já sai por um lado o suco. Aí depois eles passaram por outra prensagem o suco, utilizando pedras, só que quando eles utilizavam essas pedras, saía um vinho mais amargo. Aí pra ter aqueles vinhos mais doces eles utilizavam açúcar ou eles separavam com outro tipo de vinho. Eles, em vez de prensar com as pedras, eles separam. Aí depois desse trabalho, todos eles pegavam colocavam esses vinhos em barris, ou em jarras daquelas de barro que eu tinha mostrado. Eles colocavam tipo numa dessas, nesse tipo de vasos e alguns faraós até colocavam seus nomes ou marcavam para saber que era de qual deles. Aí agora sobre a fermentação que já entra a química, nos processos de fermentação, embora a fermentação das uvas aconteça naturalmente. O segredo para a produção de vinho é justamente manejar esse processo, e isso é o que os keméticos começaram a fazer. Eles pegavam os vinhos, colocavam dentro daqueles vasos lá ou barris e deixava para fermentar. Naquele tempo eu não sei se eles sabiam que aquilo já era química ou não. E, logo depois que eles deixavam fermentar o vinho, já ficava com álcool, né. E, logo depois que eles fazem esses vinhos não era qualquer pessoa que poderia beber, só o faraó e a família dele que bebiam, e também era utilizado em festivais ou em queima dos vinhedos. Eles andavam a oferecer esses vinhos e queimavam os vinhedos para os deuses como oferenda. O sacerdote utilizava em rituais. Os nobres utilizavam em*

festa de todo tipo e para o resto da população. Lá, como a classe baixa ou os escravizados Hebreus, não poderia nem por à venda esses vinhos, por essas classes. O processo de produção do vinho é a fermentação alcoólica, uma reação química realizada pela ação de microrganismos chamada leveduras que transformam os açúcares presentes em fruta, em álcool etílico ou conhecido como etanol através da reação, que também libera o gás carbônico. Como produto final, o vinho resultante é um líquido recheado com muitas moléculas, variando conforme o tipo de uva e a região produtora, no entanto sua composição varia de 85 a 90% de água e de 7 a 24% de desse álcool ou do etanol.

Já no **Turno 48**, por Camila, há uma quebra nas interações discursivas dos participantes, já que ela não estava participando e, por sua vez, estava preocupada em encontrar um determinado remédio. Em seguida, no **Turno 49**, a Ingrid avisou que seu microfone estava ligado. Compreendemos as limitações do ensino remoto e das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), em que, nesse contexto, recorremos a Saviani e Galvão (2021), os quais relatam sobre a “frieza” que há entre os participantes de uma atividade síncrona, em correspondência ao esvaziamento e empobrecimento do ensino remoto. Tudo isso une-se à tríade forma-conteúdo-destinatário da prática pedagógica, que fica dificultada pelas questões tecnológicas e de tempo-espço. No ensino remoto é dificultoso realizar um trabalho pedagógico mais sério com o aprofundamento dos conteúdos de ensino (Saviani e Galvão, 2021). Consequentemente, diante de situações de falta de atenção e assiduidade, fica comprometida a efetiva comunicação e interação entre os participantes da aula frente às demandas educativas do ensino remoto. Isso permite a elaboração de uma reflexão mais adiante.

No **Turno 50**, o Diego continuou trazendo, conforme a explicação sobre as diferentes etapas da vinicultura e de vinificação, uma fala a partir do conhecimento químico sobre a fermentação e composição que ocorria nessas etapas para, então, obter-se o vinho como produto. O Diego relatou que a reação química que ocorre é a de fermentação e apresenta a composição do vinho. De acordo com Aquarone *et al.* (2001), a definição bioquímica da vinha seria uma bebida proveniente da fermentação alcoólica dos açúcares do suco de uva pelas leveduras e, alguns casos, pelas bactérias lácticas. A composição da uva é de água (86%), açúcares fermentescíveis (12%) e moléculas diversas (2%). Assim, as principais substâncias constituintes do vinho são: açúcares, álcoois, ácidos orgânicos (ácido tartárico, ácido málico, ácido cítrico, ácido succínico, ácido lático, ácido acético), sais de ácidos minerais e orgânicos, compostos fenólicos, substâncias nitrogenadas, pectinas, gomas e mucilagens, compostos voláteis e aromáticos (ésteres, aldeídos e cetonas), vitaminas e anidrido sulfuroso (Aquarone *et al.*, 2001).

No **Turno 50**, o Diego performou a apresentação do processo unitário na produção do vinho kemético. Isso nos revela como o estudante foi capaz de se organizar com a atividade de ensino, na escolha e apropriação de fontes

bibliográficas, conceitos, conteúdos e perspectivas históricas, que não são recorrentes nas atividades escolares. O aluno conseguiu discorrer sobre o conceito e sobre a temática à medida que recorreu à atmosfera de discussões ao decorrer das intervenções pedagógicas. É um modo de auxiliar a aprendizagem do estudante, seguir o seu desenvolvimento e entender as relações com o currículo de ciências como um todo (Mortimer e Scott, 2002).

Ainda no **Turno 50**, o Diego afirmou: “*naquele tempo eu não sei se eles sabiam que aquilo já era química ou não...*”. É anacrônico conceber a definição de química para os contextos keméticos, já que a definição dessa ciência é moderna e que, por sua vez, legitimou a colonização e o racismo. Porém, isso também nos revela o impacto do epistemicídio sobre os conhecimentos africanos e diaspóricos, pois mesmo com evidências históricas, sejam iconográficas ou arqueológicas, com descrições sobre os métodos e técnicas, através de diferentes registros textuais e visuais, o aluno acredita que toda a vinicultura e vinificação não era sistematizada e organizada, ou seja, as ações eram executadas aleatoriamente. Assim, o epistemicídio deixou “sociedades esvaziadas delas mesmas, de culturas pisoteadas, de instituições minadas, de terras confiscadas, de religiões assassinadas, de magnificências artísticas aniquiladas, de extraordinárias possibilidades suprimidas” (Césarie, 2010).

Ainda no **Turno 50**, o Diego argumentou que a fermentação alcoólica do vinho ocorre por meio da ação de microrganismos, chamados de leveduras que transformam os açúcares presentes em fruta, em álcool etílico/etanol, com uma reação que também libera o gás carbônico. Nesse processo citado por Diego, os produtos são produzidos em frações equimolares, onde uma molécula de glicose é capaz de reagir e resultar em duas moléculas de álcool etílico e duas moléculas de dióxido de carbono (Aquarone *et al.*, 2001). Ainda segundo esses autores (Aquarone *et al.*, 2001), a molécula de glicose sofre um processo anaeróbio através de etapas intermediárias, antes de ser transformada em etanol e gás carbônico, formando os vários constituintes do vinho. O mosto da uva, no procedimento em que as uvas são esmagadas com água, gerando uma matéria-prima de líquido açucarado, apresenta proporções iguais de glicose e frutose. Porém, no processo de fermentação alcoólica com a espécie de levedura *Saccharomyces ellipsoideus*, a glicose é fermentada mais rapidamente e a relação de glicose e frutose decresce durante o processo (Aquarone *et al.*, 2001). No que tange a abordagem do conhecimento químico, o Diego (**Turno 42 e 50**) abordou com ênfase as dimensões submicroquímica, pluriversal e fenomenológica, com a falta da dimensão representacional. Por exemplo, ele conseguiu argumentar sobre a química do vinho trazendo o conceito de fermentação e composição dessa bebida alcóolica, bem como elucidar, de forma verbal e imagética, o processo de produção do vinho naquela época e associar aos keméticos. No entanto, a dimensão representacional pode ter sido ausentada pelo próprio formato do ensino remoto. O que pode ser explicado pelo esvaziamento de conteúdo-forma-destinatário

do ensino remoto, já que as possibilidades de ensino são limitadas e esvaziadas nesse formato, como indicado por Saviani e Galvão (2021). Num planejamento de ensino, é necessário refletir sobre o destinatário, o conteúdo e a forma para orientar o trabalho pedagógico e que nenhum desses se articula isoladamente (Saviani e Galvão, 2021). Em síntese, ocorre que, no ensino remoto, os conteúdos e as formas são reduzidos pela limitação de tempo, espaço, procedimentos e de recurso tecnológico de aula assíncrona e síncrona. Soma-se a isso, os condicionantes da existência dos participantes em pandemia, que depende também das condições objetivas de sua efetivação e da natureza dos conteúdos (Saviani e Galvão, 2021). Por exemplo, na articulação de conceitos químicos no ensino remoto que Diego realizou no **Turno 50**, considerando também as condições objetivas e materiais de sujeitos negros em pandemia, é difícil buscar abordar todas essas dimensões, em especial, a dimensão representacional.

Nesse caso, sejam as reações químicas do processo de fermentação ou a composição do vinho, o aluno precisa ter habilidades de uso com o celular, além de ter o aparelho celular, conexão com a internet e ambiente que permita expor essas representações imagéticas. Ainda há restrições de ter que planejar meticulosamente o conteúdo que será apresentado, pois se deve ter em mente se tal conteúdo será acessado de maneira eficiente através das tecnologias que os alunos terão em mãos.

Ainda precisamos considerar as limitações de uso da própria plataforma de videoconferência. Se o estudante quisesse apresentar inscrições textuais, de autoria própria, que fizera para auxiliar a argumentação da temática, como projetar isso na tela ao mesmo tempo que se envolve com a sua argumentação? Quanto tempo de reunião as plataformas nos permitem? Cabe destacar que o uso de slides, e até expor um quadro, esbarra nas limitações objetivas e materiais, de ausência e precariedade de acesso a um computador, à internet e a um celular com funcionalidades suficientes, desde aplicativo, sistema operacional e até a câmera.

Há a necessidade de outros aparatos tecnológicos, plataformas adequadas e processos formativos para o uso de tecnologias digitais. Como também, que se repensem as condições concretas e objetivas dos sujeitos envolvidos, sem dicotomizar o sujeito e a tecnologia na busca de contemplar essa tríade de destinatário-conteúdo-forma na aula remota de química.

Extrato 3 – Sobre o vinho no Egito Antigo

Turno 69 - Diego: *O vinho é amargo pelo fato da prensagem acontecer com as pedras, e não com os pés, pois não tem como prensar os caules e nem a semente. Já com a prensagem das pedras eles utilizavam para fazer esse vinho mais amargo.*

Turno 74 - Diego: *Isso naquela época, um vinho mais amargo é por causa do modo em que ele foi prensado já com a semente ou caule da videira. E o vinho mais doce é quando só é da primeira prensagem ou quando é misturado com açúcar ou com outro tipo de química, igual o professor*

tinha falado, que nem eles fazem hoje. Guarda por uns dois dias e já tira ou tem outros com 10 anos que eu já vi isso também bastante em filme. Quando falam assim “isso daqui ficou guardado por 20 anos” e “esse daqui ficou guardado por 50 anos” é pelo fato da fermentação que já é a química, quanto mais o vinho é fermentado, mais alcoólico é. Quanto menos guardado, quanto menos fermentação, ele é mais novo e menos alcoólico, certo.

Turno 76 - Diego: Por isso que tem a degustação. O povo fala que o vinho mais novo ele é meio sem graça, já o vinho, aquele mais guardado igual o professor falou, é melhor pelo fato que ele é mais alcoólico, ele tem mais sabor e é mais consumido.

Turno 77 - Professor: E qual é a relação Valeska? O que você acha? Por que fica melhor o vinho quando se guarda mais tempo? Por que que ele fica mais alcoólico?

Turno 78 - Valeska: Por causa da concentração, eu acho que é pela concentração, porque o vinho em si já é forte e quando vai armazenando, ele por muito tempo, dependendo do local onde ele é armazenado, é muito quente. Igual eu já vi em filmes, que eles armazenam aquelas garrafas assim, só que a maioria em fazenda né, que armazenava. Como se fosse debaixo da terra, tipo um porão e enchia. Mas eu esqueci o nome agora, mas tipo, aquele mato seco e colocavam elas em uma prateleira ou então em barris. Os barris ficavam em prateleira também ou então em suportes, eles ficavam por anos e anos e alguns eu via que pegava. É alguma coisa assim, parece, mas acho que seja por causa disso.

Turno 90 - Camila: Velho, minha tia tá escutando aqui oh.

Turno 91 - Professor: Camila.

Turno 92 - Camila: Ela falou para mim que ele fica assim porque ele sofre reações químicas com o passar do tempo. Isso o que ela disse.

Turno 93 - Professor: E quais são as essas reações químicas?

Turno 94 - Camila: Eu só sei dizer que quanto mais velho ele ficou, ele fica melhor mais gostoso, né.

Turno 95 - Professor: Depende, não necessariamente ele vai ficar mais gostoso.

Turno 96 - Camila: Eu também não sei.

Turno 97 - Professor: O Douglas então. Gostei dessa última frase. Olha aí, quanto mais velho ele ficar. A Ingrid também já tinha comentado, quanto mais velho vinho fica, né, mais gostoso. E o porquê será, em, Douglas? Falou de reações químicas, eu gostaria de saber, qual reação química acontece ali, alguma explicação científica, quimicamente falando.

Turno 98 - Diego: Assim, pelo o que eu li e o que eu estudei, ele fica mais saboroso igual a Ingrid tinha dito pelo fato...

Turno 99 - Professor: Continua...

Turno 100 - Diego: Ah, esqueci o nome do processo de fermentação que ele fica com esse gosto. Pelo fato de que com maior tempo guardado, mais fermentação ocorre, então mais álcool é liberado e mais acidez no vinho. Por isso que ele fica melhor, porque quanto mais guardado mais gostoso.

Turno 141 - Diego: Porque hoje em dia já é mais atualizado, o modo de pensar, o modo de fazer. Já agora, eu acho que a fermentação continua sendo o processo que acontece.

Turno 142 - Professor: Sim, vai.

Turno 143 - Ingrid: Eu posso falar? Eu acho que na fermentação mudou, porque tipo assim, eu acho que eles devem ter inventado alguma coisa para experimentar mais rápido, para não ter que esperar tanto igual antigamente.

Turno 167 - Diego: Então sobre a mídia, eu não ia saber que a química do vinho teria uma origem no continente africano, porque não é falado isso né.

Turno 168 - Ingrid: Sim, naturalmente a gente não iria associar o vinho à África.

Turno 169 - Valeksa: Dá para pensar o tanto de coisas que a gente não sabe sobre a África, porque não é noticiado a sua história.

No extrato 3, persiste a discussão sobre o processo de produção do vinho, sobre os conceitos científicos envolvidos neste processo e também sobre a abordagem da mídia acerca dessa temática. Nos **Turnos 69, 74 e 76**, o Diego buscou estabelecer relações argumentativas sobre a diferença entre o vinho amargo e vinho doce, de forma que, em relação ao primeiro, essa diferença seria devido à prensagem com o uso de pedras, na época, afirma o aluno. Enquanto Valeska, no **Turno 78**, utilizou o conceito de concentração, ou seja, uma medida de quantificação da matéria para explicar sobre mudanças de sabor. Além disso, a estudante argumentou sobre a influência do tipo de armazenamento e da temperatura sobre o processo. Estes resultados mostram que a estudante tenta estabelecer relações entre os conceitos de temperatura e transformação da matéria para construir seu diálogo.

Nesses Turnos, Diego estabeleceu uma relação entre os processos de armazenagem e de tempo de fermentação ao teor alcoólico. Em seguida, a Valeska reforçou a fala de Diego ao dizer o que determinaria os sabores diferentes e, também, traçou um paralelo com os dias atuais e o que já viram em filmes ao afirmar que é “misturado com açúcar ou com outro tipo de química” (Diego), por isso o vinho pode ser mais doce. De acordo com Phillips (2020) e Pivetta (2018), o vinho do Egito Antigo podia ser adocicado, pois não era apenas do mosto de uvas que era composto. Muitas vezes eram adicionadas ervas, mel e até resina de pinho. Tais elementos podiam ser adicionados no processo de fabricação para preservar e mascarar características desagradáveis durante o consumo (Phillips, 2020; Pivetta, 2018). Ou seja, é possível se utilizar deste contexto de produção para discutir diferentes tipos de operações unitárias envolvidas e até processos de separação de misturas, tais como destilação, filtração, catação, e, nas etapas de prensagem, mistura, moagem e armazenagem, por exemplo.

O etanol do vinho advém da fermentação alcoólica do açúcar do mosto que depende também da região em que a riqueza natural do álcool está diretamente ligada ao grau de maturação da uva, com as condições climáticas favoráveis e com a acidez que pode prolongar a conservação e prevenir alterações indesejáveis (Ribéreau-Gayon, *et al.* 2006). Uma boa faixa de pH ocorre nos valores 3,2 e 3,8, em que é possível avaliar a resistência do vinho à infecção bacteriana

e também a estabilidade físico-química relacionada com a solubilidade, por exemplo, do ácido tartárico e dos sais tartáricos (Ribéreau-Gayon, *et al.*, 2006).

A afirmação posta por Diego no **Turno 69, 74 e 76** e depois por Valeska no **Turno 78**, entre a causalidade de fermentação e o teor alcoólico é coerente, apesar da qualidade do produto final do vinho não se dar exclusivamente pelo processo de armazenamento e fermentação alcoólica. Todavia, os polifenóis dos vinhos, frente a sua alta reatividade química, exercem papel importante nas etapas de prensagem, maceração, fermentação alcoólica e maturação do vinho, pois influenciam na intensidade de cor, da tonalidade, das características gustativas, da longevidade, e da complexidade geral do vinho (Góes, 2005). Tais momentos de discussão e investigação permitem aos estudantes refletirem sobre os fenômenos e conceitos químicos, o que pode proporcionar mais engajamento e participação.

No **Turno 90**, a Camila trouxe outro elemento constitutivo do ensino remoto, a escola que invade os nichos familiares e a possibilidade de esses interagirem. No **Turno 93, 95 e 97**, o professor busca engajar os estudantes com a intencionalidade de explorar sobre os processos produtivos do vinho e de natureza química. Assim, no **Turno 94, 98 e 100**, a Camila e o Diego, respectivamente, reforçaram a ideia de que o vinho que tem mais tempo de armazenagem, teria mais teor alcóólico e, conseqüentemente, teria um sabor agradável. No Turno 100, o Diego recorre ao conceito de acidez na busca explicativa sobre a reação química de fermentação do vinho, o que revela uma argumentação insuficiente na abordagem dos conceitos. Nesse sentido, a explicação sobre reação química é dificultosa, pois é um conceito articulador que envolve tanto mudanças em nível macroscópico, quanto em nível microscópico, assim como possibilita estabelecer relações com diferentes conceitos através do nível simbólico e pode requerer um nível de abstração de alguns conceitos relacionados (Mendes, 2011). Logo, requer que o planejamento de ensino seja pensado na organização da forma-conteúdo-destinatário. Houve essa dificuldade de discutir o conceito de reação química e suas relações, o que não foi possível de aprofundar naquele momento de ensino remoto.

O Diego, no **Turno 141**, e a Ingrid, no **Turno 143**, se remetem à classificação do processo de fermentação como alcoólica para justificar a acidez do vinho, ainda que fosse numa abordagem descritiva do conhecimento químico (Mortimer e Scott, 2002). Estes resultados mostram uma tentativa de atribuição de significados ao conceito de transformação química. Phillips (2020) afirma que os primeiros vinhos eram menos alcóolicos e adocicados em relação aos vinhos atuais. Logo, tanto o vinho como o paladar das pessoas mudaram com o tempo, de forma que, o que poderia ser palatável há milênios no Egito Antigo, hoje seria intragável.

O teor de açúcar pode variar entre 15 a 30% devido a fatores como variedade da uva, estágio de maturação e clima, no qual esses açúcares, quase exclusivamente de D-glicose e D-frutose, existem em proporções iguais no momento de

plena maturação (Góes, 2005). Já os traços de sacarose da uva desaparecem na fermentação (Góes, 2005).

Ainda sobre a acidez citada por Diego no **Turno 100**, há também outros ácidos encontrados em pequenas quantidades. Logo, a acidez fixa no vinho é composta por alguns aldeídos como o tartárico, málico, láctico, succínico e cítrico, sendo que o ácido acético é o principal componente para a acidez volátil do vinho (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; Aquarone *et al.*, 2001). O conhecimento sobre o pH é necessário para avaliar a resistência contra infecção bacteriana, que pode tender a “casse férrica” ou a porcentagem de SO₂ (determinada por cada legislação vigente) presente na forma livre (Aquarone *et al.*, 2001).

Gurgel e Gavioli (2020) sinalizam que é um mito afirmar que quanto mais velho, melhor o vinho, o que pode estar relacionado aos antigos processos de produções da bebida e que essa crença perdura até os dias atuais. Durante muitos milênios, as produções dos vinhos recém-fermentados eram “duros”, “tânicos” e difíceis de beber, considerados assim, “vinhos rústicos”. Logo, só com o tempo poderiam ser palatáveis, e assim surgiu a crença que só com o tempo de armazenamento e fermentação, o vinho fica mais consumível (Gurgel e Gavioli, 2020; Phillips, 2020). O teor alcoólico é um conservante natural do vinho, porém há também os fatores do tipo de uva, condições climáticas e de cultivo, o modo de preparação e a armazenagem, que distinguem das atuais operações do vinho e as de Kemet e que influenciam seu sabor.

Uma observação sobre a participação de Camila no **Turno 90 e 92** é que ela residia numa casa de três cômodos, onde toda a família, um total de sete pessoas, podia escutar as ações do professor e a sua própria participação. E nem sempre ela tinha um fone de ouvido à disposição. Foi repassado um questionário socioeconômico, que coletava informações sobre as condições materiais e de saúde, frente aos estudos e a participação das atividades propostas, a fim de compreender a realidade dos estudantes e fornecer os auxílios necessários. Os estudantes afirmavam ter condições necessárias de participação, o que muitas vezes não se efetivava na prática, de forma integral. Apesar de fugir do escopo deste trabalho, acreditamos ser pertinente realizar essa observação sobre as condições objetivas e materiais da Camila, semelhante à maioria dos jovens negros, em condições precárias de acesso e permanência no ensino remoto.

Os nossos resultados revelam a necessidade de deslocar as discussões para pensar também sobre os sujeitos sociais e seus contextos e usos no ensino remoto, em vez de focalizar exclusivamente no objeto técnico, a tecnologia. Numa perspectiva crítica, Peixoto (2015) sinaliza que deve ser evitada a fetichização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), vistas como um mero recurso no ensino e aprendizagem, assim como evitar o discurso de poder redentor de “modernizar” a educação. É necessário compreender a abrangência dos fatores macroestruturais e os vínculos entre os projetos educativos para as TIC e os seus respectivos processos de exclusão econômica e social (Peixoto, 2015).

