

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

CIÊNCIA QUÍMICA:

Descobertas, criação e transformação

Atena
Editora

Ano 2023

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

CIÊNCIA QUÍMICA:

Descobertas, criação e transformação

Atena
Editora

Ano 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^o Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^o Dr^a Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^a Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^a Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^a Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Prof^o Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^o Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof^o Dr^a Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof^o Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^a Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Ciência química: descobertas, criação e transformação

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
C569	Ciência química: descobertas, criação e transformação / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1212-0 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.120232403 1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título. CDD 540
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O e-book: “Ciência química: Descobertas, criação e transformação” é constituído por seis capítulos de livro que investigaram: i) ensino de química: processos de aprendizagem, contextualização e utilização de ferramentas digitais e a ressignificação das tradicionais práticas pedagógicas; ii) importância das análises clássicas e instrumentais no segmento de alimentos e produtos de higiene pessoal e; iii) fitorremediação de Crômio (VI) em águas contaminadas.

O primeiro capítulo se propôs a investigar o processo de ensino-aprendizagem no contexto de fenômenos oxirredutivos durante a Pandemia do COVID-19, sendo conduzido por intermédio de avaliação diagnóstica, debate/contextualização dos fenômenos oxirredutivos e aplicação de questionário final, por intermédio do ensino remoto. O capítulo 2 investigou o processo de ensino-aprendizagem em química utilizando o leite como tema gerador do conhecimento, na qual alunos de uma escola estadual, na cidade Manaus/AM, foram instigados a realizar atividade experimentais que abordaram tanto a composição química, quanto as propriedades físico-químicas em relação a qualidade de diferentes marcas de leite. Já o capítulo 3 apresenta o atual estado da arte em relação a utilização de videogames para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de educação ambiental em espaços (in)formais na solução de problemas com enfoque em questões socioambientais, em especial os presentes na Região Amazônica Brasileira.

O quarto capítulo se propôs a investigar a qualidade de dez amostras de méis provenientes de dez produtores localizados na região missioneira do Rio Grande do Sul, por meio da análise de parâmetros físico-químicos que foram comparados aos padrões estabelecidos pelas normas vigentes. O capítulo 5 apresentou o estudo de desenvolvimento de um Xampu sem a presença dos tradicionais surfactantes (Lauril sulfato de sódio e éter sulfato de sódio), resultando em quatro formulações com características organolépticas adequadas e baixo teor de sódio. Por fim, o sexto capítulo apresenta um estudo de fitorremediação com a espécie de planta *Arnica montana* para remoção do Crômio (VI) em matrizes aquosas, que apontaram a remoção de 100 mg/L do metal, nas seguintes condições: temperatura de 28°C; pH ácido (1,0