Nos **Turnos 74 e 78**, Diego e Ingrid revelaram que os estudantes argumentam com base nas informações midiáticas, propagadas por filmes, ao discursarem sobre a armazenagem, teor alcoólico e consumo. E o que depois ganha destaque até no discurso da Camila, no **Turno 95**, “quanto mais velho ele ficou, ele fica melhor mais gostoso né”, ao concordar com a afirmação promovida anteriormente. Essa assertiva é propagada por um meio de comunicação em massa, a Bíblia cristãⁱⁱⁱ, quando em suas passagens remete-se ao vinho e é recorrente no país. Thompson (2011) afirma que os meios de comunicação, com as suas produções e transmissões de formas simbólicas e ideológicas, apresentam uma mídia que tem a capacidade de influenciar as ideias, ações e até produzir eventos nas manifestações dos sujeitos sociais. Ou seja, a mídia impacta nas compreensões do conhecimento químico e suas relações socioculturais dos produtos científico-tecnológicos, refletindo no posicionamento dos estudantes.

Nos **Turnos 167 e 168**, o Diego e a Ingrid conferiram à mídia uma ausência de representações, no que tange a química do vinho e suas origens no continente africano. Valeska, no **Turno 169**, ressaltou tantas outras informações que são silenciadas e ocultadas sobre a história e cultura da África. A desigualdade racial e o preconceito são construções sociais retroalimentadas pelos meios de comunicação e suas estratégias ideológicas (Sodré, 1999). Assim, endossam os modelos cognitivos e atitudes relativas aos grupos raciais, em especial os negros e indígenas, sob o paradigma branco e Ocidental, ficando o modelo de “deve-ser” e de superioridade imaginária atuante em estratégias de distinção social (Sodré, 1999). Nesse sentido, é de considerar que a mídia e suas representações estabelecem relações racistas com os corpos e mentes de negros e negras, ao longo da história e até os dias atuais.

Algumas considerações

Nossos resultados dão indícios que foi possível a implementação da Lei 10.639/03 no ensino remoto com a discussão da química em Kemet e de aspectos midiáticos, no contexto do projeto Afrocientista. Nossa estratégia permitiu discutir os aspectos históricos, culturais, midiáticos sobre os conhecimentos químicos do vinho kemético, tais como as técnicas de preparo, armazenamento, composição do vinho, como também a ausência de representações midiáticas sobre o vinho de Kemet. Foi possível discutir aspectos químicos e midiáticos do vinho de Kemet, e consequentemente ressignificar a história da ciência e os seus sujeitos, com destaque ao protagonismo pioneiro africano e aproximar a ciência e sua história, no deslocamento epistêmico do currículo junto às vivências de jovens negros e de periferia. Os resultados indicam que os estudantes argumentaram na busca de se apropriar de conhecimentos químicos à medida que buscaram estabelecer as relações entre química, sociedade, meios de comunicação e as relações étnico-raciais. Foi possível envolver os estudantes nas discussões de conceitos, tais como processos de separação e fermentação, como também a composição físico-química.

Quanto aos aspectos do ensino remoto, consideramos que este não substituiu o ensino presencial e que foi uma alternativa possível de estabelecer diálogo no momento de pandemia recente e de falecimentos diários pela Covid-19. A aula de química neste formato é limitada, em correspondência ao conteúdo-forma-destinatário, como também nas diferentes dimensões do conhecimento químico, e, por sua vez, na circularidade dos movimentos espirais dessas dimensões, uma vez que a comunicação e o retorno são dificultosos. Urgem reflexões sobre os usos e apropriações das TIC e os contextos socioculturais dos sujeitos envolvidos, bem como as condições objetivas e materiais. Isto é, questões de acesso e permanência, pois destacamos a limitação de acesso à internet e de um bom aparato digital, da mesma maneira que um ambiente propício de estudos e a “frieza” comunicacional dos ambientes virtuais e remotos projetam sentidos nesse ambiente de ensino-aprendizagem.

As condições sociais da juventude negra e suas famílias se agravaram na pandemia, por sua vez, a manutenção da vida antecede a participação efetiva nos processos educativos. A presente investigação se deu num contexto do projeto de letramento racial, porém nada impede que seja realizada em outros contextos de ensino, em especial, em toda a esfera da escola pública.

Notas

ⁱA. E. C. é abreviatura de Antes da Era Comum, pois não é considerando “Cristo” como marcador de tempo cronológico.

ⁱⁱO letramento racial é concebido pelas ações formativas de repensar raça e racismo e como esses influenciam as experiências da população negra e não-negra nos aspectos sociais, econômicos, políticos, educacionais, dos indivíduos e grupos, na busca de uma sociedade mais justa e igualitária (Ferreira, 2014).

ⁱⁱⁱA Bíblia cristã pode ser considerada um meio de comunicação de massa, devido à disponibilidade desse produto a uma pluralidade de receptores e aos seus processos de significação (Thompson, 2011).

Fernando Rocha da Costa (fernando.costa@ufpi.edu.br), licenciado em Química pela Universidade Federal do Tocantins, mestre e doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal de Goiás. É professor adjunto no curso de licenciatura em Ciências da Natureza, do Centro de Ciências da Natureza da Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI – BR. **Thatianny Almeida Lima Silva** (thatiannysilvaa@gmail.com), licenciada e bacharelada em Ciências Biológicas pela Universidade de Brasília, mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de Brasília e doutoranda em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Goiás. É professora substituta da Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, Brasília, DF – BR. **Marysson Jonas Rodrigues Camargo** (marysson.camargo@ifg.edu.br), licenciado, mestre e doutor em Química pela Universidade Federal de Goiás. É professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Uruaçu, Uruaçu, GO – BR. **Anna Maria Canavarro Benite** (anna@ufg.br), licenciada, mestra e doutora em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É professora titular do Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO – BR.

Referências

- ABPN, Associação Brasileira de Pesquisadores(as) Negros(as). Projeto Afrocientista. Editora ABPN, Goiânia, 2018. Disponível em: <https://antigo.ufam.edu.br/attachments/article/9458/PROJETO%20AFROCIENTISTA%20objetivos%20e%20estrat%C3%A9gias.pdf>, acesso em out. 2022.
- ALLEN, J. P. *The ancient Egyptian pyramid texts*, n. 23. Leiden: Brill, 2005.
- ALMEIDA, S. *Racismo estrutural*. São Paulo: Pólen, 2019.
- AQUARONE, E.; BORZANI.; SCHMIDELL, W e LIMA, U. *Biotechnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos*, v. 4. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.
- ASANTE, M. K. *Afrocentricidade: notas sobre uma posição disciplinar. Afrocentricidade como um novo paradigma*. In: NASCIMENTO, E. L. *Afrocentricidade: uma abordagem epistemológica inovadora*. Trad. Carlos Alberto Medeiros. São Paulo: Selo Negro, 2009.
- BENITE, A. M. C; SILVA, J. P; ALVINO, A. C. B. Ferro, ferreiros e forja: o ensino de química pela Lei nº 10.639/03. *Educação em Foco*, v. 21, n. 3, p. 735- 768, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. Lei nº 10.639, de 9 de janeiro de 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.639.htm, acesso em out. 2022.
- _____. Parecer CNE/CP 003/04. Brasília: MEC/CNE, 2004. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/cnecp_003.pdf, acesso em out. 2022.
- CAMARGO, M. J. R. *Denegrindo o ensino de química: a prática do quilombismo na formação docente*. Tese de Doutorado em Química - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.
- CARNEIRO, S. Epistemicídio. Geledes, 2017. Disponível em: <https://www.geledes.org.br/epistemicidio>, acesso em out. 2022.
- CÉSAIRE, A. *Discurso sobre o colonialismo*. Florianópolis: Letras Contemporâneas, 2010.
- DIOP, C. A. A origem dos antigos egípcios. In: MOKHTAR, G. *História Geral da África: A África antiga*. São Paulo, SP: Ática/UNESCO, 1983.
- FERREIRA, A. J. Teoria racial crítica e letramento racial crítico: narrativas e contranarrativas de identidade racial de professores de línguas. *Revista da Associação Brasileira de Pesquisadores Negros*, v. 6, p. 236-263, 2014.
- FONSECA, S.; JANÉ, M. R. G. e IBRAHIM, M. O vinho no antigo Egito: uma história mediterrânea. *Revista Mundo Antigo*, v. 1. p. 139-145, 2012.
- HALL, S. *Cultura e Representação*. Rio de Janeiro: Apicuri, 2016.
- GÓES, F. J. Desenvolvimento e otimização do processo fermentativo para a produção do vinho branco a partir da uva da Itália. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.
- GOMES, N. L. Relações étnico-raciais, educação e descolonização dos currículos. *Currículo sem Fronteiras*, v.12, n.1, p. 98-109, 2012.
- GUASCH-JANÉ, M. R.; FONSECA, S. e IBRAHIM, M. ‘Irep En Kemet’ project: creating the corpus of wine in ancient Egypt. *International Journal of Heritage in the Digital Era*, v.1, p.181-186, 2012.
- GURGEL, M. e GAVIOLI, A. *Vinho com design*. São Paulo, SP: SENAC, 2020.
- MACHADO, C. E. D. A construção da raça branca e a suposta incapacidade intelectual negra para a ciência, tecnologia e inovação. *Revista da Associação Brasileira de Pesquisadores/as Negros/as (ABPN)*, v. 10, p. 12-29, 2018.
- MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- MAZAMA, A. Afrocentricidade como um novo paradigma. In: NASCIMENTO, E. L. *Afrocentricidade: uma abordagem epistemológica inovadora*. Trad. Carlos Alberto Medeiros. São Paulo: Selo Negro, 2009.
- MENDES, M. P. L. *O conceito de reação química no nível médio: História, transposição didática e ensino*. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.
- NASCIMENTO, A. *Genocídio do negro no Brasil: um processo de racismo mascarado*. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1978.
- PEIXOTO, J. Relações entre sujeitos sociais e objetos técnicos: uma reflexão necessária para investigar os processos educativos mediados por tecnologias. *Revista Brasileira de Educação*, v. 20, n. 61, p. 317-332, 2015.
- PHILLIPS, R. *Uma Breve História do Vinho*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Record, 2020.
- PIVETTA, M. *De Fabbroni a Chaptal: a fermentação do vinho entre o flogístico e a “nova química”*. Tese de Doutorado em História da Ciência - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2018.
- POO, M. *Wine and wine offering in the religion of ancient Egypt*. Londres: Routledge, 1995.
- RIBÉREAU-GAYON, P., DUBOURDIEU, D., DONÈCHE, B. e LONVAUD, A. *The Microbiology of Wine and Vinifications*. Londres: John Wiley & Sons, 2006.
- SAVIANI, D. e GALVÃO, A. C. Educação na pandemia: a falácia do “ensino” remoto. *Universidade & Sociedade, ANDES-SN*, n. 67, p. 36-49, 2021.
- SILVA, L. H., MAGALHÃES, P. e SOARES PINHEIRO, B. C. O vinho no Egito antigo: uma dose de história da química. *Revista Debates em Ensino ee Química*, v. 7, n. 2, p. 19-37, 2021.
- SODRÉ, M. *Claros e escuros: identidade, povo e mídia no Brasil*. Petrópolis, RJ: Vozes, 1999.
- THOMPSON, J. *Ideologia e cultura moderna: teoria social crítica na era dos meios de comunicação em massa*. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

Abstract: *The chemistry of wine in ancient Egypt: law 10.639/03 in remote education.* Wine is a scientific-technological contribution that originated in African territory, in Ancient Egypt, that is, in Kemet. In this research, we sought to discuss and analyze the chemistry of wine in Kemet and the aspects of media representations with the implementation of Law 10.639/03 in remote education, with students of basic education, in a particular project of racial literacy, which sought to re-educate from an antiracist perspective. With elements of an afrocentric research, it counted on the participation of students from public schools and from the outskirts of Goiânia. The results give indications that it is possible to discuss the historical, cultural, and media aspects of the chemical knowledge of kemetic wine, such as preparation techniques, storage, composition, highlighting the pioneering African protagonism in science and technology, despite the limitations of remote education.

Keywords: wine chemistry, remote education, law 10.639/03, Kemet



Perfil Sustentável: um jogo didático para o desenvolvimento da temática biogás

Ana C. Lazaroto, Eduardo V. Masetto, Claudia A. Fiorese, Fernanda O. Lima, Clovis Caetano, André L. Gallina, Letiére C. Soares

O biogás é um biocombustível produzido a partir da degradação da matéria orgânica na ausência de oxigênio e vem ganhando destaque devido ao aproveitamento da biomassa para produção de energia. Buscando inserir esta temática na escola, elaboramos um jogo didático, intitulado Perfil Sustentável, que visa estimular a construção de senso crítico a partir de aspectos ambientais, sociais e culturais por meio de situações-problema. O jogo foi testado e validado, e, após seu desenvolvimento, algumas melhorias sugeridas foram implementadas, tais como: aumentar o número de grupos, promovendo maior participação; classificar as cartas em categorias para facilitar a interpretação das dicas; retomar os perfis que não foram acertados ao final do jogo para sanar as dúvidas remanescentes. Este jogo é uma ferramenta para auxiliar no ensino e aprendizagem, possibilitando a abordagem de questões relacionadas à realidade coletiva da sociedade, além de estimular as discussões em grupo.

► biocombustíveis, ensino de ciências, lúdico ◀

Recebido em 07/08/2023; aceito em 15/01/2024

Introdução

O ser humano vem modificando a natureza desde os primórdios para garantir a sua sobrevivência e facilitar as atividades diárias. Entretanto, tais mudanças vieram acompanhadas de uma demanda energética crescente, intensificando o uso de fontes de energia que pudessem ser produzidas de maneira rápida e fácil (Miranda *et al.*, 2019).

Os combustíveis fósseis (derivados do petróleo, carvão mineral e gás natural) cumprem tal papel, já que uma grande quantidade de energia pode ser produzida a partir de sua queima. Entretanto, esses combustíveis apresentam como ônus a emissão elevada de poluentes que, por serem oriundos de fontes não renováveis, não são reabsorvidos e permanecem na atmosfera. Isso contribuiu para que diversos países adotassem medidas para reduzir a emissão de gases potencializadores do efeito estufa, visando minimizar as

mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global (Bussadori, 2019).

A fim de diminuir a dependência dos combustíveis fósseis e reduzir os problemas ambientais gerados, o uso de biocombustíveis (em sua maioria oriundos da biomassa) para produção de energia renovável, como o etanol, o biodiesel e o biogás, vem ganhando destaque no setor energético (Duarte *et al.*, 2022; Empresa de Pesquisa Energética, 2017).

Dentre os diversos tipos de combustíveis gerados a partir da biomassa, o biogás vem ganhando grande destaque devido às possibilidades de utilização de resíduos para produção de energia. Esse biocombustível é produzido a partir da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, gerando uma mistura de gases composta principalmente por metano (55-65%) e dióxido de carbono (30-45%) e, em concentrações traços, sulfeto de hidrogênio, vapor d'água, siloxanos e amônia (Muñoz *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2019; Kunz *et al.*, 2022).

Dentre os diversos tipos de combustíveis gerados a partir da biomassa, o biogás vem ganhando grande destaque devido às possibilidades de utilização de resíduos para produção de energia. Esse biocombustível é produzido a partir da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, gerando uma mistura de gases composta principalmente por metano (55-65%) e dióxido de carbono (30-45%)...

A concentração desses gases varia de acordo com a composição do substrato, sendo o metano o principal gás de interesse por apresentar elevado potencial calorífico (Kunz *et al.*, 2022). Além disso, o aproveitamento do biogás transpassa as questões energéticas e torna-se um tema de interesse ambiental, pois o metano apresenta um potencial de contribuição para o efeito estufa cerca de vinte e duas vezes maior que o CO₂ gerado durante sua queima (Karlsson *et al.*, 2014).

Em âmbito nacional, a produção de biogás surge como tratamento de resíduos advindos dos setores agropecuário, agroindustrial e de saneamento (CIBiogás, 2022). Segundo Milanez e colaboradores (2018), o biogás é uma alternativa para o uso de resíduos agrícolas, principalmente como solução para minimizar os impactos ambientais gerados a partir da produção de gado de corte em virtude da alta carga orgânica liberada nas fezes.

Valenti e colaboradores (2023) destacam a digestão anaeróbia com objetivo de reduzir os custos de disposição dos resíduos agroindustriais, evitando seu descarte em aterros sanitários e, conseqüentemente, problemas ambientais. Outras vantagens como, por exemplo, a redução da emissão de gases de efeito estufa (Souza *et al.*, 2020) e a possibilidade da venda de créditos de carbono (Vieira e Polli, 2020), podem ser alcançadas com a produção de biogás a partir dos diferentes resíduos.

Portanto, em um cenário atual, em que são discutidos problemas ambientais a nível global, a introdução de temas como biocombustíveis em sala de aula é fundamental para que o aluno compreenda as questões tecnológicas, ambientais, sociais e econômicas relacionadas a essa fonte de energia (Waechter *et al.*, 2013; Cardoso *et al.*, 2008).

Iniciar esse diálogo por situações-problema do cotidiano, dos conhecimentos prévios e das vivências da turma, contribui tanto para a formação acadêmica quanto para a formação cidadã do estudante, tornando-o capaz de analisar as situações de maneira crítica (Gameleira e Bezerra, 2019). Portanto, essa proposta possibilita que o aluno faça possíveis associações dos conteúdos abordados com seu dia a dia, buscando relações com questões que vão além da sala de aula e que façam a diferença na sua vida e no seu poder de decisão.

Há inúmeros recursos didáticos que podem auxiliar no processo de abordagem dos conteúdos; dentre eles estão os jogos didáticos, que são capazes de balizar o processo de aprendizagem e desenvolvimento, além de possibilitar a abordagem dos conteúdos científicos de modo lúdico, envolvendo a cooperação e a competição em um contexto formativo, estimulando a pesquisa e a busca de conhecimentos (Brasil, 2006).

Há muitos anos, os jogos vêm sendo utilizados com intuito de levar diversão para as pessoas, proporcionando a interação entre os membros, a partir da disputa, para eleger

um vencedor. Essa interação promove relações interpessoais e, quando atrelada a conceitos científicos, estimula a capacidade da argumentação. O jogo pode ser entendido como uma ferramenta de aprendizagem que possibilita o desenvolvimento de diferentes fenômenos relacionados aos aspectos conceituais, lúdicos, sociais e atitudinais, estando o professor no papel do condutor durante o seu desenvolvimento em sala de aula (Barbosa e Rocha, 2022).

Como descrito na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), os jogos didáticos proporcionam inúmeros benefícios para o ensino e aprendizagem, auxiliando no desenvolvimento da comunicação, da liderança e do trabalho em equipe. Entretanto, precisam estar integrados a situações que levem à reflexão e à sistematização para que se inicie um processo de formalização (Brasil, 2018).

O emprego de jogos didáticos, como atividades lúdicas de aprendizagem, pode promover maior interesse dos alunos pelas Ciências, além de contribuir significativamente para melhorar o processo de ensino tradicional, que visa apenas a memorização de ideias a partir da transmissão e recepção dos conceitos científicos, sem correlacionar com o cotidiano dos estudantes, tornando a aprendizagem muito distante da sua realidade (Kishimoto, 1995; Soares, 2008; Oliveira, 2010).

Dessa forma, o jogo pode ser utilizado como uma ferramenta complementar para o Ensino de Ciências, especialmente a Química, foco deste trabalho, auxiliando na compreensão de conceitos científicos de forma a propiciar melhor integração dos estudantes em sala de aula (Soares, 2008).

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta a construção e a validação de um jogo didático, intitulado Perfil Sustentável, que aborda a utilização do biogás como combustível. Por meio desse jogo, pretende-se fornecer um material que possa contribuir para a construção do senso crítico dos alunos com base nos aspectos científicos, ambientais, sociais e culturais. O Perfil Sustentável poderá ser empregado em diversos momentos, como na explicação dos conteúdos, na revisão de conceitos ou até mesmo como instrumento avaliativo.

Aspectos sobre os jogos didáticos

Segundo Soares e Rezende (2021), não há definição universal para o jogo educativo, mas concepções de jogo atreladas à referenciais teóricos/epistemológicos que delinham o percurso formativo no decorrer do jogo.

Ao falar sobre o desenvolvimento de jogos didáticos, é importante mencionar o papel do mediador nesse processo, que é de extrema importância para uma boa interação com o jogo em sala de aula, garantindo assim o equilíbrio entre a função lúdica e a educativa. Sobre essas duas funções,

... os jogos didáticos proporcionam inúmeros benefícios para o ensino e aprendizagem, auxiliando no desenvolvimento da comunicação, da liderança e do trabalho em equipe. Entretanto, precisam estar integrados a situações que levem à reflexão e à sistematização para que se inicie um processo de formalização (Brasil, 2018).

Kishimoto (1995) afirma que a lúdica propicia diversão e estimula a interação por meio da brincadeira, e a educativa está relacionada à aquisição de novos conhecimentos. Entretanto, ambas devem ser desenvolvidas em equilíbrio, pois, se a função lúdica se sobressair, não passará de um jogo, e se a função educativa sobressair, será apenas um material didático.

Nessa perspectiva, Cunha (2012) reitera que um jogo didático só pode ser considerado uma atividade lúdica e educativa, se for norteado por regras claras e coesas:

“É importante ressaltar nesse conceito a presença dos aspectos lúdicos e educativos, mas, sobretudo, a presença de regras claras e explícitas que devem orientar os jogos. Essa característica nos parece fundamental para demarcar uma diferenciação do jogo na escola de outras atividades como jogos educativos, que se diferenciam das atividades didáticas destinadas à sala de aula” (Cunha, 2012).

A presença de regras diferencia os jogos das demais atividades didáticas realizadas em sala de aula e muitas vezes o insucesso no desenvolvimento dos jogos deve-se a má explicação das regras, gerando certa confusão entre os jogadores (Fioresi e Cunha, 2017). Quando o aluno não compreende as regras, há uma perda de interesse pelo jogo, por isso devem ser bem claras e sem muita complexidade, a fim de motivar o estudante, buscando seu interesse pelo desafio e pelo desejo de vencer (Palavezzini e Pedroso, 2016).

Para além das regras, é de extrema importância conciliar a função lúdica do jogo com o referencial teórico, a fim de garantir a sua eficácia em sala de aula e favorecer, de fato, a aprendizagem dos estudantes. Soares e Rezende (2021) justificam que o fracasso de alguns jogos, propostos por professores em sala de aula, geralmente está relacionado com a falta de ensino dos conteúdos científicos e uma forte função tão somente lúdica.

Essa constatação vai ao encontro do que afirmam Rezende e Soares (2019): quando o professor/pesquisador torna a função lúdica prioridade, o jogo passa a ser caracterizado como JEI (jogo educativo informal), cujo objetivo é propiciar momentos de diversão aos estudantes, sem ensinar efetivamente o conteúdo científico, tornando-se um material pedagógico ausente de referenciais teóricos/epistemológicos.

Confecção do jogo Perfil Sustentável

Para a confecção do jogo Perfil Sustentável, utilizamos como referência o jogo *Perfil*, comercializado pela empresa Grow®, composto por um tabuleiro e, a cada rodada, uma carta com um perfil secreto é sorteada e, a partir das dicas,

os jogadores tentam acertar o perfil secreto. Com base na quantidade de dicas fornecidas, o jogador desloca seu peão pelo tabuleiro, vencendo a equipe que chegar primeiro na casa identificada com a palavra “FIM”.

Portanto, para o desenvolvimento deste jogo didático, foi confeccionado um tabuleiro, 30 cartas com os perfis secretos e 2 peões utilizados para acompanhar a pontuação das equipes ao se deslocarem sobre o tabuleiro. Além disso, o jogo original foi adaptado com a inclusão de cartas-surpresa.

O tabuleiro

Para compor a base do tabuleiro de mesa (Figura 1), utilizamos uma cartolina na cor verde escuro com 50 cm de largura e 66 cm de comprimento. Para destacar as casas que orientam a ordem de deslocamento, utilizamos pedaços quadrados de cartolina na cor verde claro com lados medindo 7 cm, e foram colados sobre o tabuleiro, com cerca de 2,5 cm de distância entre eles. Além disso, as casas foram enumeradas em ordem de 1 a 22, sendo 3 delas destacadas com pontos de interrogação, referindo-se às cartas-surpresa.

Para tornar o jogo mais ilustrativo, foram coladas sobre o tabuleiro, imagens de arquivo pessoal que representam a ordem das etapas da digestão anaeróbia, desde o preparo da amostra até a produção de biogás. Logo abaixo das figuras, foram inseridas as suas respectivas legendas. A ordem do caminho foi feita por meio de setas e por uma representação da mangueira que transporta o biogás até o gasômetro.

a cada rodada, uma carta com um perfil secreto é sorteada e, a partir das dicas, os jogadores tentam acertar o perfil secreto. Com base na quantidade de dicas fornecidas, o jogador desloca seu peão pelo tabuleiro, vencendo a equipe que chegar primeiro na casa identificada com a palavra “FIM”.

As cartas

As cartas foram confeccionadas utilizando o editor de texto *Word*. Na parte superior das cartas, de maneira centralizada, foi inserido o perfil secreto a ser descoberto pelas equipes com base nas dicas, as quais foram enumeradas de 1 a 4, e escritas logo após o perfil secreto.

Após a impressão, as cartas foram coladas dentro de um suporte padronizado com 20 cm de altura na cor azul que foi dobrado ao meio de modo que, no instante do sorteio, o integrante não pudesse observar o perfil contido na carta.

As cartas surpresa criadas neste jogo contêm bonificações ou penalidades e também foram coladas em um suporte dobrado ao meio. Entretanto, foi utilizada a cor vermelha para diferenciá-las das cartas com os perfis secretos. Para armazenar as cartas com perfil secreto e as surpresas, utilizamos, respectivamente, uma caixa na cor marrom e outra em vermelho. Esse material pode ser observado na Figura 2 (a) e (b). As cartas podem ser observadas no Anexo 1.

Os peões

Os peões utilizados para o deslocamento das equipes sobre o tabuleiro foram representados por mini biodigestores confeccionados a partir da reutilização de frascos



Figura 1: Tabuleiro de mesa para o jogo Perfil Sustentável.

conta-gotas, em cuja extremidade superior foi inserido um pedaço de fio de energia, a fim de representar a mangueira que conduz o biogás até o gasômetro (Figura 2c).



Figura 2: Imagens do jogo didático. (a) Cartas para o Perfil Sustentável; (b) Caixas para o armazenamento; (c) Peões em forma de biodigestores.

É importante considerar que os materiais utilizados na elaboração do jogo podem ser substituídos por outros, adequando-se à realidade de cada turma.

O processo de validação do jogo didático

Após a confecção do jogo didático, fez-se necessário realizar a etapa de validação a partir de uma rodada teste, buscando minimizar as possíveis falhas do jogo na prática, para

que, de fato, o mesmo possa ser considerado um instrumento capaz de auxiliar na construção dos conhecimentos. Cunha (2012) destaca a importância do professor experimentar o jogo antes de levá-lo à sala de aula, ou seja, que ele vivencie a atividade de jogar, mantendo um consenso entre dois aspectos: o motivacional e a coerência.

“Devem-se considerar dois aspectos: o motivacional – ligado ao interesse do aluno pela atividade (equilíbrio entre a função lúdica e função educativa); e o de coerência – ligado à totalidade de regras, dos objetivos pedagógicos e materiais utilizados para o seu desenvolvimento em sala de aula” (Cunha, 2012).

A coerência pode ser verificada por meio da testagem prévia do jogo, na qual o mediador coloca-se no lugar do estudante a fim de observar alguns aspectos como: coerência das regras, nível de dificuldade, conceitos que podem ser explorados durante e após o seu desenvolvimento, bem como o tempo e o material necessário para sua realização (Cunha, 2012).

Para conduzir o processo de validação do jogo didático, utilizaram-se alguns critérios de análise elaborados por Nývák e Souza (2014), que foram adaptados por Simões Neto e colaboradores (2016). Dentre eles, destacam-se: interação entre os jogadores, dimensão da aprendizagem, jogabilidade, aplicação, desafio, limitação de espaço e tempo e criatividade (Nývák e Souza, 2014; Simões Neto *et al.*, 2016). Esses critérios podem ser abordados de modo a garantir a flexibilização do jogo perante o real cenário encontrado na escola, visando sempre garantir maior participação dos alunos para que de fato compreendam a relação do jogo com os conceitos específicos.

Assim, após a elaboração do jogo, uma rodada teste foi realizada com doze estudantes do componente curricular de Estágio Supervisionado II – Ensino Médio, ofertado durante o período noturno no curso de Química – Licenciatura, a fim de verificar se, de fato, esse jogo poderia ser utilizado como recurso didático para o ensino da temática do biogás.

O processo de validação durou, aproximadamente, três horas e, ao final do jogo, as equipes verbalizaram as suas opiniões e sugestões a respeito da composição das cartas e das regras estabelecidas, de forma criteriosa, buscando reduzir as possíveis falhas e promover maior aprendizado. Tais contribuições foram coletadas a partir de registro em diário de campo, a fim de analisarmos cautelosamente as sugestões dos licenciandos durante a reestruturação do jogo didático, de modo a minimizar possíveis problemas durante a sua execução na prática docente em diferentes contextos.

Elaboração das regras do jogo Perfil Sustentável

A construção das regras do jogo se deu de forma sucinta, com o objetivo de orientar os jogadores durante o processo de validação. Todas as regras podem ser observadas no Quadro 1.

Sugerimos que, para diversificar ainda mais o contato entre os integrantes, a divisão das equipes seja realizada por meio de um sorteio. Apesar de haver um representante por grupo, a resposta final deve ser dada em consenso com os demais integrantes da equipe.

Este jogo foi criado com o intuito de ser utilizado após a explicação dos conceitos sobre a produção de biogás, relacionando-o com aspectos atitudinais, culturais, ambientais, dentre outros, de modo a promover a abordagem de situações presentes no cotidiano da turma. Por isso, antes da validação, foi realizada uma breve explicação sobre os conteúdos presentes no jogo didático e também sobre as regras.

Antes de começar, foi entregue aos grupos uma folha no formato A4 contendo as regras e as pontuações do jogo, como sugerido por Fioresi e Cunha (2017), que afirmam que as regras precisam ser entregues por escrito aos grupos para que eles tenham um material de consulta em caso de dúvidas.

A sala foi dividida em dois grupos com 7 integrantes cada e, após o desenvolvimento, as equipes discutiram entre si alguns apontamentos sobre o jogo. O consenso das discussões foi externalizado verbalmente por meio do diálogo, em que todos tiveram a oportunidade de apontar falhas e sugerir melhorias. A partir dessas constatações, foi possível realizar a reestruturação das regras e da composição do jogo.

Reestruturação do jogo

A partir da análise crítica dos licenciandos, foi possível compreender que o jogo Perfil Sustentável pode ser utilizado para potencializar o ensino sobre a temática do biogás, mas se fez necessário uma reestruturação nas regras e na composição das cartas, visando melhorar a jogabilidade. Desse modo, analisamos a validação do jogo a partir dos critérios previamente apresentados por Simões Neto e colaboradores (2016), com exceção do critério criatividade, por

Quadro 1: Regras do jogo didático Perfil Sustentável.

Regra 1	Dividir a sala em dois grupos de participantes.										
Regra 2	Escolher um representante para retirar as cartas das caixas e para deslocar o peão sobre o tabuleiro.										
Regra 3	Decidir qual dos grupos iniciará o jogo.										
Regra 4	Iniciar o jogo com o representante sorteando uma carta da caixa marrom (que contém as dicas) e entregar a carta para o mediador.										
Regra 5	Juntamente com a equipe, o representante deve fazer a escolha de uma das 4 dicas.										
Regra 6	A equipe responde a dica e, se o perfil secreto não for acertado na primeira tentativa, o mesmo grupo escolhe outra dica e assim por diante.										
Regra 7	O representante irá deslocar o peão da equipe sobre o tabuleiro, dependendo do número de dicas que lhe foi dado, como no quadro abaixo: <table border="1" data-bbox="1029 725 1453 955"> <thead> <tr> <th>Dicas utilizadas</th> <th>Casas a andar no tabuleiro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Dicas utilizadas	Casas a andar no tabuleiro	1	4	2	3	3	2	4	1
Dicas utilizadas	Casas a andar no tabuleiro										
1	4										
2	3										
3	2										
4	1										
Regra 8	Se a equipe não acertar o perfil secreto, a carta retorna para dentro da caixa e o grupo permanece no mesmo lugar no tabuleiro.										
Regra 9	Se, ao deslocar-se sobre o tabuleiro, a equipe cair nas casas surpresas, o representante deve retirar, imediatamente, uma das cartas contidas na caixa em vermelho e entregar ao mediador para que faça a leitura.										
Regra 10	A segunda equipe inicia a atividade após a primeira descobrir o perfil secreto ou a carta retornar para a caixa contendo as demais cartas do jogo.										
Regra 11	Vence o jogo a equipe que chegar primeiro com o seu biodigestor até a palavra "FIM".										

considerarmos que este jogo não teve como objetivo primário algum tipo de criação pelos estudantes.

Interação entre os jogadores

Neste tópico discutimos aspectos relacionados à cooperação entre os participantes.

- A quantidade de grupos não deve ser fixada, pois isso dependerá do tamanho das turmas em que o jogo será desenvolvido. Sugere-se que, para ampliar a participação e a interação entre os jogadores, a sala seja dividida em mais de duas equipes, a fim de reduzir o número de integrantes em cada grupo e fomentar a participação ativa de todos os alunos. Vale lembrar que isso poderá gerar maior demanda de cartas.
- Ao passar a vez para outra equipe, sugere-se que o mediador não refaça a leitura das dicas anteriores. Isso requer maior atenção individual e coletiva, na hora da leitura,

reforçando o espírito competitivo e colaborativo entre os membros da mesma equipe.

- Podemos observar, ainda, que a inserção das cartas surpresa (ausentes no jogo *Perfil* original, que serviu de inspiração) criou um suspense entre os jogadores, despertando a curiosidade de uma forma descontraída.

Aplicação e jogabilidade

Neste critério discutimos questões pertinentes a variações e readequações na aplicação do jogo.

- Caso a Equipe 1 erre o perfil secreto, a próxima dica não deve ser lida para a mesma equipe, pois isso pode tornar o jogo monótono e cansativo. Desse modo, é interessante que a próxima equipe escolha uma das 3 dicas que ainda não foram lidas. Em caso de erro, a dica pode ser lida para a terceira equipe e, se não houver, a vez retorna para a Equipe 1.
- As cartas não devem retornar para a caixa de onde foram retiradas, pois assim o jogo pode se tornar repetitivo, promovendo o desinteresse dos estudantes.
- Durante o jogo, foi sugerido que o mediador permita a consulta em materiais construídos pelos próprios jogadores como, por exemplo, o caderno de anotações.
- As cartas podem ser classificadas em categorias, de modo a orientar e nortear as equipes a respeito do que se trata o perfil secreto, facilitando assim a interpretação das dicas. Dessa forma, após a validação, foram criadas as categorias: análise físico-química, etapa da biodigestão anaeróbia, fator climático, produção de biogás e forma de energia, que foram escritas no suporte no lado contrário ao de onde a carta foi colada.

Por fim, após a análise dos licenciandos, algumas regras do jogo foram alteradas, em específico as regras 1, 6 e 8, como observado no Quadro 2.

Quadro 2: Regras do jogo alteradas após validação.

Regra 1	Dividir a sala em dois ou mais grupos, a depender do número de alunos na turma.
Regra 6	Se o perfil secreto não for acertado na primeira tentativa, a próxima equipe escolhe outra dica da mesma carta.
Regra 8	Se o perfil secreto não for acertado, as equipes permanecem no mesmo lugar no tabuleiro e as cartas devem ser retomadas ao fim do jogo, para sanar as dúvidas.

Desafios e dimensão da aprendizagem

É importante considerar que não se pode afirmar que os licenciandos aprenderam os conceitos desenvolvidos no jogo a partir dessa atividade. No entanto, podemos apontar alguns indícios de contribuições para a construção e mediação dos conceitos a partir da utilização deste jogo didático.

- Segundo os licenciandos, o nível de complexidade das cartas é alto para que o jogo seja realizado sem a explicação prévia dos conceitos envolvidos. Portanto,

reiteramos a importância da explicação dos conteúdos de forma detalhada para que não restem muitas dúvidas no momento do desenvolvimento do jogo. Segundo Cunha (2012), o acúmulo de dúvidas causa um atraso na realização da atividade, fazendo com que as equipes não consigam chegar até o fim do tabuleiro, tornando o jogo cansativo, devido à função educativa se sobressair em relação à função lúdica.

- Caso o jogo seja empregado no Ensino Médio, faz-se necessária a reformulação das cartas, pois estas possuem uma linguagem complexa para esse nível de ensino, sendo mais bem destinadas ao Ensino Superior. Os Licenciandos em Química ainda sugeriram que este jogo pudesse ser utilizado em algumas disciplinas do próprio curso como, por exemplo, Química Ambiental ou Educação Ambiental.

Durante a realização do jogo, algumas cartas apresentaram um elevado grau de dificuldade, fazendo com que as equipes não conseguissem acertar o perfil com as dicas fornecidas. Em sua maioria, esses perfis foram classificados, após a validação, na categoria “etapas da biodigestão anaeróbia” (Figura 3). Tais etapas, apesar de produzidas constantemente por um conjunto de microrganismos de extrema importância para a vida na Terra, são pouco discutidas em nosso cotidiano; portanto, estima-se que, durante a validação, esse erro possa ser justificado pelo curto período de explicação dos conceitos prévios envolvidos, ressaltando a importância de mais aulas explicativas antes do desenvolvimento do jogo na prática.

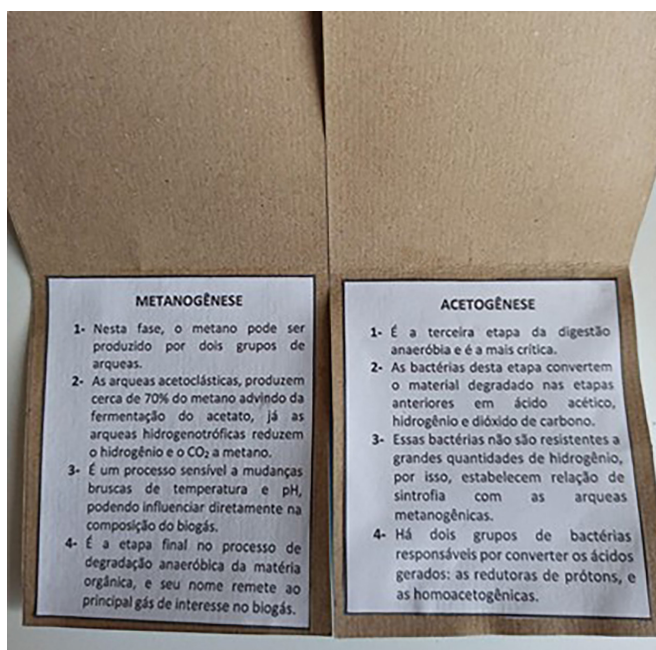


Figura 3: Exemplos das cartas com o perfil sustentável (categoria “Etapas da biodigestão anaeróbia”).

Caso o erro venha a persistir em sala de aula, as cartas devem ser retomadas novamente ao final do jogo didático a fim de sanar todas as dúvidas restantes, buscando compreender as dificuldades dos alunos. Outra sugestão para evitar o

erro é adequar a linguagem das cartas com a turma em que se pretende desenvolver o jogo didático.

Diferentemente das etapas da digestão, alguns perfis secretos são temas frequentemente abordados em nosso dia a dia e apresentaram maior facilidade em serem acertados, como, por exemplo, a categoria “fatores climáticos” (Figura 4). Tais conceitos são abordados desde os anos iniciais nas escolas, além de serem comumente vistos em revistas, jornais e outros meios de divulgação científica, como as redes sociais.

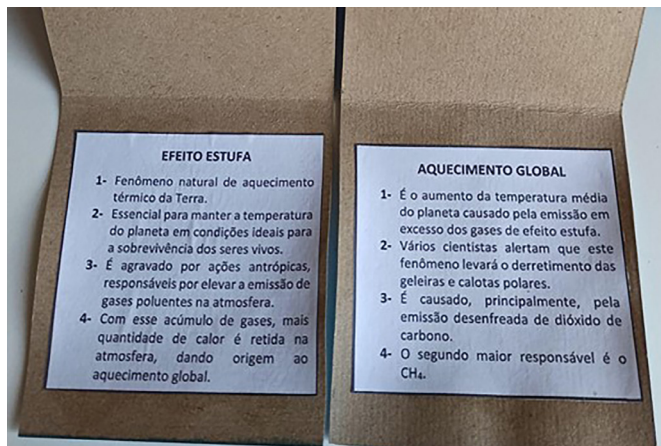


Figura 4: Exemplos das cartas com o perfil sustentável (categoria “Fatores climáticos”).

Nota-se aqui a importância de relacionarmos os conteúdos prévios com os científicos, possibilitando, enquanto mediadores, novos significados ao conhecimento que está sendo apresentado (Agra *et al.*, 2019).

Limitações de espaço e tempo

Consideramos que esse critério se associa ao fato de não termos desenvolvido o jogo reestruturado em um segundo momento. Nesse sentido, as discussões realizadas neste trabalho podem auxiliar o desenvolvimento de outras pesquisas.

Considerações finais

A longo prazo, os combustíveis fósseis tendem à escassez com a consequente elevação dos preços, além de contribuir para o aumento nos índices de emissão de gases poluentes na atmosfera. Com isso, há necessidade de reformular a matriz energética de modo a substituir esses combustíveis por fontes renováveis de energia. Para isso, porém, é necessário que haja uma conscientização política, social e ambiental, que pode ser estimulada em sala de aula desde os anos iniciais da educação.

Por isso, a utilização do jogo didático Perfil Sustentável torna-se relevante, permitindo explicar a utilização da biomassa como fonte renovável de energia para a produção de biogás, bem como estudar as etapas da digestão anaeróbia, alguns problemas ambientais ocasionados pelo uso excessivo de combustíveis fósseis, outras fontes de energias renováveis,

dentre outros conceitos envolvidos que não são comumente trabalhados em sala de aula.

Pôde-se também, a partir da rodada teste, reestruturar o jogo, possibilitando a alteração de alguns aspectos que dificultavam a jogabilidade, melhorando a interação entre os jogadores e impulsionando a aprendizagem. Cabe ressaltar que, por se tratar de uma proposta, este instrumento didático possibilita adaptações para diversos conteúdos e diferentes contextos de ensino.

Ana C. Lazaroto (anaclazaroto@gmail.com), licenciada em Química pela Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Realeza-PR. Atualmente é aluna do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Dois Vizinhos-PR. **Eduardo V. Masetto** (eduardo.masetto@hotmail.com), licenciado em Química pela Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Realeza – PR. Atualmente é aluno do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia da Universidade Estadual do Centro Oeste, *Campus* Guarapuava-PR. **Claudia A. Fioresi** (claudia.fioresi@uffs.edu.br), licenciada em Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* Toledo. Possui Mestrado em Educação pelo Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* Cascavel-PR e Doutorado em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal da Santa Catarina. Atualmente é professora da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Realeza-PR. **Fernanda O. Lima** (fernanda.lima@uffs.edu.br), licenciada e Bacharel em Química pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí-RS. Possui Mestrado em Química Analítica e Doutorado em Ciências ambos pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente é professora da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Realeza-PR. **Clovis Caetano** (ccaetano@uffs.edu.br), licenciado em Física pela Universidade de Taubaté. Possui Mestrado e Doutorado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Atualmente é professor da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Realeza-PR. **André L. Gallina** (andregallina@unicentro.br), licenciado e Bacharel em Química pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Possui Mestrado em Bioenergia e Doutorado em Química Aplicada, ambos pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Atualmente é professor da Universidade Estadual do Centro-Oeste, *Campus* Guarapuava-PR. **Letiére C. Soares** (letiere.soares@uffs.edu.br), bacharel em Química Industrial pela Universidade Federal de Santa Maria. Possui Mestrado em Química e Doutorado em Ciências - área de concentração Química Orgânica, ambos pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente é professor da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Realeza-PR.

Referências

- AGRA, G.; FORMIGA, N. S.; OLIVEIRA, P. S.; COSTA, M. M. L.; FERNANDES, M. G. M. e NÓBREGA, M. M. L. Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of the Ausubel's Theory. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v.72, n. 1, p. 258-265, 2019.
- BARBOSA, D. M. e ROCHA, T. R. Jogos didáticos em um curso de formação inicial docente em química: aspectos teórico-práticos para a abordagem de conteúdos de físico-química. *Química Nova na Escola*, v. 44, n. 1, p. 45-56, 2022.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>
- BRASIL. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação, 2006.
- BUSSADORI, H. S. Fontes de energia e impactos na sociedade contemporânea. *Revista Resgates*, v. 9, p. 105-120, 2019.

- CARDOSO, A. A.; MACHADO, C. M. D. e PEREIRA, E. A. Biocombustível, o Mito do Combustível Limpo. *Química Nova na Escola*, v. 28, p. 9-14, 2008.
- CIBIOGÁS. Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás. *Panorama do Biogás no Brasil 2021*. Relatório Técnico nº 001/2022. Foz do Iguaçu (PR): CIBiogás, 2022.
- CUNHA, M. B. Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.
- DUARTE, V. H.; VALENTINI, M.; SANTOS, G. B.; NADALETTI, W. C. e VIEIRA, B. M. Biocombustíveis: uma revisão sobre o panorama histórico, produção e aplicações do biogás. *Revista Ambientale*, v. 14, n. 2, p. 22-34, 2022.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *RenovaBio: Biocombustíveis 2030*. Nota Técnica: Papel dos biocombustíveis na matriz, 2017. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-155/EPE%20-%20NT1%20-%20PAPEL%20DOS%20BIOCOMBUST%20C3%8DVEIS%20-%20ARQUIVO%201.pdf>, acesso em fev. 2024.
- FIORES, C. A. e CUNHA, M. B. Jogo e lista de exercícios: Um estudo com duas turmas de ensino médio. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, v. 1, n. 2, p. 66-77, 2017.
- GAMELEIRA, S. T. e BIZERRA, A. M. C. Identificação de conhecimentos prévios através de situações-problemas. *Revista Educação, Cultura e Sociedade*, v. 9, n. 2, p. 130-147, 2019.
- GOMES, M. G.; MORAIS, L. C. e PASQUINI, D. Use of membranes for biogas purification: Review. *Holos Environment*, v. 19, n. 3, p. 466-501, 2019.
- KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C. E.; KOCH, F. F. e PEDROSO, A. G. *Manual básico de biogás*. Lajeado, RS: Editora da Univates, 2014.
- KISHIMOTO, T. M. O jogo e a educação infantil. *Pro-posições*, v. 6, n. 2, p. 46-63, 1995.
- KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R. e AMARAL, A. C. (Eds.) *Fundamentals of anaerobic digestion, biogas purification, use and treatment of digestate*. Concórdia, SC: Sbera/Embrapa Suínos e Aves, 2022.
- MILANEZ, A. Y.; GUIMARÃES, D. D.; MAIA, G. B. S.; SOUZA, J. A. P. e LEMOS, M. L. F. *Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas*. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 2018.
- MIRANDA, R. L.; MARTINS, E. M. e LOPES, K. A potencialidade energética da biomassa no Brasil. *Revista de Desenvolvimento Socioeconômico em Debate*, v. 5, n. 1, p. 94-106, 2019.
- MUÑOZ, A. M.; MORENO, O. Y. M.; MOLANO, L. P. C.; HERNANDEZ, H. E.; ZULUAGA, S. C.; ACOSTA, K. Z. e CORREA, F. C. Nano adsorbentes para captura de dióxido de carbono (CO₂): un enfoque a la purificación del biogás. *Revista Ion*, v. 33, n. 1, p. 57-66, 2020.
- SIMÕES NETO, J. E.; SILVA, R. B.; ALVES, C. T. S. e SILVA, J. C. S. Elaboração e validação de jogos didáticos propostos por estudantes do ensino médio. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 2, n. 2, p. 47-54, 2016.
- NÓVAK, M. e SOUZA, C. E. P. Produção e aplicação de jogos didáticos para a aprendizagem de conteúdos sobre o corpo humano. *Dia a Dia Educação*, v. 10, p. 20, 2014.
- OLIVEIRA, R. J. O ensino das ciências e a ética na escola: interfaces possíveis. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 4, p. 227-232, 2010.
- PALAVEZZINI, S. e PEDROSO, A. P. A Importância dos jogos como estratégia pedagógica no ensino de jovens e adultos na educação especial. In: *Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE – Artigos*. Curitiba: Secretaria da Educação do Estado do Paraná, 2016.
- REZENDE, F. A. M. e SOARES, M. H. F. B. Jogos no Ensino de Química: um estudo sobre a presença/ausência de teorias de ensino e aprendizagem na perspectiva do V Epistemológico de Gowin. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 24, n. 1, p. 103-121, 2019.
- SOARES, M. H. F. B. *Jogos para o ensino de química: teoria, métodos e aplicações*. Guarapari: Ex Libris, 2008.
- SOARES, M. H. F. B. e REZENDE, F. A. M. Concepções teóricas/epistemológicas do jogo e a epistemologia genética de Jean Piaget: delineamentos para um ensino de química lúdico. *Debates em Educação*, v. 13, n. esp. 2, p. 289-305, 2021.
- SOUZA, F. M.; VIANA, E.; JAEGER, J. M. D. S.; CANDIANI, G.; SIMÕES, A. F. e FONSECA FILHO, H. Influência do inóculo na co-digestão anaeróbia de resíduos alimentares e grama. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 1, p. 146-156, 2020.
- VALENTI, F.; SELVAGGI, R.; PECORINO, B. e PORTO S. M. Bioeconomy for sustainable development of biomethane sector: Potentials and challenges for agro-industrial by-products. *Renewable Energy*, v. 215, p. 119014, 2023.
- VIEIRA, H. G. e POLLI, H. Q. O biogás como fonte alternativa de energia. *Revista Interface Tecnológica*, v. 17, n. 1, p. 388-400, 2020.
- WAECHTER, S. R.; LIMA, T. M.; NUNES, M. M.; HUBERT, M. A.; SILVA, F. P.; PEDROLO, C.; PIRES, F. L. B. e ELLEN SOHN R. M. Biocombustíveis: uma proposta lúdica e interdisciplinar como ferramenta mediadora no ensino de química. *Encontro de Debates sobre o Ensino de Química*, n. 33, p. 1-8, 2013.

Abstract: *Sustainable Profile: A didactic game for the development of biogas thematic.* Biogas is a biofuel produced from the degradation of organic matter in the absence of oxygen and has been gaining prominence due to the use of biomass for energy production. Seeking to insert this theme in the school, we developed a didactic game, entitled Sustainable Profile, which aims to stimulate the construction of critical sense from environmental, social and cultural aspects, through problem situations. The game was tested and validated, and after its development, some suggested improvements were implemented, such as: increasing the number of groups to increase participation; classify the cards into categories to facilitate the interpretation of the hints; resume the profiles that were not correct at the end of the game to solve the remaining doubts. This game is a tool to assist in teaching and learning, enabling issues related to the collective reality of society to be addressed, in addition to stimulating group discussions.

Keywords: biofuels, science teaching, ludic

Análises físico-químicas		
<p>pH</p> <p>1) Análise realizada antes e depois da fermentação anaeróbia com intuito de analisar o tamponamento do sistema.</p> <p>2) Na biodigestão, pode ser reduzido pelo acúmulo de ácidos graxos voláteis, associados ao aumento da produção de CO₂ pelas bactérias acidogênicas.</p> <p>3) Escala numérica utilizada para especificar se uma solução aquosa é ácida, neutra ou básica.</p> <p>4) Representado numa escala numérica que varia de 0 a 14.</p>	<p>UMIDADE</p> <p>1) Primeira análise físico-química realizada para a biomassa, seguida dos sólidos voláteis.</p> <p>2) Realizada a partir do aquecimento da biomassa a 105 °C por <i>overnight</i>.</p> <p>3) Corresponde à perda de peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida.</p> <p>4) Parte da biomassa que não contribui para a produção de biogás.</p>	<p>SÓLIDOS VOLÁTEIS (SV)</p> <p>1) São os sólidos que predizem a eficiência da digestão anaeróbia.</p> <p>2) Correspondem à porção passível de ser biodegradada pelos microrganismos para ser convertida em biogás.</p> <p>3) É a porção dos sólidos (sólidos totais, suspensos ou dissolvidos) que se perde após a ignição ou calcinação da amostra.</p> <p>4) Análise físico-química que descreve a facilidade que a substância possui em passar do estado sólido para o estado gasoso.</p>
<p>SÓLIDOS FIXOS</p> <p>1) Obtido a partir da calcinação da amostra por 2 horas a 500°C.</p> <p>2) É o termo aplicado ao produto da calcinação do resíduo total, sendo a matéria suspensa que não é volatilizada.</p> <p>3) Fazem parte dos sólidos totais da amostra.</p> <p>4) Análise físico-química que serve para quantificar o teor de SV a partir da aferição da massa residual da incineração.</p>		
Etapas da biodigestão anaeróbia		
<p>METANOGÊNESE</p> <p>1) As arqueas acetoclásticas, que produzem cerca de 70% do metano advindo da fermentação do acetato, e as arqueas hidrogenotróficas que reduzem o hidrogênio e dióxido de carbono a metano.</p> <p>2) Nesta fase, o metano pode ser produzido por dois grupos de arqueas.</p> <p>3) É um processo sensível a mudanças bruscas de temperatura e pH, podendo influenciar diretamente na composição do biogás.</p> <p>4) É a etapa final no processo de degradação anaeróbica da matéria orgânica, e seu nome remete ao principal gás de interesse no biogás.</p>	<p>ACIDOGÊNESE</p> <p>1) Os componentes formados durante a hidrólise são ainda mais divididos durante esta fase.</p> <p>2) É a segunda etapa da digestão anaeróbia.</p> <p>3) São gerados nesta etapa ácidos carbóxicos de cadeia curta, ácidos voláteis, gás hidrogênio e gás carbônico.</p> <p>4) Os produtos metabólicos gerados nesta etapa são importantes substratos para as bactérias acetogênicas e para as arqueas metanogênicas.</p>	<p>ACETOGÊNESE</p> <p>1) É a terceira etapa da digestão anaeróbia e é a mais crítica.</p> <p>2) As bactérias desta etapa convertem o material degradado nas etapas anteriores em ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono.</p> <p>3) Nesta fase, as bactérias não são resistentes a grandes quantidades de hidrogênio, por isso, estabelecem relação de simbiose com as arqueas metanogênicas.</p> <p>4) Há dois grupos de bactérias responsáveis por converter os ácidos gerados: as redutoras de prótons e as homoacetogênicas.</p>
<p>HIDRÓLISE</p> <p>1) Uma das 4 fases do processo de decomposição e fermentação da biomassa para produção de biogás.</p> <p>2) As macromoléculas biológicas são quebradas por enzimas e dão origem a compostos orgânicos simples.</p> <p>3) É a primeira etapa da digestão anaeróbia.</p> <p>4) É a quebra de uma molécula em fragmentos menores na presença de água.</p>		
Fatores climáticos		
<p>EFEITO ESTUFA</p> <p>1) Essencial para manter a temperatura do planeta em condições ideais para a sobrevivência dos seres vivos.</p> <p>2) Fenômeno natural de aquecimento térmico da Terra.</p> <p>3) É agravado por ações antrópicas, responsáveis por elevar a emissão de gases poluentes na atmosfera.</p> <p>4) Com esse acúmulo de gases, maior quantidade de calor é retida na atmosfera, dando origem ao aquecimento global.</p>	<p>AQUECIMENTO GLOBAL</p> <p>1) É o aumento da temperatura média do planeta causado pela emissão em excesso dos gases de efeito estufa.</p> <p>2) Vários cientistas alertam que este fenômeno levará ao derretimento das geleiras e calotas polares.</p> <p>3) É causado, principalmente, pela emissão desenfreada de dióxido de carbono.</p> <p>4) O segundo maior responsável é o CH₄.</p>	<p>CICLO DO CARBONO</p> <p>1) Tem início quando as plantas e outros organismos autótrofos absorvem o gás carbônico da atmosfera ao utilizá-lo na fotossíntese.</p> <p>2) É responsável pela renovação da biomassa.</p> <p>3) Nesse processo, o carbono é devolvido ao meio na mesma velocidade em que é sintetizado pelos produtores.</p> <p>4) O consumo de combustíveis fósseis altera o seu equilíbrio.</p>

Produção de biogás		
<p>BIODIGESTOR</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) É uma alternativa tecnológica para o tratamento de resíduos e dejetos. 2) Sua classificação é realizada quanto à forma de abastecimento, que pode ser em batelada ou contínuo. 3) Estrutura física utilizada para acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica através da ausência de oxigênio. 4) Além de tratar resíduos, pode-se obter biogás e biofertilizante com o seu uso. 	<p>INÓCULO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Além de influenciar na produção de biogás, reduz o tempo de retenção hidráulica do sistema. 2) É a suspensão de microrganismos numa concentração adequada, usada para auxiliar o processo de fermentação. 3) Fornece uma comunidade adicional de microrganismos típicos da biodigestão anaeróbia. 4) São exemplos: dejetos bovinos, lodo de ETE e lodo de biodigestores ativos. 	<p>BIOMASSA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fonte de energia renovável. 2) Biocombustíveis, biogás e óleos vegetais são produtos derivados dessa fonte. 3) Matéria orgânica, de origem vegetal ou animal, utilizada na produção de energia. 4) Sua renovação ocorre através do ciclo do carbono.
<p>BIOFERTILIZANTE</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) É obtido a partir da decomposição da matéria orgânica. 2) O seu uso pode alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. 3) Também é conhecido como chorume orgânico ou adubo líquido. 4) Fertiliza o solo e pode ser usado como defensivo agrícola. 	<p>METANO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Contribui cerca de 20 vezes mais que o dióxido de carbono no aquecimento global. 2) É um gás inodoro e incolor. 3) É o principal gás de interesse no biogás. 4) Sua fórmula molecular é CH_4. 	<p>DIÓXIDO DE CARBONO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Quando produzido em excesso, altera o equilíbrio térmico do planeta. 2) Vários organismos liberam esse gás no processo de respiração. 3) É o segundo gás mais abundante no biogás. 4) Formado por dois átomos de oxigênio e um átomo de carbono.
<p>TEMPERATURA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) É um dos fatores mais importantes na biodigestão anaeróbia e necessita de um controle. 2) É o fator determinante para a eficiência do biodigestor e redução do tempo de detenção da matéria orgânica no biodigestor. 3) Em um processo anaeróbio, é necessário mantê-la constante, devido ao fato de que as arqueas metanogênicas são sensíveis a variações bruscas da ____. 4) Para produção de biogás em reatores, seu valor ideal é entre 35 a 37°C. 	<p>ARQUEAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Habitam locais extremos, onde muitos outros organismos não sobreviveriam. 2) São divididas em dois grupos: as metanogênicas acetoclásticas e as metanogênicas hidrogenotróficas. 3) Microrganismos procaríotes que se assemelham morfológicamente às bactérias. 4) Realizam a fermentação na ausência de oxigênio para produzir metano. 	<p>BIOGÁS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Mistura de gases constituída principalmente por metano, dióxido de carbono, nitrogênio, ácido sulfídrico, monóxido de carbono e amônia. 2) É produzido a partir da decomposição anaeróbia da matéria orgânica. 3) Artificialmente sua formação é acelerada em um equipamento, denominado biodigestor. 4) É uma fonte energética renovável, por essa razão é considerado um biocombustível.
<p>TRATAMENTO FÍSICO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Tem como função o melhor aproveitamento da biomassa lignocelulósica. 2) Modificar a estrutura da biomassa para aumentar a acessibilidade das enzimas à celulose através do aumento da área superficial. 3) Não interfere na composição química da biomassa. 4) Pode ser realizado em moinho de facas, a fim de reduzir o tamanho das partículas. 	<p>NITROGÊNIO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) É um gás inerte, incolor, inodoro, insípido. 2) Inserido nos biodigestores a fim de acelerar a anaerobiose do meio. 3) Em temperaturas muito baixas, vira líquido. 4) É um nutriente presente em grandes concentrações nos biofertilizantes. 	<p>GÁS SULFÍDRICO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Presente no biogás em baixas concentrações e é um gás extremamente tóxico. 2) É responsável por conferir odor pútrido característico do biogás. 3) Mesmo em pequena quantidade, possui alto poder de corrosão sobre ligas metálicas. 4) Sua fórmula molecular é H_2S.
<p>CELULOSE MICROCRISTALINA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Utilizada para validar a atividade do inóculo na biodigestão anaeróbia. 2) É um substrato padrão comumente utilizado para produção de biogás. 3) Também chamado de controle positivo. 4) Após 100% de conversão, esse substrato deve produzir entre 740 a 750 $\text{mL}_{\text{normal}}/\text{gSV}$ de biogás ou 80% desse valor. 	<p>LIGNINA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Sua estrutura é composta por moléculas amorfas, extremamente complexas. 2) É um componente presente na biomassa vegetal que confere rigidez, impermeabilidade e resistência contra ataques biológicos. 3) Na biodigestão anaeróbia da biomassa vegetal, a produção de metano é afetada pela sua difícil degradabilidade. 4) Tratamentos físico-químicos são aplicados a fim de degradar esse componente. 	

Forma de energia		
<p align="center">ENERGIA RENOVÁVEL</p> <p>1) Energia obtida por meio de fontes que não geram grandes impactos ambientais negativos.</p> <p>2) Energia obtida de fontes que se regeneram espontaneamente ou através da intervenção adequada do homem.</p> <p>3) Surgiram em função do aumento do consumo de combustíveis e da escassez dos combustíveis fósseis.</p> <p>4) São exemplos: energia solar, eólica, hidráulica, biomassa, geotérmica, oceânica.</p>	<p align="center">ENERGIA TÉRMICA</p> <p>1) É uma das formas de energia produzidas a partir do biogás.</p> <p>2) É uma forma de energia que está diretamente associada à temperatura absoluta de um sistema e pode se expressar em forma de calor.</p> <p>3) Utilizada de forma direta para cozinhar, aquecer ou resfriar coisas.</p> <p>4) Exemplo de aplicações: em caldeiras, secadores, aquecedores, motores para geração de energia elétrica e mecânica.</p>	<p align="center">COMBUSTÍVEL FÓSSIL</p> <p>1) Formado há milhares de anos a partir da decomposição lenta de animais e vegetais.</p> <p>2) A sua queima traz impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana, como a intensificação do efeito estufa, a formação da chuva ácida, e também problemas respiratórios causados pela emissão de poluentes.</p> <p>3) Dentre os mais utilizados destacam-se o carvão mineral, gás natural, petróleo e seus derivados.</p> <p>4) É a denominação dada a um grande grupo de combustíveis não renováveis.</p>
<p align="center">ENERGIA ELÉTRICA</p> <p>1) Uma das formas de aproveitamento do biogás.</p> <p>2) É produzida nas usinas hidrelétricas, e também nas usinas eólicas, solares, termoelétricas e nucleares.</p> <p>3) Com base no Sistema Internacional (SI), é representada em joule (J). Contudo, a unidade de medida mais utilizada é o quilowatt-hora (kWh).</p> <p>4) É o tipo de energia mais utilizado no mundo.</p>		



Elementos do Ensino por Investigação em atividades elaboradas por licenciandos em Química

Jean M. S. Menezes e Sidilene A. Farias

Compreendendo a importância do Ensino por Investigação (EI) no processo educativo, o objetivo desta pesquisa foi analisar elementos investigativos em atividades elaboradas por licenciandos em Química de Instituições de Ensino Superior públicas de Manaus, AM. Participaram da oficina 11 graduandos, cujas produções didáticas foram analisadas por meio do instrumento Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI) e da Análise Textual Discursiva. Percebeu-se que os licenciandos entendem a importância que o EI possui e destacaram que tiveram contato com a estratégia de ensino somente em disciplinas de caráter pedagógico, sendo as disciplinas de conteúdo específico ainda ministradas totalmente de maneira tradicional. Os elementos do EI mais evidentes nos planos elaborados foram a definição da situação-problema, dos procedimentos e a coleta de dados e envolvimento dos alunos durante a atividade.

► ensino de Química, formação de professores, ensino por investigação ◀

Recebido em 16/03/2023; aceito em 15/01/2024

125

Introdução

Desde meados do século XX, a educação sofre alterações significativas, acompanhando de perto as mudanças ocorridas nas diferentes demandas da sociedade. O aumento exponencial do conhecimento produzido e os trabalhos de epistemólogos, psicólogos e educadores que demonstraram como os conhecimentos são construídos tanto em nível individual quanto social, fizeram com que a escola também fosse atingida por tais mudanças (Hargreaves, 2004; Carvalho, 2018).

Essas modificações se referem tanto ao que se aprende quanto a como se aprende, requerendo novas abordagens de ensino. Para isso, é necessário que o professor tenha domínio de estratégias, metodologias e abordagens inovadoras que o auxiliem no processo de favorecer a aprendizagem do seu aluno. Nesse contexto, é possível citar a investigação, que possibilita que o estudante saia do papel de receptor de conteúdo e passe a construir seu conhecimento de maneira ativa.

No dicionário, a palavra *investigação* tem como sinônimos

pesquisa, busca. Quando se fala em investigação científica, pode-se dizer que é uma pesquisa, uma busca, cujo fim é tão importante quanto o percurso que foi feito. De modo geral, uma investigação científica envolve situações problemáticas abertas, corpos de conhecimentos científicos e tecnológicos, construção de hipóteses suscetíveis de serem contrastadas,

planejamento e realização de experimentos, interpretação de resultados, relações e construção de uma explicação, e comunicação do trabalho realizado. Em sala de aula, essas mesmas etapas podem ser trilhadas (Cachapuz *et al.*, 2005; Carvalho, 2018).

O termo investigação, no contexto educacional, é utilizado para atividades que exigem que

os alunos pensem e façam escolhas sobre o que variar e o que medir. Levar os alunos a fazerem essas escolhas é muito importante, pois isso irá proporcionar que os alunos planejem e executem o próprio trabalho (Ward, 2010; Capecchi, 2018).

Uma atividade pautada no Ensino por Investigação (EI) apresenta como principais características: enfrentamento de situações-problema abertas aos estudantes, reflexão sobre os questionamentos, emissão de hipóteses, elaboração de

O termo investigação, no contexto educacional, é utilizado para atividades que exigem que os alunos pensem e façam escolhas sobre o que variar e o que medir. Levar os alunos a fazerem essas escolhas é muito importante, pois isso irá proporcionar que os alunos planejem e executem o próprio trabalho



um planejamento de teste das hipóteses, análise e formulação de explicações para as evidências, momentos para comunicação do que se obteve na atividade desenvolvida, potencialização da dimensão coletiva do trabalho científico e desenvolvimento da argumentação. A investigação inicial pode se estender e envolver atividades que promovam a utilização dos conhecimentos construídos e a investigação de novas questões. (Azevedo, 2006; Zompero e Laburu, 2016; Carvalho, 2018).

Segundo Sasseron (2018), o uso de atividades investigativas busca inserir em sala de aula as práticas de resolução de problemas com o propósito de levar à compreensão sobre como a Ciência funciona, oferecendo meios para a discussão de conceitos e modelos científicos com os alunos, além de possibilitar o desenvolvimento de habilidades cognitivas semelhantes às das comunidades científicas, porém adequadas às motivações do ambiente escolar. A partir de atividades como essa, os estudantes podem encontrar significado nos conteúdos abordados e construir o seu próprio conhecimento.

O papel do aluno em aulas investigativas é, portanto, diferente do executado em aulas tradicionais, em que os conhecimentos são transmitidos pelo professor. Essa mudança no papel dos alunos não se concretiza sem uma transformação na postura dos professores, que costumam apresentar dificuldades na utilização do EI, já que, em sua maioria, tiveram pouca ou nenhuma experiência em aprender Ciência dessa forma (Artigue *et al.*, 2012; Cardoso e Scarpa, 2018).

Assim, é necessário enfatizar a importância do processo de formação inicial no que diz respeito a apresentar o EI aos licenciandos e oferecer preparação e suporte na sua utilização, de modo que seja possível contemplar o desenvolvimento de competências e habilidades que tornem o futuro professor capaz de fazer uso dessa abordagem na sua prática docente.

Saber elaborar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva e que faça uso de situações problemáticas e emissão de hipóteses, os quais são elementos da investigação, é defendido por Carvalho e Gil-Pérez (2011) como uma das necessidades formativas do professor de Ciências, devendo ser prioridade na sua formação inicial.

Nesse contexto, a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação) apresenta o processo investigativo como um fundamento pedagógico que deve estar presente nos cursos de licenciatura:

“II - O compromisso com as metodologias inovadoras e com outras dinâmicas formativas que propiciem ao futuro professor aprendizagens significativas e contextualizadas [...], visando ao desenvolvimento da autonomia, da capacidade de resolução de problemas, dos processos investigativos e criativos, do exercício do trabalho coletivo [...]” (Brasil, 2019).

O mesmo documento complementa a ideia, descrevendo habilidades e competências a serem desenvolvidas nos

futuros professores que trazem características da investigação, como “construir um ambiente de aprendizagem que incentive os estudantes a solucionar problemas, tomar decisões, aprender durante toda a vida e colaborar para uma sociedade em constante mudança” (Brasil, 2019).

Dessa forma, traçou-se como objetivo de pesquisa analisar elementos investigativos em atividades elaboradas por licenciandos em Química de instituições de Ensino Superior públicas de Manaus, AM.

Metodologia

A presente pesquisa apresenta caráter qualitativo, uma vez que estuda as perspectivas dos participantes e os significados nas condições contextuais em que vivem. Além disso, busca contribuir com revelações sobre conceitos existentes ou emergentes que podem ajudar a explicar o comportamento dos indivíduos, e utiliza de múltiplas fontes de evidência no seu processo (Yin, 2016).

Participaram da pesquisa 11 estudantes dos cursos de Licenciatura em Química ofertados por duas IES públicas da cidade de Manaus, AM: a Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e o Instituto Federal do Amazonas (IFAM). Por se tratar de um estudo que envolve seres humanos, a pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da UFAM com Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) de número 10957319.0.0000.5020. Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e foram codificados alfanumericamente, por exemplo: L1, L2 etc.

Procedimentos de coleta de dados

A coleta de dados se deu por meio de uma oficina realizada no mês de julho de 2021 de maneira totalmente remota, devido à emergência de saúde pública de importância internacional decorrente da pandemia de Covid-19. A oficina aconteceu em 5 encontros totalizando 12 horas (Quadro 1), por meio da plataforma *Google Meet*.

Os licenciandos participaram ativamente durante a oficina, fazendo perguntas, respondendo os questionamentos, envolvendo-se nos diálogos e a interação foi aumentando a cada encontro. Nos encontros 4 e 5, foram realizadas entrevistas em grupo, de modo a analisar as percepções dos licenciandos sobre as atividades investigativas e sobre o processo de elaboração de uma atividade pautada nessa abordagem. As perguntas presentes nos protocolos de entrevista (Quadro 2) foram validadas por pares e, durante os encontros, essa coleta de dados foi registrada por meio audiovisual utilizando o programa *Open Broadcaster Software*.

Para o último encontro foi solicitado que os participantes elaborassem uma atividade pautada no EI, apresentando o conteúdo/tema, objetivo, recursos e metodologia. Esses requisitos foram citados, porém deixou-se os participantes a vontade para inserirem outras informações no planejamento de suas atividades.

Quadro 1: Resumo das atividades realizadas na oficina.

E	T	Atividades
1	2h	Apresentação da pesquisa; dinâmica interativa; reflexão sobre atividades que propiciam o papel ativo do estudante na sua aprendizagem.
2	2h	Realização da atividade investigativa 1 sobre o tema "Aromas".
3	2h	Realização da atividade investigativa 2 sobre o tema "Combustíveis".
4	3h	Discussão das percepções sobre atividades realizadas; abordagem sobre o EI e suas características; orientação para elaboração de uma atividade investigativa.
5	3h	Apresentação das atividades investigativas elaboradas; reflexão sobre o processo de construção e sobre a importância dessas atividades no ensino e aprendizagem em Química.

Legenda: E – Encontro; T – Tempo.

Quadro 2: Perguntas presentes no protocolo de entrevista aplicado nos dois últimos encontros.

E	Perguntas do protocolo de entrevista
4	1. Quais as suas percepções sobre as atividades realizadas?
	2. Vocês acreditam que esse tipo de atividade favorece a sua aprendizagem? Como?
	3. Realizar esse tipo de atividade contribui na sua formação como professor? Por quê?
	4. Vocês acreditam que atividades investigativas podem contribuir para o aprendizado de Química dos alunos da Educação Básica? Por quê?
5	1. Quais critérios vocês utilizaram para a escolha do tema e construção da situação-problema inicial?
	2. Qual seria o seu papel (como professor) durante a realização desse tipo de atividade na Educação Básica?
	3. Quais dificuldades ou limitações vocês encontraram na elaboração da atividade?
	4. Para vocês, o curso de Licenciatura em Química está preparando um professor que seja capaz de desenvolver atividades investigativas na Educação Básica? Por quê?

Legenda: E – Encontro.

Procedimentos de análise de dados

Os dados foram analisados por meio da Análise Textual Discursiva (ATD). Essa técnica de organização e análise de dados consiste em um processo auto-organizado de produção de novas compreensões em relação aos fenômenos que se examina. A ATD se organiza em torno de quatro focos que foram seguidos durante a análise: unitarização; categorização; captação do novo emergente; construção de novos significados. A análise se baseia no método indutivo e dedutivo e enfatiza a importância que o pesquisador

assume na construção de significados, pois, a partir de suas leituras e de suas concepções, emerge o processo da busca de relações complexas, subjetivas e interpretativas (Moraes e Galiuzzi, 2016).

As atividades elaboradas pelos licenciandos foram analisadas utilizando a versão adaptada do instrumento Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI), elaborada por Cardoso e Scarpa (2018). Essa ferramenta auxilia na identificação de elementos do EI com foco no planejamento e nas ações realizadas em sala de aula.

O instrumento DEEnCI apresenta 26 categorias relacionadas a aspectos da estrutura do EI, nível de autonomia dos estudantes e ações docentes em aulas investigativas. A adaptação para esta pesquisa apresenta 13 categorias de análise, as quais estão inseridas em 5 temáticas (Quadro 3), tendo em vista que serão analisados planejamentos de atividades.

Quadro 3: Temáticas e análises referentes ao instrumento DEEnCI.

Nº	Temáticas	Categorias
1	Introdução à investigação	1A. Estimula o interesse dos alunos sobre o tópico de investigação.
2	Apoio à investigação dos alunos	2A. Definição de problema ou questão de investigação.
		2B. Definição de hipótese e/ou previsão para a investigação.
		2C. Envolve os alunos na definição de hipótese e/ou previsão.
		2D. Definição de procedimentos de investigação.
		2E. Envolve os alunos na definição dos procedimentos de investigação.
		2F. Procedimentos de investigação definidos são apropriados ao problema ou questão.
		2G. Coleta de dados durante a investigação e envolvimento dos alunos.
3	Guia às análises e conclusões	3A. Encoraja os alunos a elaborar conclusões com base em conhecimentos científicos.
		3B. Encoraja os alunos a considerar as suas conclusões em relação ao problema e/ou questão de investigação.
4	Incentivo à comunicação e ao trabalho em grupo	4A. Encoraja os alunos a trabalhar de forma colaborativa em grupo.
		4B. Encoraja os alunos a relatar o seu trabalho.
5	Estágios futuros à investigação	5A. Encoraja os alunos a aplicar o conhecimento adquirido em novas situações.

Fonte: Adaptado de Cardoso e Scarpa (2018).

Cada elemento foi avaliado como presente, ausente ou não aplicável. Um elemento é indicado como presente quando indícios de sua ocorrência forem encontrados no material analisado; ausente quando não houver informações que indiquem a presença do elemento; ou como não aplicável quando não for pertinente ou não for possível fazer a sua avaliação (Cardoso e Scarpa, 2018).

Resultados e discussão

Os resultados estão organizados apresentando inicialmente a percepção dos participantes acerca das atividades que propiciam o papel ativo do aluno, destacando a investigação e sobre a presença de atividades desse tipo no seu processo de formação inicial. Em seguida, por temáticas de análise, serão apresentadas as discussões referentes aos elementos investigativos identificados nas atividades planejadas e elaboradas pelos licenciandos.

Percepções dos licenciandos sobre atividades de investigação na sua formação

Na parte inicial da oficina, durante um diálogo oral introdutório, os licenciandos apontaram algumas atividades que conheciam que podem propiciar o papel ativo do aluno em sua aprendizagem, sendo citados: estudo de caso, seminários e atividades investigativas. Além disso, os participantes também citaram atividades contextualizadas e aplicação de sequências didáticas, e afirmaram que atividades como essas são importantes para as aprendizagens dos estudantes na Educação Básica.

Essas atividades, falando assim da BNCC [...], além de oferecer esse protagonismo, tem outras competências e habilidades que o documento até cita: saber interpretar, saber questionar, saber investigar. Então são vários fatores que levam o aluno a ter tomada de decisão, não somente na escola como na sociedade que vai fazer com que ele tenha o desenvolvimento pleno [...], tendo em vista essas competências e habilidades. Essas atividades são um intermédio para conseguir proporcionar o estudante a esse fim. (L2)

Do mesmo modo que compreendem a importância dessas atividades para os alunos da Educação Básica, durante o diálogo, 55% dos licenciandos também destacaram a necessidade dessas atividades fazerem parte do seu processo de formação inicial no Ensino Superior, e que tiveram poucas ou nenhuma disciplina de conteúdo específico da Química (como Química Orgânica, Físico-Química, etc.) na qual houvessem realizado esse tipo de atividade, como relata a participante L3, o que foi apoiado pelos demais participantes que não verbalizaram:

Capecchi (2018) defende que o processo de formação de professores que contempla a investigação como um princípio educativo favorece o entendimento dos futuros docentes no que diz respeito à construção do conhecimento.

Eu acho que é muito importante nós termos esse tipo de abordagem no nosso curso. Eu acho que é muito mais importante do que falar de teoria é a gente manter uma prática de fato [...]. Não lembro de nenhuma disciplina de Química que não foi tradicional. (L3)

Todos os licenciandos já haviam tido contato com o EI em disciplinas como Instrumentação para o Ensino da Química, os Estágios e, principalmente, em minicursos e oficinas ofertados por eventos científicos e por pesquisas realizadas por meio de programas de pós-graduação. Isso ainda foi destacado pelos participantes ao afirmarem que o seu curso de graduação, por mais que tenha melhorado em relação ao processo de formação dos professores que acompanham nas escolas (por meio do Estágio,

Residência Pedagógica ou outros projetos), não os prepararam para que sejam capazes de desenvolver atividades investigativas na Educação Básica. É necessário recorrer à participação em PIBID, minicursos, projetos, etc., como relata a participante L8:

[...] a graduação em si, daquele corpo técnico [...], das disciplinas diárias, não, mas os projetos de extensão, Residência, sim. Eu posso falar que cheguei tão imatura na Residência [...] já vindo de um PIBID. Mas nem todos os discentes conseguem fazer esses projetos. (L8)

Segundo Imbernón (2012) e Wartha e Gramacho (2016), o modelo tradicional em que são pautadas as aulas de conhecimento específico nos cursos de graduação, não é eficaz. Assim, os professores formadores necessitam deixar de lado muitos aspectos que não funcionam no ensino e (re) aprender a ensinar.

É importante que o licenciando vivencie, desde a etapa inicial, elementos de práticas pedagógicas inovadoras, como a investigação, que poderão ser instrumento de trabalho quando profissional. Capecchi (2018) defende que o processo de formação de professores que contempla a investigação como um princípio educativo favorece o entendimento dos futuros docentes no que diz respeito à construção do conhecimento.

Identificação dos elementos investigativos

Dos 11 licenciandos que participaram da oficina, 10 elaboraram e entregaram atividades que se pautavam no EI, abordando diferentes temas e conteúdos químicos (Quadro 4). As atividades foram entregues em documentos no formato PDF.

Foi possível perceber que 6 participantes sinalizaram tanto o tema quanto o conteúdo químico a ele relacionado, 3 apresentaram somente o conteúdo e 1 mostrou somente o

Quadro 4: Temas e conteúdos das atividades investigativas elaboradas pelos participantes.

Participante	Tema/Conteúdo da atividade elaborada
L1	Pilhas comuns/Eletroquímica
L2	Ação dos antioxidantes/Oxirredução, Grupos funcionais
L3	“Transpiração” de um recipiente contendo algo gelado/Mudanças de estado físico
L4	Uso de protetor solar/Estruturas atômicas
L5	Transformação da matéria
L6	Funções orgânicas
L7	Resfriamento de bebidas
L8	Funções orgânicas
L9	Escurecimento das frutas/Cinética química
L10	Tratamento de água/Separação de misturas

tema que a aula proposta aborda. Os temas e conteúdos foram diversificados, havendo apenas uma repetição (L6 e L8).

As atividades investigativas elaboradas pelos licenciandos foram analisadas por meio do instrumento DEEnCI e os resultados apresentados a seguir estão organizados pelas temáticas de análise.

Introdução à investigação

O estímulo ao interesse dos alunos sobre o tópico de investigação (categoria **1A**) foi identificado em 70% das atividades construídas. Os licenciandos descreveram uma apresentação do tema, relacionando com a realidade do aluno e inserindo questionamentos para despertar o interesse e fomentar a discussão inicial sobre o assunto.

Apresentar na 1ª aula dois vídeos curtos sobre o tratamento de água na cidade de Manaus e um de outra cidade do Brasil que contemplem breves explicações e curiosidades. Depois da apresentação dos vídeos, fazer questionamentos preliminares para motivação dos estudantes, integrando-se acerca dos conhecimentos prévios que eles possuem, como por exemplo:

- Vocês já ouviram falar sobre tratamento de água?
- Vocês já haviam se perguntado de onde vem a água que chega na torneira de suas casas? Como é tratada? Qual o destino depois de utilizada?
- Qual a importância do tratamento de água para a sociedade? [...]
- Você acha que é possível tratar a água utilizada nas residências? (L10)

Carvalho e Gil-Pérez (2011) descrevem que, ao pensar no

interesse preliminar do aluno em uma atividade, é obrigatório considerar as ideias, visão de mundo, contexto, destrezas e atitudes que ele possa já possuir, de forma a integrá-la a suas motivações. Dessa forma, entende-se que os participantes preveem esse momento inicial para que os alunos entrem em contato com o tema e se interessem em participar.

O emprego do pronome “você” e a utilização de verbos como “achar”, de acordo com Oliveira (2010), auxiliam na criação de um ambiente acolhedor à participação dos estudantes, pois os encoraja a articular suas próprias ideias e não exatamente a procurar pela resposta correta. A oportunidade de os alunos expressarem suas próprias ideias é, então, uma forma de proporcionar uma aproximação deles ao tema da investigação e, além disso, de possibilitar ao professor o conhecimento sobre o que os estudantes sabem sobre o tema e o conteúdo.

O conhecimento acerca das concepções é importante para os professores, pois, para propor ambientes de aprendizagem em que os alunos possam construir conhecimentos mais próximos ao cientificamente aceitos, é preciso identificar e avaliar as ideias e concepções que eles já trazem. Isso também é importante para os próprios alunos, que podem utilizá-las para guiar a investigação e, juntamente com informações acerca de teorias e modelos científicos, elaborar hipóteses, realizar previsões e levantar novas questões (Carvalho, 2018).

Além da fala dos alunos durante o momento inicial, no qual são introduzidos ao tema, a fala do professor também é muito valiosa, pois pode oferecer um repertório de termos científicos, auxílio na construção de instrumentos de investigação e visões alternativas sobre um problema importante para a construção de explicações e conclusões.

Dessa forma, uma boa introdução da atividade e o incentivo ao interesse do aluno pela investigação proposta impulsionam esse estudante a participar da atividade (Zompero e Laburú, 2016). O professor atua fundamentalmente nesse processo de estímulo trazendo temas interessantes, fazendo questionamentos

adequados e fornecendo informações nos momentos certos.

Apoio à investigação dos alunos

Essa temática está voltada a examinar a presença de etapas investigativas nas propostas analisadas, bem como analisar o grau de envolvimento dos estudantes no desenvolvimento dessas etapas (Quadro 5).

A definição de problema ou questão de investigação (categoria **2A**) se fez presente em 80% das atividades. Avaliou-se que as situações-problema elaboradas tinham características investigativas por se remeterem a um evento do mundo natural, serem interessantes, desafiantes e motivadoras para os alunos, possibilitarem a coleta e análise de dados que

Quadro 5: Presença e unidades significativas das categorias de análise da temática 2.

C	P	Exemplos de unidades de significado
2A	80%	Por que, ao adicionarmos algo gelado em um recipiente, observamos gotículas de água? (L3)
2B	40%	Elabore uma explicação para o que ocorre, em termos de átomos e moléculas, para o fenômeno ao adicionar gelo numa caixa de isopor diminuindo ainda mais a temperatura de quando havia apenas o gelo. (L7)
2C	30%	[...] aguardar 10 minutos para os alunos pesquisarem e escreverem a sua resposta no caderno. E após esse tempo pedirei para alguns alunos falarem sua resposta. (L9)
2D	80%	Em uma folha de papel, fazer desenhos e rabiscos com tinta fluorescente; apagar as luzes, ou colocar o papel em uma caixa, de forma que o papel fique no escuro; com a lanterna UV ligada, apontar para os desenhos, observar o que acontece; aplicar protetor solar sobre os desenhos e repetir [...] (L4)
2E	40%	Pedir aos alunos que proponham estratégias que expliquem o ocorrido [...] (L3)
2F	70%	Corte a fruta em três partes; em uma parte passe açúcar; na segunda parte passe suco de limão e na terceira não passar nada; aguarde 15 minutos e compare os resultados. (L8)
2G	80%	[...] os alunos realizarão em suas casas um experimento adaptado com a finalidade de verificar a presença da vitamina C em sucos de frutas variados [...] (L2)

Legenda: C – Categoria; P – Porcentagem de presença.

poderiam subsidiar o desenvolvimento de explicações científicas e possuem potencial de levar ao desenvolvimento de uma investigação por meio de observações, explicações, comparações e busca de informações em diferentes fontes.

Em relação aos critérios utilizados para a escolha do tema e construção da situação-problema inicial, vale ressaltar que os licenciandos citaram como principais referências atividades que já haviam realizado em oficinas, projetos, pesquisas e disciplinas.

Eu participei de uma oficina de investigação [...], e eu também puxei para o lado da minha pesquisa que é sobre eletroquímica [...] (L1)

A minha temática tem relação com um projeto de extensão que eu participei, de Ciências Forenses [...] (L6)

Isso reforça a importância de o curso de formação inicial oportunizar momentos em que seja possível o trabalho com atividades que utilizam situações-problema para além das disciplinas obrigatórias, como oficinas, projetos de extensão, iniciação à pesquisa e à docência, servindo como referência para práticas pedagógicas dos futuros professores.

É a situação-problema que oferece o foco, a direção e o propósito para o trabalho dos alunos. O estudante deve reconhecer tal situação proposta como um problema que não possua uma resolução automática e evidente, ou seja, essa situação precisa ser aberta o suficiente para gerar mais de uma solução possível (Capecchi, 2018). Assim como as seguintes, essa etapa inicial é muito importante e precisa ser feita corretamente, pois é ela que direcionará as demais etapas.

Considerando, portanto, a importância fundamental que as situações-problema desempenham no processo de condução de uma atividade investigativa e, dado que somente 20% dos planejamentos não apresentaram uma questão e os 80% que apresentaram trouxeram características investigativas em sua formulação, é possível dizer que esse é um resultado positivo, mostrando que grande parte dos alunos compreendem a implementação desse elemento.

Porém, por mais que apresentassem um questionamento investigativo, apenas 40% dos planejamentos continham a definição de hipótese ou previsão para a investigação (categoria 2B), a qual se refere à formalização de ideias que serão colocadas à prova durante a atividade. Além disso, apenas 30% descreviam o envolvimento dos alunos na definição das hipóteses (categoria 2C), como na fala da participante L9, que fornece um tempo para que o aluno pesquise e registre uma previsão e, posteriormente, exponha para os colegas.

As hipóteses orientam a resolução do problema proposto, e uma vez aliadas aos conhecimentos que já se tem sobre ele, permitem a análise e interpretação dos resultados. É necessário haver o envolvimento do aluno e uma articulação entre o conhecimento que está sendo construído com outros já construídos, com a finalidade de ampliar e modificar a sua compreensão. Nessa etapa, o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações que dão condições aos alunos de levantar hipóteses e, posteriormente, testá-las (Dieterich, 2001; Oliveira, 2010; Carvalho, 2018).

Foi possível perceber a ausência desse elemento nas atividades elaboradas, o que, segundo Cardoso (2018), pode indicar um não entendimento sobre o papel desempenhado pela hipótese que busca “explicar o porquê” de determinado fenômeno.

A partir da situação investigativa apresentada, os licenciandos planejaram diferentes atividades, sendo que em 80% dos planejamentos havia a definição de procedimentos de investigação (categoria 2D), na qual o professor define ou incentiva os alunos a garantir que alguns fatores serão mantidos constantes. Apesar disso, apenas 40% apresentaram um momento de estímulo para que os alunos participem do planejamento da investigação (categoria 2E), abrindo espaço para a tomada de decisões sobre o que será feito, ou seja, os procedimentos e materiais não são decididos inteiramente pelo professor. Na atividade proposta pela participante L3, por exemplo, consta um momento no qual os estudantes devem propor uma estratégia para explicação das suas hipóteses de resolução.

A tendência de os professores serem os principais responsáveis pela elaboração dos procedimentos também foi encontrada em outras pesquisas (Gouw *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2017; Cardoso, 2018), indicando que os futuros docentes preferem utilizar níveis de abertura menores, supondo que seriam mais adequados a seus alunos.

Saber envolver os estudantes na elaboração dos planos de ação exige do professor habilidades pedagógicas complexas. Porém, é importante que isso seja valorizado, uma vez que o não envolvimento do aluno nessa etapa pode impedi-los de participar de decisões diretamente relacionadas à definição de evidências imprescindíveis para a resolução da situação-problema (Chin, 2002; Kasseboehmer *et al.*, 2015).

Ainda sobre os procedimentos, 70% dos que foram definidos se mostraram apropriados à situação-problema (categoria **2F**), ou seja, dão possibilidade para que os alunos investiguem o problema ou respondam à pergunta de investigação.

Em relação à coleta de dados durante o envolvimento dos alunos (categoria **2G**), 80% citavam o momento de recolha de dados e destacavam os alunos como ativos nesse processo. A participante L2, por exemplo, ao propor uma atividade a ser realizada de maneira remota, descreve que os alunos realizarão o experimento proposto em suas casas e registrarão os acontecimentos.

A realização de uma atividade investigativa requer que o aluno articule, de forma harmoniosa, habilidades cognitivas e conhecimentos procedimentais e conceituais, desenvolvendo-os e integrando-os simultaneamente. Dentre as habilidades e processos que caracterizam o conhecimento procedimental do indivíduo na realização da investigação, destaca-se a capacidade da recolha e organização dos dados (Maline *et al.*, 2018). Dessa forma, é um fator positivo os licenciandos considerarem colocar os estudantes numa postura ativa durante essa etapa da atividade, favorecendo a sua aprendizagem.

Guia as análises e conclusões

A presente temática apresenta duas categorias relacionadas a elementos que possibilitam a identificação da presença de etapas relacionadas à análise e interpretação de dados, ao desenvolvimento de conclusões e explicações e à reflexão sobre a investigação.

No que diz respeito ao professor encorajar os alunos a elaborar conclusões com base em conhecimentos científicos (categoria **3A**), 80% das atividades planejadas descreviam o momento no qual é incentivada a formulação de conclusões ou a discussão de conceitos que justificam a sua formulação, sendo fomentado por questionamentos.

O que aconteceu durante o experimento? Qual tipo de transformação ocorreu? Discutir com os alunos os resultados. (L5)

Ao requisitar uma explicação, é possibilitada a conexão entre os resultados obtidos e o conhecimento científico (Asay e Orgil, 2010). Em uma atividade investigativa, esses questionamentos guiam os estudantes na emissão de conclusões a respeito do que foi realizado.

De acordo com Pedaste *et al.* (2015), uma forma de oferecer uma visão mais autêntica da investigação é possibilitar que os alunos se envolvam com teorias e modelos durante toda a atividade.

As situações-problemas e as hipóteses devem estar embasadas em justificativas teóricas, que são colocadas à prova durante o plano de ação e as conclusões propiciam a refutação ou revisão delas, fomentadas pelos questionamentos feitos pelo professor.

Grande parte dos questionamentos levantados faz com que o docente incentive os alunos a considerar suas conclusões em relação ao problema de investigação (categoria **3B**), como descreve a participante L8:

Que diferença foi observada na fruta com o passar do tempo? [...] Como o resultado do experimento pode se justificar (responder) o problema? (L8)

Nesse contexto, destaca-se o papel do professor de conseguir mediar corretamente este momento da atividade, o que os licenciandos demonstraram compreender bem, afirmando que, na realização de uma atividade de investigação, o professor tem a função de mediar e instigar com questionamentos.

[...] acredito que o papel do professor seja de mediador [...] e instigá-los com questionamentos, com perguntas que possam nortear os alunos. (L4)

Os questionamentos que levam à reflexão sobre a atividade permitem que ocorra a verificação de erros e suas correções, bem como oportuniza momentos para que sejam evidenciados aspectos do trabalho científico (Cardoso e Scarpa, 2017). A alternância entre o fazer e o refletir, oportuniza o entendimento sobre o que está sendo feito e por que, podendo também auxiliar os alunos a acompanhar seu próprio progresso.

Além das reflexões possibilitadas pela análise e conclusões, para a maior consolidação dos conhecimentos científicos trabalhados, outros elementos são importantes, como a reflexão, aplicação, comunicação e continuação do processo de investigação a partir de novos questionamentos.

Saber envolver os estudantes na elaboração dos planos de ação exige do professor habilidades pedagógicas complexas. Porém, é importante que isso seja valorizado, uma vez que o não envolvimento do aluno nessa etapa pode impedi-los de participar de decisões diretamente relacionadas à definição de evidências imprescindíveis para a resolução da situação-problema.

Incentivo à comunicação e ao trabalho em grupo

O incentivo ao trabalho de forma colaborativa em grupo (categoria **4A**) foi identificado em 60% dos planejamentos, propondo que os alunos dos grupos participem das atividades, dividam materiais, se organizem na realização das tarefas e discutam sobre o que estão fazendo e como explicar os resultados.

A turma será dividida em grupos equivalentes (virtualmente) onde cada um pesquisará sobre Grupo 1: Frutas que contêm Vitamina C, Grupo 2: Verduras que contêm Vitamina C, Grupo 3: Suplementos que contêm Vitamina C [...]. As informações coletadas serão compartilhadas em turma através de uma tabela para discutir a importância do porquê e para que pesquisar esses dados. (L2)

Além da ocorrência do trabalho coletivo, é importante que o professor incentive os alunos a relatar ou apresentar seus resultados e conclusões da investigação a outros grupos, à classe ou à comunidade escolar (categoria **4B**), o que esteve presente em 60% das atividades construídas.

É esperado que os discentes façam uma explanação do assunto, mostrando domínio e clareza do tema exposto, de forma clara e objetiva, de maneira formal, mas que outras pessoas possam compreender e assimilar das diversas formas que o assunto foi abordado [...]. As atividades serão expostas para os demais alunos da escola e divulgadas em redes sociais. (L10)

O tema da atividade proposta pela participante L10 foi “Tratamento de água”. Uma das orientações por ela relatada solicitava que os alunos construíssem, a partir de seus resultados, uma mídia digital que pudesse ser divulgada pela internet, como vídeos, textos, histórias em quadrinhos, experimentos, entre outros. A licencianda levou em consideração a linguagem utilizada nessas produções, de modo que outros alunos de outras séries pudessem compreender o que ali estava sendo abordado.

Segundo Carvalho (2018), é ideal que a atividade investigativa seja feita em pequenos grupos, pois, além de os alunos com desenvolvimentos intelectuais semelhantes possuírem mais facilidade de comunicação, há também a parte afetiva a ser trabalhada, uma vez que terão a oportunidade de trocar ideias e ajudar-se mutuamente no trabalho coletivo.

O trabalho em grupo e a comunicação dos resultados, de acordo com Imbernón (2012), apresenta muitas vantagens no processo de aprendizagem, como o aumento da criatividade, a possibilidade de análise de pontos de vista diferentes, o desenvolvimento da capacidade de cooperação e a promoção

da troca de experiências, a oportunidade dos alunos se expressarem diante dos demais e o desenvolvimento de competências transversais.

Os licenciandos descreveram o incentivo a diferentes formas de comunicação do que foi observado e concluído com a execução da atividade. Dessa forma, há o engajamento dos estudantes na divulgação dos seus achados, principalmente através da oralidade, uma forma possível de comunicação em abordagens investigativas (Zompero e Laburú, 2016).

Ao ouvir o outro e ao responder os questionamentos do professor, o aluno não apenas relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado (Carvalho, 2018). É a passagem da ação manipulativa à ação intelectual, na qual os alunos vão mostrando, por meio do relato do que fizeram e do que tiveram como resultado, as hipóteses que deram certo e como foram testadas, favorecendo o desenvolvimento de atitudes científicas.

Estágios futuros à investigação

No que diz respeito ao professor encorajar os alunos a aplicar o conhecimento adquirido em novas situações (categoria **5A**), foi identificado que apenas 30% dos planejamentos descreveram esse momento, ou seja, poucos licenciandos sinalizaram momentos em que os alunos possam aplicar ou expandir o conhecimento obtido na investigação, trabalhando com ele em novas situações, em contextos relacionados ao dia a dia ou na resolução de problemas práticos, como apresenta a participante L9 em sua atividade:

Após fazer os questionamentos e ouvir as respostas dos alunos, irei complementar as respostas deles falando que os mesmos fatores apresentados por eles que aceleram e retardam o escurecimento ou apodrecimento das frutas são os que influenciam em reações químicas de outras substâncias [...]. (L9)

Esse elemento foi pouco expressivo nos planejamentos analisados, e por mais que não faça parte do ciclo investigativo, pode ser realizado no final da atividade, trazendo ganhos à aprendizagem dos alunos. Segundo Carvalho (2018), objetivar a aplicação de conceitos pode promover a contextualização do conhecimento científico construído, levando os alunos a compreender a importância do ponto de vista social e o interesse em conhecer mais sobre o assunto.

O ideal é que as ideias dessas aplicações em novas situações sejam também trabalhadas por meio de investigações, aprofundando o conteúdo que está sendo trabalhado, introduzindo novos conceitos correlatos importantes para o desenvolvimento completo de um determinado assunto (Sasseron, 2018).

É a passagem da ação manipulativa à ação intelectual, na qual os alunos vão mostrando, por meio do relato do que fizeram e do que tiveram como resultado, as hipóteses que deram certo e como foram testadas, favorecendo o desenvolvimento de atitudes científicas.

Considerações finais

Compreendendo que o EI auxilia no desenvolvimento de habilidades relacionadas ao fazer científico e que seu uso consciente em sala de aula pelos professores é indispensável para a construção do conhecimento dos próprios alunos, objetivou-se nesta pesquisa analisar elementos investigativos em atividades elaboradas por licenciandos em Química de instituições de Ensino Superior públicas de Manaus, AM.

Por meio dos dados, percebeu-se que os licenciandos entendem a importância que as atividades investigativas possuem tanto na Educação Básica quanto em seu processo de formação. Os participantes afirmaram que o contato que tiveram com o EI foi em disciplinas como Instrumentação para o Ensino da Química e Estágios, e em minicursos ou oficinas ofertados em eventos científicos, por exemplo. Porém, destacaram que as disciplinas de conteúdo específico da Química ainda vêm sendo trabalhadas de forma tradicional, o que não é eficaz e não contribui para a formação do futuro professor.

Por meio do instrumento DEEnCI, foi possível identificar elementos do EI nos planejamentos de atividades que os licenciandos elaboraram ao final da oficina, dentre os quais é importante destacar como presente nos planos, a definição da situação-problema a ser investigada, a definição de procedimentos de investigação e a coleta de dados e o envolvimento dos alunos durante a atividade. Em contrapartida, o envolvimento dos alunos na definição da hipótese e o encorajamento dos alunos a aplicar o conhecimento adquirido em novas situações foram pouco expressivos.

Com isso, percebe-se que os licenciandos compreendem as etapas de uma atividade de investigação, porém ainda carregam dúvidas principalmente no que diz respeito ao incentivo ao aluno a explicitar suas hipóteses e previsões, pedindo que eles revelem as ideias que respondem a situação-problema ou o que acham que vai acontecer com a investigação. Além disso, poucos participantes descreveram momentos que possibilitam que os alunos ampliem ou expandam o conhecimento adquirido a partir da investigação de outras situações.

Referências

ARTIGUE, M.; DILLON, J.; HARLEN, W. e LÉNA, P. *Learning through inquiry*. Montrouge (França): Fibonacci Project, 2012.

ASAY, L. D. e ORGILL, M. K. Analysis of essential features of inquiry found in articles published in *The Science Teacher*, 1998-2007. *Journal of Science Teacher Education*, v. 21, n. 1, p. 57-79, 2010.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Thomson, 2006.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. *Resolução nº 2 de 20 de dezembro de 2019*. Define as Diretrizes

Como principais dificuldades citadas pelos licenciandos durante a elaboração da atividade, é possível citar a necessidade de um conhecimento sólido do conteúdo específico e pedagógico, e modos de orientação dos alunos durante a atividade.

Dessa forma, ao querer que o EI esteja presente nas aulas de Química na Educação Básica e que o professor atue na sua área realizando atividades de investigação, é necessário que ele se faça presente também durante o processo de formação inicial dos professores, tanto nas disciplinas de caráter pedagógico quanto nas disciplinas específicas da área, sendo um fundamento pedagógico como é apresentado pela BNC-Formação.

Assim, espera-se que os resultados aqui apresentados e as reflexões levantadas nesta pesquisa fomentem ideias e contribuam com estudos futuros que contemplem as vertentes da formação inicial de professores de Química e do EI, no que diz respeito, dentre outras questões, a sua importância e à averiguação da efetivação da investigação nos cursos de formação.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), Resolução N° 002/2023 – POSGRAD 2023/2023 – Coordenador/Auxílio Financeiro/PPGQ, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Universidade Federal do Amazonas.

Jean Michel dos Santos Menezes (jeanmichelsm@ufam.edu.br) possui Graduação em Licenciatura em Química. Mestrado e Doutorado em Ensino de Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) campus Manaus/AM. Atualmente atua como docente no Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET) - UFAM, campus Itacoatiara/AM. **Sidilene Aquino de Farias** (sfarias@ufam.edu.br) possui Graduação em Bacharelado e Licenciatura em Química, Mestrado em Química de Produtos Naturais pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). É doutora em Ciências (área de concentração: Química) pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em que desenvolveu pesquisa sobre a Formação Inicial de Professores de Química. Atualmente é Professora Associada 3 da Universidade Federal do Amazonas.

Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e instituiu a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). Brasília: Diário Oficial da União, 2019.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J. e VILCHES, A. *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.

CAPECCHI, M. C. V. M. Problematização no ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

CARDOSO, M. J. C. *Identificação e descrição de elementos do ensino de ciências por investigação em aulas de professores em formação inicial*. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

- CARDOSO, M. J. C. e SCARPA, D. L. Identificação de elementos do ensino de ciências por investigação em aulas de professores em formação inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 2707-2712, 2017.
- CARDOSO, M. J. C. e SCARPA, D. L. Diagnóstico de elementos do ensino de ciências por investigação (DEEnCI): uma ferramenta de análise de propostas de ensino investigativas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 1025-1059, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de seqüências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. e GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências*. São Paulo: Cortez, 2011.
- CHIN, C. Open investigations in science: posing problems and asking investigative questions. *Teaching and Learning*, v. 23, n. 2, p. 155-166, 2002.
- DIETERICH, H. *Nueva guía para la investigación científica*. Colonia Del Valle: Ariel, 2001.
- GOUW, A. M. S.; FRANZOLIN, F. e FEJES, M. E. Desafios enfrentados por professores na implementação de atividades investigativas nas aulas de ciências. *Ciência & Educação*, v. 19, n. 2, p. 439-454, 2013.
- HARGREAVES, A. *O ensino na sociedade do conhecimento: educação na era da insegurança*. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- IMBERNÓN, F. *Inovar o ensino e a aprendizagem na universidade*. São Paulo: Cortez, 2012.
- KASSEBOEHMER, A. C.; HARTWIG, D. R. e FERREIRA, L. H. *Contém Química 2: pensar, fazer e aprender pelo método investigativo*. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015.
- MALINE, C.; SÁ, E. F.; MAUÉS, E. e SOUZA, A. C. Ressignificação do trabalho docente ao ensinar ciências na educação infantil em uma perspectiva investigativa. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 993-1024, 2018.
- MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.
- OLIVEIRA, A. W. Improving teacher questioning in science inquiry discussions through professional development. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 47, n. 4, p. 422-453, 2010.
- PEDASTE, M.; MÄEOTS, M.; SIIMAN, L. A.; JONG, T.; RIESEN, S. A. N.; KAMP, E. T.; MALONI, C. C.; ZACHARIAS, Z. C. e TSOURLIDAKI, E. Phases of inquiry- based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, v. 14, p. 47-61, 2015.
- SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2018.
- SOUZA, A. M.; SILLES, B. S.; CARDOSO, M. J. C. e SCARPA, D. L. Elementos do ensino por investigação em seqüências didáticas elaboradas por licenciandos de biologia. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis-SC, 2017.
- WARD, H. *Investigação Científica*. In: WARD, H.; RODEN, J.; HEWLETT, C. e FOREMAN, J. (Orgs.). *Ensino de Ciências*. São Paulo: Artmed, 2010.
- WARTHA, E. J. e GRAMACHO, R. S. Abordagem problematizadora na formação inicial de professores de Química no sul da Bahia. In: ECHEVERRÍA, A. R. e ZANON, L. B. (Org.). *Formação superior em Química no Brasil: práticas e fundamentos curriculares*. 2ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.
- YIN, R. K. *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Porto Alegre: Penso, 2016.
- ZOMPERO, A. F. e LABURÚ, C. E. *Atividades investigativas para as aulas de ciências: um diálogo com a teoria da aprendizagem significativa*. Curitiba: Editora Appris, 2016.

Abstract: *Elements of Inquiry-based Teaching in activities elaborated by Chemistry undergraduates.* Considering the importance of Inquiry-based Teaching (IT) in the educational process, the aim of this research was to analyze investigative elements in activities elaborated by Chemistry undergraduates from public Higher Education Institutions in Manaus, AM. Eleven undergraduate students participated in a workshop, and didactic materials produced by them were analyzed using the Diagnosis of Inquiry-Based Science Teaching Elements (DEEnCI) instrument and Discursive Textual Analysis. It was observed that the undergraduates understood the importance of IT. They highlighted that they had contact with such teaching strategy only in classes with a pedagogical profile, while classes with specific contents were taught entirely in a traditional manner. The most evident IT elements in the elaborated plans were the definition of the problem situation, the procedures, the data collection, and the student involvement during the activity.

Keywords: Chemistry teaching, teacher training, inquiry-based teaching

Motivation to learn through interactive lectures: a chemistry research popularization

Motivação para aprender por meio de palestras interativas: a popularização da pesquisa química

Kenia Naara Parra, Franciani Cássia Sentanin e Ana Claudia Kasseboehmer

Abstract: Science popularization projects have been studied from different points of view and theories. However, little is known about how they can affect the motivation to learn. In the present study, the contribution of interactive lectures to motivation to learn chemistry in public school students was analyzed. Four interactive lectures were developed from the partnership between the authors of the present study as science communicators and different research groups of a public university in Brazil. The lectures were presented in a science museum and in the university to around 150 students of three public schools during one year and were analyzed through the Self-Determination Theory. The Intrinsic Motivation Inventory revealed that the lectures promoted the interest, value of chemistry, effort and perceived choice to the detriment of the sense of pressure to learning chemistry. The interviews also showed that the students became more interested and dedicated in chemistry. The results foment the potential of the interactive lectures for motivation to learn and the responsibility of public universities with science popularization projects.

Keywords: lectures of chemistry, science popularization, self-determination theory.

Resumo: Projetos de divulgação científica têm sido estudados sob diferentes pontos de vista e teorias. No entanto, pouco se sabe sobre como eles podem afetar a motivação para aprender. No presente estudo, a contribuição de palestras interativas para a motivação para aprender química em alunos de escolas públicas foi analisada. Quatro palestras interativas foram desenvolvidas a partir da parceria entre os autores do presente estudo como divulgadores científicos e diferentes grupos de pesquisas de uma universidade pública no Brasil. As palestras foram apresentadas em um museu de ciências e na universidade para cerca de 150 alunos de três escolas públicas durante um ano e foram analisadas por meio da Teoria da Autodeterminação. O Inventário de Motivação Intrínseca revelou que as palestras promoveram o interesse, valor da química, esforço e escolha percebida em detrimento da sensação de pressão para aprender química. As entrevistas também mostraram que os alunos passaram a se interessar e se dedicar mais à química. Os resultados fomentam o potencial das palestras interativas para a motivação para aprender e a responsabilidade das universidades públicas com projetos de divulgação científica.

Palavras-chave: palestras de química, popularização da ciência, teoria da autodeterminação.

135

Kenia Naara Parra (qniaparra@yahoo.com.br) bachelor's Degree in Chemistry, a master's and a doctor's Degree in Science. She is a professor at the Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo and is a researcher at the Laboratory of Investigations in Teaching of Natural Sciences at the Institute of Chemistry of São Carlos IQSC-USP. São Carlo, SP - BR. **Franciani Cássia Sentanin** (franciani.sentanin@ufabc.edu.br) bachelor's Degree in Chemistry, a master's and a doctor's Degree in Science. She is currently a visiting professor in the area of Chemistry Teaching at the Center for Natural and Human Sciences at the Federal University of ABC (UFABC). Santo André, SP - BR. **Ana Claudia Kasseboehmer** (claudiaka@iqsc.usp.br) bachelor's Degree in Chemistry and a doctorate in Science. Currently teaches and coordinates the activities of the Laboratory of Investigations in Teaching of Natural Sciences at the Institute of Chemistry of São Carlos IQSC-USP. São Carlos, SP - BR.

Recebido em 22/03/2023, aceito em 01/08/2023

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.



The increasing involvement of scientists in science popularization has been occurring through several activities such as dramatizations (Dowell and Weitkamp, 2012; Moreira and Marandino, 2015), stand up shows (Pinto *et al.*, 2015), scientific dissemination video (Sentanin, Lanza and Kasseboehmer, 2023) and science fairs (Martín-Sempere *et al.*, 2008; Illingworth *et al.*, 2015). Lectures, demonstrations and workshops offered by scientists or science communicators are also possible strategies for science popularization. Although the lectures are known as activities composed exclusively of oral exposure with the use of PowerPoint (Gier and Kreiner, 2009), they can also be interactive and playful (Sentanin *et al.*, 2021).

In addition to the types of strategies, science popularization has been the object of study in the most varied areas of knowledge. They have been evaluated in terms of the scientific communication model (Palmer and Schibeci, 2014), the participation of scientists and audience receptivity (Pinto *et al.*, 2015), the public understanding of science (Scheitle and Ecklund, 2017), the attitudes and perceptions of researchers towards public communication (Merino and Navarro, 2019) and the promotion of interest in scientific careers (Illingworth *et al.*, 2015).

The use of science popularization to promote motivation to learn is still uncommon. Motivation has been more explored in the schools, as in the use of active methodologies and virtual environments (Palmer, 2009; Vaino *et al.*, 2012; Dias and Penido, 2021). However, science popularization has the potential to be explored in the educational psychology area. Especially when they are of a ludic-experimental nature, they seem to be aligned with the satisfaction of motivational factors. Guzzi (2014) evaluated the motivational aspects in mini-courses of chemistry in a science center and showed that they promoted more self-determined forms of motivation that remained 20 years after participation. In this paper, the need for science popularization actions that can maintain or increase the motivation of public school students to learn chemistry are discussed. Besides this, it is argued that dialogue with society is the responsibility of the public university.

Using the Self-Determination Theory (SDT), the promotion of motivation after students' participation in science popularization lectures of chemistry was evaluated, based on the following hypotheses:

- i) lectures can supply the psychological needs that motivate the individual; and
- ii) it is possible to overcome the deficiency of this kind of initiative in Brazil.

Science and science popularization in Brazil

In Brazil, scientific research occurs predominantly for noncommercial purposes and in public universities through resources from government agencies, research councils or philanthropic entities. Among the Brazilian states, São Paulo has the highest productivity and funding, and the University of

São Paulo (USP) is the public institution of research and higher education that leads the scientific and academic production in the country (Dudziak, 2018). USP has six campuses distributed across the State and one of them is located in the city of São Carlos. The city has another renowned public university and the titles of National Capital of Technology and "city of doctors" due to the high number of doctors per inhabitant compared to other cities in Latin America. However, the population of the city, especially public school students, has low understanding about universities and their role in society (Parra, Silva and Kasseboehmer, 2015). Moreover, the latest survey on public perception about science and technology in Brazil (Brasil, 2018) indicates that Brazilian society has an interest in science, but still feels distant from this reality and has difficulty to access this sort of information. In addition, Brazilian basic education fails to promote the integral formation of students and deepens the social and cultural exclusion of the popular classes that do not compete in better conditions to join public universities, of better quality than the private ones.

Both the low interference of the public university in basic education and its indifference about what is disseminated about science show the distance of the public university from what originally legitimized it: to be a social, autonomous and democratic institution, that has the society as its principle and its normative and evaluative reference (Chaufé, 2003).

There are several problems that emerge when science has little prestige among the general population (Sentanin *et al.*, 2021). Chemistry, for example, is involved in all productive sectors. However, few people recognize its relevance because they do not relate it to advances in areas such as medicine, energy, food and the environment. Even in museums and science centers, chemistry is under-represented because of the need for constant monitoring and the risks with safety (Silberman, 2004). It should be noted that there are works to popularize science being carried out in museums (Rocha and Marandino, 2017; Colombo Junior and Marandino, 2020), but few deal with the topic of motivation to learn chemistry.

These aspects confirm the need for science popularization in order to include society in decision making, to motivate students to learn chemistry, and to stimulate students' interest in scientific careers.

Self-Determination Theory (SDT)

The promotion of more autonomous forms of motivation can be studied through SDT (Ryan and Deci, 2000). The origins of the construct of self-determination lie in philosophy and discourse on the doctrines of determinism and free will. Self-determination or self-determinism as a psychological construct refers to voluntary and self-induced action that is based on its own will (Ferreira *et al.*, 2021).

According to the SDT there are two types of motivation, intrinsic and extrinsic. Intrinsic motivation originates from

internal individual factors, it is related to his/her way of being and personal interests. This type of motivation is constant, since it depends only on the subject and not on external factors. Extrinsic motivation, on the other hand, originates from factors which are external to the individual (Boruchovitch and Guimarães, 2004).

Intrinsic motivation reflects positive potential in human nature, due to the search for novelties and challenges, such as exercising the ability to explore and learn (Ryan and Deci, 2000). Thus, intrinsic motivation provides human beings with their development of autonomy and personality, based on internal reasons that are not dependent on external rewards (Tresca and De Rose, 2000). Within SDT, Ryan and Deci (2000) specify factors that explain the variation in intrinsic motivation, and the environment can make this motivation easy or hard. Activities that provide opportunity, positive feedback, allowing a sense of autonomy, contribute to the increase of intrinsic motivation. In the school environment, intrinsic motivation appears when the student is curious to learn and persists in performing tasks. Even when he/she finds it difficult to understand the activity, he/she spends time developing it and feels happy to be able to do it (Martinielli and Bartholomeu, 2007).

Extrinsic motivation is not a static concept. Through the process of internalization, the extrinsic motives can be transformed into more personal values leading to a continuum of internalization of external regulations (Appel-Silva *et al.*, 2010). In SDT, social variables play a significant role in self-determination and are important mediators in interventions that seek to promote it (Ferreira *et al.*, 2021). Ferreira *et al.*, 2021 have shown that activities and school projects that incorporate choice, variety and challenge promote interest and value perception. On the other hand, studies have also shown that the use of extrinsic impositions or rewards in order to engage the student can initially raise the motivation, but over time the rewards tend to condition the student's involvement (Austin *et al.*, 2018).

In a school environment, as in other environments, SDT requires three basic psychological needs for intrinsic motivation to occur: the need for autonomy, the need for competence and the need to belong or establish bonds (Deci and Ryan, 1985). Thus, in situations of school learning, interactions in the classroom and at school need to satisfy three basic psychological needs for intrinsic motivation and self-determined forms of extrinsic motivation to occur (Boruchovitch and Guimarães, 2004). Regarding chemistry, the low motivation for its learning has been confirmed because of its nature and the way it is taught in the classroom (Sentanin *et al.*, 2021).

For Palmer (2009), the emphasis on practical activities and research through the inquiry method can be a fertile field for creating situational interest. Using SDT, Black and Deci (2000) studied the effects of autonomy-supportive teaching on American students' motivation to learn organic chemistry. They observed that students' perceptions about teachers' autonomy-supportive style predict increases in self-regulation, perceived

competence, and interest while decreasing anxiety.

Cetin-Dindar and Geban (2017) investigated the effect of instruction oriented on the learning cycle model on the conceptual understanding of 11th grade students on acids and bases concepts and on students' motivation to learn chemistry. They observed that the students in the experimental group obtained greater motivation and this difference was considered statistically significant. Salta and Koulouglotis (2020) investigated the question of the specificity of the domain of motivation in specific science subjects (chemistry and physics) in combination with influencing factors related to students' academic training and gender. Discipline-based comparisons showed the existence of specific domains in motivation with the entire sample of students showing greater motivation to learn chemistry in relation to physics in all five SMQ II motivational scales (self-efficacy, self-determination, intrinsic motivation, career motivation and grade motivation). Austin *et al.* (2018) describe a study that aimed to characterize the important motivating factors for general organic chemistry students and how such factors connect and correlate with student performance. The results suggest that students were highly motivated to obtain a high grade, but that the motivation in this grade correlated only weakly with performance.

Considering these literature findings and the Brazilian educational problems, it is important that scientists interact with society. In this way, the aim of this study was to evaluate the contribution of lectures about chemistry research to motivation to learn chemistry using the SDT as a theoretical reference.

This study attempted to answer: Can the participation of lectures of science popularization satisfy the basic psychological needs of students and promote the motivation to learn chemistry? It is believed that the results can contribute to future interventions for students' motivation and the approximation between university culture and society.

Methods

The interactive lectures developed

The interactive lectures are playful and experimental activities developed by a research group that studies chemistry popularization and motivation to learn chemistry among other areas of research. The scientific communicators seek to present the chemistry researches that occur in the universities by different research groups. The research is contextualized through historical, social, environmental, economic or technological approaches and focus on one substance or technique used by the research group as an example. The elements present in the interactive lectures satisfy Gilbert and Stockmayer's (2001) interactive exposition model, which aims to understand the entertainment and learning perspectives from four components: target; experience; public understanding of science and technology; and memories.

The first author and undergraduate students of chemistry that received specific training in science communication presented four interactive lectures. The researches disseminated were from Chromatography Group (L1), Medicinal Chemistry Group (L2), Group of Electrochemical and Environmental Processes (L3) and Interfacial Electrochemical Group (L4), all of the same department. Most of the research groups never had any contact with scientific popularization, but accepted the partnership and the possibility of having their research disseminated to students outside the university.

L1 discusses the contamination of soil and water by drugs commonly used in health care. This may occur during the pharmaceutical production, elimination through the urine and feces of patients and incorrect disposal of drugs with expired validity. Students are asked how they could identify if the water in a river is contaminated. Norfloxacin, an antibiotic studied by the group, is used as an example. Students perform the paper chromatography experiment in groups. They compare the results according to the colors of the pens and hypothesize on how the substances were separated. The concepts of substances and mixtures are discussed. Finally, students are introduced to the advanced methods for separating mixtures used in the laboratory through videos and the manipulation of equipment used by the research groups. The importance of monitoring the contamination of water and soil through chemical analysis for further treatment is emphasized. Furthermore, the high consumption of drugs, the process of increasing bacterial resistance and the correct mode of drug disposal are discussed.

L2 discusses stages of drug development, highlighting how a chemist can act in this process. In this lecture, the communicators remember the high consumption of medicines and present data on the increase of diseases like cancer. Some of the substances studied by the group for the treatment of prostate cancer are addressed and a colorimetric experiment is conducted to discuss how spectrophotometry is used in the toxicity studies, showing that these studies are essential in the early stages of drug development. In this experiment, groups of students mix chemical reagents at different concentrations and come to consensus on the order of the beakers according to the color intensity of the final solutions. Finally, the presenters approach spectrophotometry through photos and videos, showing the importance of using techniques sensitive to differences in concentration imperceptible to the naked eye.

L3 addresses the aquatic and terrestrial contamination by dyes, drugs and pesticides and presents to the participants the electrochemical processes as possible treatments of these contaminated matrices. Presenters ask students about the importance of colorants to human life and show how they have been targeted for research aimed at their degradation. The degradation experiment of the reactive dye Blue 19, an environmental contaminant, is carried out by the students through the agitation of a dye solution with steel wool and the addition of hydrogen peroxide. Each group of students

chooses a variation of the experiment and compares the time for the solution to become colorless. Scientific communicators discuss the substances produced and their effects on certain organic compounds. They also relate the need to use analytical chemistry, discussed in the previous lectures, to verify the degradation.

In L4 the science communicators show images and news about real accidents that occurred due to metal corrosion. They emphasize the economic and security problems behind this process and students are asked how to overcome them. The work developed by the research group that aims to prevent or reduce the natural process of corrosion through protection with polyaniline, are discussed. During the lecture, students conduct several experiments comparing the speed of corrosion in different media and samples of metals protected or not by polyaniline and the importance of this kind of research for the society is discussed.

The presentation took place at the science museum of the city and in the University library. The spaces have been adapted to make them more suitable for the presentation of the lectures. For example, the Chemistry Tunnel about the History of Chemistry. At the entrance of the tunnel students take head flashlights to cross the tunnel and explore objects.

Participants

Participants were students from three public schools (A, B and C) aged between 15 and 18 years old and enrolled in the first year of high school.

School A is traditional in the city. Some of the students need to work after school and have little expectation of attending a public university.

School B is medium sized. Most students are expected to attend university entrance exams and a small part of them is usually involved in educational projects after school.

School C is located in a peripheral region of the city. Students are generally needy and sometimes transferred to this school for reasons of difficulty in learning or discipline. Several students work after school and do not show expectation of entering higher education.

Although the three schools have science labs, chemistry teachers and students said they are rarely used. Table 1 shows the distribution of participants according to school and gender.

All students were informed about the purpose and development of the research and about the freedom to stop participation at any time. The research project was evaluated and approved by the Research Ethics Committee (CAAE nº 79434917.2.0000.5407).

Data collection

In this study, the triangulation was applied (Yin, 1994), combining a Likert scale questionnaire, interviews with students and teachers and observations.

Table 1: Distribution of participants according to school and gender.

Lecture	Number of students per school and gender									Total
	A			B			C			
	Boys	Girls	Total	Girls	Boys	Total	Girls	Boys	Total	
L1	18	26	44	37	21	58	9	22	31	133
L2	12	27	39	39	32	71	13	30	43	154
L3	8	20	28	24	31	55	11	16	27	110
L4	12	21	33	28	23	51	14	16	30	115

Based on the SDT, the Intrinsic Motivation Inventory (IMI), modified from McAuley *et al.* (1989) and Deci and Ryan (2005), was used. The IMI evaluates the participant's subjective experience in a practical activity. The items are divided into six subscales, being: interest, perceived competence, effort, value, pressure and student's perceived choice while performing a certain task. The English questionnaire passed through a cross-cultural translation, which took into account the official language and the destination culture. The IMI items were modified and some of them were excluded to meet the specific activities of the interactive lectures. Consequently, the questionnaire had 27 items and some of them must have a reverse score because they are negative sentences.

For the qualitative data collection, semi-structured interviews were elaborated based on Science Motivation Questionnaire of Glynn *et al.* (2009) with specific questions about intrinsic motivation, self-determination, self-efficacy, career motivation and grade motivation. Students and teachers were also asked about the resources of the school and family support.

Interviews with the students at the school lasted around 20 minutes. With the teachers the interviews lasted around 40 minutes and occurred during free time or in the Collective Pedagogical Work Class. In total, 9, 7 and 12 students from schools A, B and C, respectively participated in the interviews. These numbers exceeded 10% of the total sample as recommended by Fraser and Gondim (2004) for qualitative research. Each student had the opportunity to participate during 2016 in four interactive lectures of about 75 minutes each. At the end of the first and third lectures, students returned to school, while at the end of the second and fourth lectures, they stayed for a snack and a visit at the museum and research laboratories of the university, respectively. IMI was applied after each of the four lectures before the students returned to school. The interviews were held at the end of the year of 2016.

Data analysis

To analyze the results of the questionnaires, descriptive statistics were used from the extraction of means, medians and standard deviations of each variable according to Chumbley

et al. (2015). The software used was SPSS 17.0 and Microsoft Excel 2013. The interviews were recorded and later transcribed. For the qualitative analysis, they were read, followed by the separation of the sections that correspond to or permeate the questionnaire factors. The organization of the responses in categories that emerged from the interview and IMI analysis allowed discussion on how much the lectures contributed to the motivation to learn chemistry.

Students were identified according to the school. Students from School A were identified by SA1, from School B by SB1 and from School C by SC1 and so on. The teachers of School A, B and C were identified by "Teacher A", "Teacher B" and "Teacher C", respectively.

Results

IMI analysis

In the present study, for each lecture applied, Cronbach's alpha coefficient ranged from 0.82 ($n = 110$) to 0.85 ($n = 154$) indicating good internal consistency. In the study by McAuley *et al.* (1989) and Gerstner and Bogner (2010) values were equal to 0.85 and 0.67, respectively. By grouping all schools, the satisfaction of the motivational factors in each lecture is shown in Figure 1.

The questionnaire has a Likert scale of 5 points classified between 1 and 5, with the midpoint of the scale being 3. The analysis by lecture revealed a tendency to satisfy all the factors. In general, the *interest* and *value* factors presented medians close to 4.00 in all the lectures, which is equivalent to saying that the students "partially agreed" with the items relating to these factors. The *effort* factor was the one that presented the most variations throughout the presentations. The *perceived competence* factor presented a median of 3.00 indicating that students "do not know" about how competent they feel. The *pressure* factor was the least identified by the students in the lectures and presented a median of 2.25 in P2 alone, revealing that they "partially disagree" about feeling tense or pressured. In contrast to the pressure factor, the *perceived choice factor*, related to the satisfaction of autonomy presented the highest score - "totally agree".

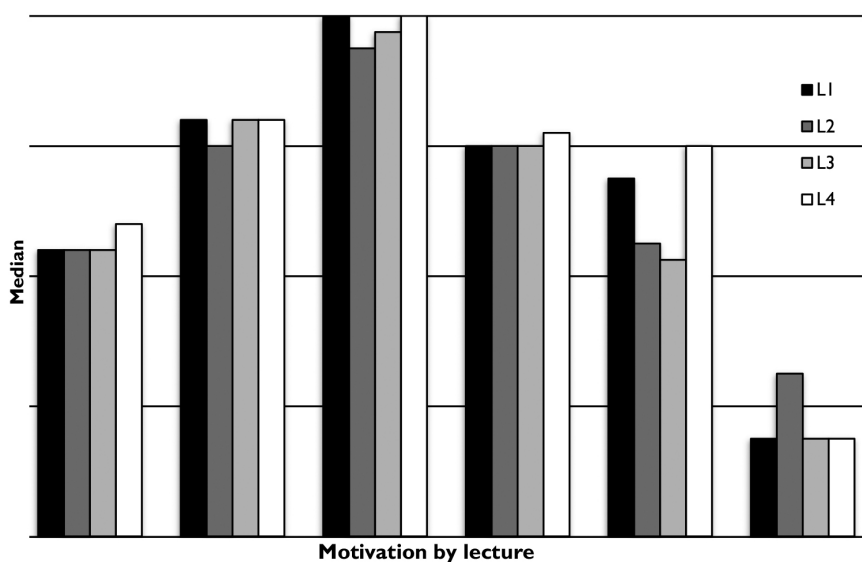


Figure 1: Histogram of motivation by lecture according to the medians.

Interviews analysis

Understanding the intrinsic motivation

When asked about the perceived changes in interest, pleasure or curiosity about chemistry after participation in three or four interactive lectures, 6 students responded that they did not observe any change and 22 responded that interest and curiosity increased.

The analysis resulted in the categories in which the students: (1) Started to have the will to know more; (2) Started to observe chemistry on a daily basis; (3) Started to have specific curiosity for the lectures; (4) Started to pay more attention in the classroom; (5) Started to perform other activities; (6) Started to study at home; (7) Others: answers that students did not know, could not justify or focused on increasing interest in different areas of chemistry; (8) Never been interested in chemistry and (9) Always been interested in chemistry. Table 2 shows the frequency of each category.

As an example of the categories (1) and (3), the speech of the student SA9 is presented below:

A: They changed because, as I said, I was more comfortable with the subject, right? I have more fun. In the classroom, I take it more seriously because you have to learn about the subject, but at home you have several videos, for example, on Youtube, that teach you how to make soap, those things that use chemistry.

Q: Did you do that before the lectures?

A: No. I did not like anything that was related to chemistry. It was in the middle of the first lecture, because they were showing the benefits that chemistry brings to society, so I started to like it (SA9).

At category (2), student SB5 said:

A: I started to understand more about chemistry, I started to want to study chemistry. For example, I am going to the gym and the knowledge that I have of chemistry, I go on to look at all the nutrients that supplements have. If I go to the market to buy Coca-Cola, I will take another look at Coca-Cola. I mean, Coca-Cola is not good because it has this and that. So, everything, everything I try to look at the packaging to know exactly what it has. I used to be interested, but I did not get excited. (SB5).

Table 2: Categories and frequencies of the answers according to the question "Do you believe that your pleasure, interest and curiosity about chemistry have changed after attending three or four lectures? How was this change?"

Intrinsic motivation	Distribution by school (%)	Category	Frequency* (%)	Number of citations
Increased (n=22)	A = 66.67 B = 85.71 C = 83.33	1	46.43	13
		2	14.29	4
		3	10.71	3
		4	7.14	2
		5	7.14	2
		6	3.57	1
		7	7.14	2
Remained the same (n=6)	A = 33.33 B = 14.29 C = 16.67	8	17.86	5
		9	3.57	1

*the answers may have been distributed in more than 1 category, so the sum of the frequencies is different from 100%.

Concerning the changes in interest, the three teachers mentioned the fact that the lectures had taken place outside of school as fundamental to arouse students' attention and change their behavior. Teacher C highlights the differences between the lectures and the classroom routine:

A: In the lectures we were out of the room doing an inquiry and experimental activity and the classroom involves a more theoretical content, sometimes heavier, so they have attention, but it is different. In the classroom, they pay attention at the moment they need to work out an exercise. I have to explain and they will understand the reasoning. In the lecture everything happens more spontaneously. They want to know more because of the curiosity they have. At school, I have to conduct because the content is sometimes more theoretical, heavier, more exhausting.

Understanding the self-determination

When asked about the perceived changes in the study and effort to learn chemistry after the interactive lectures, 12 students responded that they did not observe any change and 16 responded that interest and curiosity have increased.

The analysis resulted in the categories in which the students: (1) Started to study more out of school; (2) Started to develop activities at school more willingly; (3) Started to relate the lectures to the content of the school; (4) Started to talk to other people about chemistry; (5) Others: answers in which students did not know, did not remember, could not justify; (6) Always struggled to learn; (7) Never struggled to learn. Table 3 shows the categories and frequencies of these responses.

As an example of the categories (1) and (2), the student SA9 replied the following when asked about if the lectures of chemistry helped him to study and to put more effort:

A: Yes, because it gave me a certain interest to learn more and more. So instead of not liking it and doing nothing, I began to study.

Q: And how do you know you're more interested?

A: Because before the lecture I thought that chemistry was any other discipline to move on to the next grade, right? But after the lecture, we see that chemistry is cool for so many aspects of society.

Q: And what are you doing differently now?

A: Every lesson that the teacher spends in the classroom, instead of answering carelessly, if I do not know, I get home, I search and I answer the right way. I try to decorate the formula if I have to.

Q: And before did you do that?

A: No, I used to do it anyway.

Understanding the career motivation

When questioned about how much interactive lectures participation had influenced career choice, 19 students said that nothing has changed. Another 9 students claimed that they came to understand the benefits of chemistry for their professional careers after the lectures, as we can see in Table 4.

In the emerging categories, the students: (1) Do not see the relationship between chemistry and their future career; (2) Did not decide the professional career; (3) Always understood

Table 3: Categories and frequencies of the answers according to the question "Did the chemistry lectures help you study and make more effort after participate of three or four lectures? How?"

Self-determination	Distribution by school (%)	Category	Frequency*(%)	Number of citations
Yes (n=16)	A = 44.44 B = 85.71 C = 50.00	1	35.71	10
		2	32.14	9
		3	7.14	2
		4	3.57	1
		5	3.57	1
No (n=12)	A = 55.56 B = 14.29 C = 50.00	6	28.56	10
		7	7.14	2

*the answers may have been distributed in more than 1 category, so the sum of the frequencies is different from 100%.

Table 4: Categories and frequencies of the answers according to the question "About the benefits that chemistry can bring to your career, do you think differently after participation of three or four lectures? What has changed?"

Career motivation	Distribution by school (%)	Category	Frequency* (%)	Number of citations
No (n=19)	A = 66.67 B = 28.57 C = 91.67	1	28.57	8
		2	21.43	6
		3	17.86	5
Yes (n=9)	A = 33.33 B = 71.43 C = 8.33	4	32.14	9

the relationship between chemistry and their future career; (4) Began to understand the relationship between chemistry and their future career.

As shown in the examples below, some students relate the importance of learning chemistry and their future career:

A: Because I think it will be important for my career in the future, since I intend to study medicine. I think that knowing a little more chemistry, deepening knowledge in chemistry, I think it will help me a lot in the future. (SB4).

And still in:

A: Oh, I would like to be a mechanic. Q: And do you think chemistry has anything to do with mechanics? A: I think so, such as welding material and dilution of solvents. I think it has chemistry. (SA7).

Understanding the self-efficacy

Student questioning about self-efficacy revealed that 20 students said they were more confident and 8 equally confident. Among those who said they were more confident, eight students attributed to better understanding of chemical concepts, six to better understanding about the nature of chemistry, five to increased learning effort, and three to increased interest. Among the students' statements, it is possible to observe evidence of the increase in self-efficacy attributed by the students to the participation of the interactive lecture.

When questioned about the feeling of competence for the learning of chemistry, the student SA7 pointed out that through the lecture he felt the improvement of his understanding on the chemical concepts:

A: The class has changed and I have seen that I can understand and interpret. But the teacher did not change the class, it was the lecture that changed me because I understood and did the exercise in the classroom.

Student SB3, however, showed a better understanding of the nature of chemical knowledge as it is possible to observe in:

A: Chemistry is not so complicated.

On the nature of scientific knowledge, Teacher C commented:

A: Knowing who does the research, that the scientist is not that guy who lives alone. You're tired of saying that anyone can do science, anyone can do research, right? They can understand

that they are capable, that chemistry is not rocket science, so much that they solved some things, curiosity helped a lot.

The SC10 student feels more confident because he has observed both increased effort and interest:

A: I attended the lectures, I saw the university, I paid attention and thought that I want this for me. It makes you want to learn more and study hard.

Understanding the grade motivation

The evaluation of the grade motivation revealed that the majority (n = 19) did not observe changes and among them, 16 students remained concerned about the school grades. Among those who said they had changed their perception, four students were even more concerned and only one felt less concerned than before, as seen in Table 5:

Through the responses of the students it is possible to observe the maintenance of the concern with the grade at the end of the year:

A: I've always been concerned about grades. I think I am the same way (SC12).

Even when the student became interested in chemistry and tried harder to learn, the concern with the grade was maintained, as it is possible to observe in:

A: Oh, to move on to the next grade and not repeat a grade, I am the same way because before I was concerned. The only thing that changed was that in chemistry I usually studied just for the sake of studying. So after I had this bigger contact, I study and I know I am going to make a bigger result because I know I had learned. (SB5).

About the grade motivation, Teacher A pointed out that at school:

A: Their priority is to get the grades; their priority is the move on to the next grade. So they will adapt accordingly to it. "If I do the exercise, I get a good grade. So, I'm going to do the exercise". I believe they had a great time going out of school. Um ... you do not have an obligation to get right, to err, to be evaluated. So, these things contribute.

Only two students said they did not receive support from their parents to study. On the other hand, some students also complained of the pressure they suffer at home to take good grades, as in:

Table 5: Categories and frequencies of the answers according to the question "Was the concern about the extra grade, rewards, and scores changed after participation of three or four lectures? How was this change?"

Grade motivation	Distribution by school (%)	Category	Frequency* (%)	Number of citations
No (n=19)	A = 66.67	Still concerned	66.67	16
	B = 80.00	Still unconcerned	12.5	3
	C = 90.00			
Yes (n=5)	A = 33.33	Became more concerned	16.67	4
	B = 20.00	Became less concerned	4.17	1
	C = 10.00			

*the total of interviewees is 24 because the question was not asked for 4 students.

A: Oh, they give a lot of support, like, “If you do not do well at school, I will get your videogame or take your things, you will not be able to call anyone to come and play with you.” They encourage me to come to school, like this (SA1).

Students’ contact with the museum and the public university

The students’ perception and interest in attending interactive lectures out-of-school were investigated. For this, the students were asked if they believed that it would be different to participate in the lectures in the school.

The students said it would be different because the museum environment is new to them, fun and allows students to express themselves differently. As an example, the student SB7 replied:

A: I think the museum is more interesting because you see things. There is a big screen as soon as they explain, if you do not know they will tell you again and you do an experiment there, something we do not do here at school. I think it is better there (SB7).

Concerning the approximation between university and school, Teacher A also commented on the enthusiasm of the students that was greater with the university than with the museum:

What I understood from the chemistry lecture was this relationship between the university, the people’s day-to-day research, and the school. So, I think in that sense the lectures completed the goal, right? Because it was important for me too to know the research and also for the university to show itself to school, right?

Teacher C also commented:

I participated because, first, I like the methodology that was applied. Because it was very positive for me, right? So it is a way for them to have that close contact, but they understood that it is possible. That scientific research was shown to them differently from what they see on TV. It was shown by people doing the research; they are researchers who show the value of our city. This was essential to me, very important. Do you understand? For me, no other activity, at least that I experienced, came to show this so directly.

Discussion and conclusions

The IMI showed that all lectures met factors such as interest, perceived choice and competence, effort, value as opposed to the feeling of pressure that was the least punctuated, that is, it was not perceived by the students, as expected. The contentment of these factors confirms the potential of the interactive lectures to promote self-regulation for chemistry learning, so that the context in which they are applied is the main aspect to be taken into account. According to Berbel (2011), the use of active methodologies, by promoting the autonomy of the student, allows their involvement in the training process itself and the

re-signification of their findings.

The highest score of the perceived choice factor as opposed to the pressure factor are indications of the promotion of the autonomy perceived by the students. The attribution of value to chemistry through the interactive lectures is fundamental to trigger a series of self-regulated behaviors for the learning of this science. According to Schunk (2012), linking learning to real world phenomena improves the perception of value that, in turn, precedes achievement, persistence, choice and also is related to self-observation, self-assessment, and goal setting. The self-efficacy factor was the least punctuated among the motivational components. The theory points out that this belief is dependent on specific domains, areas, or tasks, and in the present case, students are unaware of their competence to believe they do well when attending chemistry lectures (Parra and Kasseboehmer, 2018).

In the interview, the main category of intrinsic motivation in which students “started to have the will to know more” points to the increase of this motivation, since it is not determined by punishments or external rewards, but mainly by the interest and pleasure in knowing and learning of their own volition. Moreover, the “started to have specific curiosity for the lectures” category revealed signs of elevated situational interest (Lepper *et al.*, 2005). Although it is based on a transient occurrence, situational interest has the potential to develop long-term personal interest even in students who have little or no pre-existing interest in a subject (Hidi and Harackiewicz, 2000).

The two main categories of self-determination indicate effort, persistence and orientation towards learning. When learning-oriented, the quest for challenges may not be met in school, and the student uses other strategies to achieve it. According to Dweck and Leggett (1988), effort per se can be a source of pride, and the greater the degree of effort individuals perceive to have exerted, the greater is satisfaction and pride experienced. Husman and Lens (1999) also discuss the importance of the perception about the utility or instrumentality of certain activities in the present for the achievement of future goals considered valuable. Such perception, considered as an extrinsic motivation, influences aspects such as increased performance and self-determination. Thus, the understanding that chemistry learning will bring some benefit to the future can be a motivating factor for increased effort and the search for learning strategies.

The perception of utility and importance for the future is related to career motivation. It is important to emphasize that, often in adolescence the definition of the professional career includes doubts and uncertainties. Nevertheless, the exploration of this aspect, even if it is provisional, is important for understanding the possible relations between career motivation, as a form of more internalized extrinsic motivation, and motivation to learn chemistry. Students can have multiple goals and motivations to engage in learning. Husman and Lens (1999) argue that beyond these objectives being intrinsic and

extrinsic, they can also be immediate or future, and the career motivation is related to the future perspective of the young.

The analysis of what students think about their future careers provides insight into how they can persist and be satisfied with the goals and tasks of the present. Students, designing their future careers, have stated that they believe that learning chemistry is beneficial to achieving their goals. This result indicates a more contextualized view of chemistry.

Vaino *et al.* (2012) discuss the importance of “personalizing” the learning situation by making clear to students the relevance of the topic addressed and relating the science learning to students’ future. These aspects permeated the lectures and the themes of the research turn to environmental, economic, industrial interests, health, among others, that are beneficial to the community. When perceived by the students, these aspects contribute to the valorization of chemistry and the self-regulation of learning through more autonomous forms of extrinsic motivation. A key aspect of the interactive lecture was that the presentations were also made by chemistry undergraduates as scientific communicators. They had already studied in public schools and were able to share their experiences and present the scholarships. This enabled belief in the student’s own ability. In most cases, it was the first time public school students came into contact with a science museum and a public university. In the case of the university, the contact of students from public schools with the routine of undergraduates, researchers and common technologies at university diminishes the distorted visions about what the university is and raises the interest for the learning of chemistry. For Illingworth *et al.* (2015) these events function as a kind of sowing, which the university cannot perform sporadically, given its importance.

With respect to the increase of grade motivation, the analysis of the justifications for the changes revealed a complex picture regarding the rewards. Most of the students remained concerned about the grades even though they felt more confident and interested in chemistry. According to Husman and Lens (1999), students’ motivation is a result of the combination of intrinsic and extrinsic motivation. In a study about science motivation, Glynn *et al.* (2009) observed the preoccupation of many students with grades. It should also be emphasized that the school system preserves external regulations for the evaluation and classification of performance (Shachar and Fischer, 2004). Moreover, it is possible to observe that the family also plays an important role in external regulations when parents or guardians punish their children if they do not show good grades.

The aim of this study was to evaluate whether chemistry interactive lectures could contribute to the motivation to learn chemistry. The observation that part of the students began to study on their own initiative and use strategies chosen by themselves can be analyzed as a positive result and indicate that the participation of the interactive lectures contributed to the interest in chemistry and the choice of an action plan for its learning.

This research has important implications for the science popularization regarding the use of SDT as a theoretical basis for the study of motivation from an intervention planned and executed by the public university. As highlighted by Appel-Silva *et al.* (2010), Brazil does not have specific lines of study involving SDT, and there are few studies that propose interventions with this approach in addition to diagnosis. Therefore, the present study is expected to contribute to the advancement of this area.

Limitations and directions for future research

In this study, research in the area of chemistry showed to be a topic with motivational potential, given the relevance and proximity of the regional issues experienced by the students.

As some limitations, during the research the school’s teachers were free to choose how to proceed and not even change the way they teach and interact with students. Thus, it is not possible to attribute the results exclusively to the interactive lectures. The motivating or even the controlling role of the teacher throughout the research also impacts on student motivation. Students’ concern with the grades results from a number of aspects such as the school system, family attitudes, student orientation for performance, and what the student understands about external rewards grades and the desire to learn. These factors point to limitations of this study and to the need for investigations. The intervention and follow-up were carried out within a period of one year. Thus, it is important to understand the benefits and the longitudinal impacts of this practice in the long term. Within the scope of the partnership between universities and public schools, it is important to continue training teachers in the area of chemistry with a motivational style that promotes student autonomy. Besides the contact with the university, students’ basic psychological needs will be nurtured. In addition, research can focus on girls’ motivation to learn chemistry, which generally has low university entrance rates and high dropout rates. Another fundamental and uncommon aspect in Brazil was the formation of a research group with scientific communicators that belongs to the university and is directly connected to other researchers. Few researchers get closer to school students. Thus, future studies should seek ways for researchers to understand the importance of interacting with society and to become more actively involved in this process.

References

- APPEL-SILVA, M.; WENDT, G.W. and ARGIMON, I. L. A teoria da autodeterminação e as influências socioculturais sobre a identidade. *Psicologia em Revista*. v.16, p. 351-369, 2010.
- AUSTIN, A. C.; HAMMOND, N. B.; BARROWS, N.; GOULD, D. L. and GOULD, I. R. Relating motivation and student outcomes in general organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 19, p. 331-341, 2018.

- BRASIL, (2018). https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/percepcao_web.pdf, access sep. 2018.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, v. 32, p. 25-40, 2011.
- BLACK, A. E. and DECI, E. L. The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry a self-determination theory perspective. *Science Education*, v. 84, p. 740-756, 2000.
- CETIN-DINDAR, A. and GEBAN, O. Conceptual understanding of acids and bases concepts and motivation to learn chemistry. *The Journal of Educational Research*, v. 110, p. 85-97, 2017.
- CHUMBLEY, S. B.; HAYNES, J. C. and STOFER, K. A. A Measure of Students' Motivation to Learn Science through Agricultural STEM Emphasis. *Journal of Agricultural Education*. v. 56, p.107-122, 2015.
- COLOMBO JUNIOR, P. D. and MARANDINO, M. Museus de ciências e controvérsias sociocientíficas: reflexões necessárias. *Journal of Science Communication, América Latina*, v.3 (1), p. A02, 2020.
- DECI, E. L. and RYAN, R. M. The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological inquiry*, v. 11, p. 227-268, 2000.
- DIAS, M. B. and PENIDO, M. C. M. A Motivação para os estudos de Física. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 23, e29327, 2021.
- DOWELL, E. and WEITKAMP, E. An exploration of the collaborative processes of making theatre inspired by science. *Public Understanding of Science*, v. 21, p. 891-901, 2012.
- DUDZIAK, E. A. *InCites Analysis of Funding Agencies Brazil and Universidade de São Paulo*. São Paulo: SIBiUSP, 2018, acesso em ago. 2018.
- DWECK, C. S. and LEGGETT, E. L. A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, v. 95, n. 2, p. 256-273, 1988.
- FERREIRA, D. M., SENTANIN, F. C., PARRA, K. N., NEGRAO BONINI, V. M., DE CASTRO, M. and KASSEBOEHMER, A. C. Implementation of inquiry-based science in the classroom and its repercussion on the motivation to learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 578-591, 2021.
- FRASER, M. T. D. and GONDIM, S. M. G. Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa. *Paidéia*, v.14, p. 139-152, 2004.
- GERSTNER, S. and BOGNER, F. X. Cognitive Achievement and Motivation in Hands-on and Teacher-Centred Science Classes and additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimize cognitive learning at working station? *International Journal of Science Education*, v. 32, p. 849-870, 2010.
- GIER, V. S. and KREINER, D. S. Incorporating active learning with PowerPoint-based lectures using content-based questions. *Teaching of Psychology*, v. 36, p. 134-139, 2009.
- GILBERT, J. K. and STOCKLMAYER, S. The design of interactive exhibits to promote the making of meaning. *Museum Management and Curatorship*, v. 19, p. 41-50, 2001.
- GLYNN, S.M., TAASOOBSHIRAZI, G. and BRICKMAN, P. Science motivation questionnaire: Construct validation with nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, p. 127-146, 2009.
- GUZZI, M. E. R. *O museu de ciências como promotor da motivação: lembranças do público do setor de Química do CDCC/USP*. 264 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.
- HIDI, S. and HARACKIEWICZ, J. M. Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research*, v. 70, p. 151-179, 2000.
- HUSMAN, J. and LENS, W. The role of the future in student motivation. *Educational Psychologist*, v.34, p. 113-125, 1999.
- ILLINGWORTH, S. M.; LEWIS, E. and PERCIVAL, C. Does attending a large science event enthuse young people about science careers? *Journal of Science Communication*, v. 14, p. 1-16, 2015.
- LEPPER, M. R.; CORPUS, J. H. and IYENGAR, S. S. Intrinsic and extrinsic motivational orientations in the classroom: Age differences and academic correlates. *Journal of Educational Psychology*, v. 97, p. 184-196, 2005.
- MARTÍN-SEMPERE, M. J.; GARZÓN-GARCÍA, B. and REY-ROCHA, J. Scientists' motivation to communicate science and technology to the public: surveying participants at the Madrid Science Fair. *Public Understanding of Science*, v. 17, p. 349-367, 2008.
- MCAULEY, E.; DUNCAN, T. and TAMMEN, V. V. Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 60, p. 48-58, 1989.
- MERINO, N. S. and NAVARRO, D. H. T. Attitudes and perceptions of Conacyt researchers towards public communication of science and technology. *Public Understanding of Science*, v. 28, n. 1, p. 85-100, 2019.
- MOREIRA, L. M. and MARANDINO, M. O teatro em museus e centros de ciências no Brasil. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 22, p. 1735-1748, 2015.
- PALMER, D. H. Student interest generated during an inquiry skills lesson. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, p. 147-165, 2009.
- PALMER, S. E. and SCHIBECI, R. A. What conceptions of science communication are espoused by science research funding bodies? *Public Understanding of Science*, v. 23, p. 511-527, 2014.
- PARRA, K. N.; SILVA, D. M. D.; and KASSEBOEHMER, A. C. Percepções sobre a universidade pública: o que pensa a população da "cidade dos doutores"? In: Congresso de la RedPOP. Arte, tecnologia y ciencia: nuevas maneras de conocer? *Anais... Medellín, Colômbia*, 2015.
- PARRA, K. N. and KASSEBOEHMER, A. C. Palestras de Divulgação Científica de Química: contribuições para a crença na autoeficácia de estudantes do ensino médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 205-237, 2018.
- PINTO, B.; MARÇAL, D. and VAZ, S. G. Communicating through humour: A project of stand-up comedy about science. *Public Understanding of Science*, v. 24, p. 776-793, 2015.

- RYAN, R. M. and DECI, E. L. Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, v. 25, p. 54-67, 2000.
- ROCHA, J. N. and MARANDINO, M. Museus e centros de ciências itinerantes: possibilidades e desafios da divulgação científica. *Revista do EDICC-ISSN*, v.3, p. 2317-3815, 2017.
- SALTA, K. and KOULOUGLIOTIS, D. Domain specificity of motivation: chemistry and physics learning among undergraduate students of three academic majors. *International Journal of Science Education*, v. 42, p. 253-270, 2020.
- SCHEITL, C. P. and ECKLUND, E. H. The influence of science popularizers on the public's view of religion and science: An experimental assessment. *Public Understanding of Science*, v. 26, p. 25-39, 2017.
- SCHUNK, D. H. *Learning theories: an educational perspective*. 6th ed. sixth edition. Boston: Pearson, 2012.
- SENTANIN, F. C.; DA ROCHA, A. C.; PARRA, K. N., LANZA; M. R. and KASSEBOEHMER, A. C. Interactive lecture in redox chemistry: Analysis of the impact of the dissemination of university scientific research among high school students. *Journal of Chemical Education*, v. 98, n. 7, p. 2279-2289, 2021.
- SENTANIN, F. C.; LANZA, M. R. and KASSEBOEHMER, A. C. Chemistry Scientific Dissemination Video: Impact on the Perception of University Students. *Journal of Chemical Education*, v. 100, n. 2, p. 714-721, 2023.
- SHACHAR, H. and FISCHER, S. Cooperative learning and the achievement of motivation and perceptions of students in 11th grade chemistry classes. *Learning and Instruction*, v. 14, p. 69-87, 2004.
- SILBERMAN, R. G.; TRAUTMANN, C. and MERKEL, S. M. Chemistry at a science museum. *Journal of Chemical Education*, v. 81, p. 51-53, 2004.
- VAINO, K.; HOLBROOK, J. and RANNIKMÄE, M. Stimulating students' intrinsic motivation for learning chemistry through the use of context-based learning modules. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 13, p. 410-419, 2012.
- YIN, R. K. *Case study research: design and methods*. London: Sage Publications, 1994.

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.

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.

- **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.

ROSINI, F.; NASCENTES, C. C. E NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004.

- **Para páginas internet** referência completa (citação no texto entre parênteses):

<http://qnesc.s bq.org.br>, acessada em Março 2008.

Para outros exemplos, consulte-se número recente da revista.

Os autores devem, sempre que possível, sugerir outras leituras ou acessos a informações e reflexões a respeito dos temas abordados no texto, para serem incluídos em "Para Saber Mais".

As legendas das figuras devem ser colocadas em página à parte, ao final, separadas das figuras. A seguir devem ser colocadas as figuras, os gráficos, as tabelas e os quadros. No texto, apenas deve ser indicado o ponto de inserção de cada um(a).

Os autores devem procurar seguir, no possível, as normas recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.

Condições para Submissão dos Artigos

- 1) Os manuscritos submetidos não devem estar sendo analisados por outros periódicos.
- 2) Os autores são responsáveis pela veracidade das informações prestadas e responsáveis sobre o conteúdo dos artigos.
- 3) Os autores devem seguir as recomendações das Normas de Ética e Más Condutas constantes na página da revista <http://qnesc.s bq.org.br/pagina.php?idPagina=17>.
- 4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas 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.

Os artigos não devem incluir informações que excedam o limite de páginas na forma de materiais suplementares.

Submissão dos Artigos

Química Nova na Escola oferece aos autores a submissão on line, que pode ser acessada por meio do registro de Login e Senha. É possível registrar-se em nossa página na internet (<http://qnesc.s bq.org.br>) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBCE 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 (UFMS)

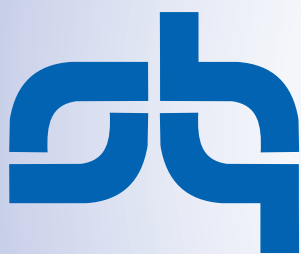
Divulgação de experimentos que contribuam para o tratamento de conceitos químicos no Ensino Médio e Fundamental e que utilizem materiais de fácil aquisição, permitindo sua realização em qualquer das diversas condições das escolas brasileiras. Deve-se explicitar contribuições do experimento para a aprendizagem de conceitos químicos e apresentar recomendações de segurança e de redução na produção de resíduos, sempre que for recomendável.

Limite de páginas: 10

● CADERNOS DE PESQUISA

Responsável: Ana Luiza de Quadros (UFMG)

Esta seção é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Os artigos empíricos deverão conter revisão consistente de literatura nacional e internacional, explicitação clara e contextualização das questões de pesquisa, detalhamento e discussão dos procedimentos metodológicos, apresentação de resultados e com conclusões que explicitem contribuições, implicações e limitações para área de pesquisa em Ensino de Química. Os artigos de revisão deverão introduzir novidades em um campo de conhecimento específico de pesquisa em Ensino de Química, em um período de tempo não inferior a dez anos, abrangendo os principais periódicos nacionais e internacionais e apresentando profundidade na análise crítica da literatura, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Os artigos teóricos deverão envolver referenciais ainda não amplamente difundidos na área e trazer conclusões e implicações para a pesquisa e a prática educativa no campo do Ensino de Química, apresentando profundidade teórica, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Para esta seção, o resumo do artigo deverá conter de 1000 a 2000 caracteres (espaços inclusos), explicitando com clareza o objetivo do trabalho e informações sobre os tópicos requeridos para o tipo de artigo. Poderão ser indicadas até seis palavras-chaves. Limite de páginas: 30 a 40.



*Publi***SBQ**
Sociedade Brasileira de Química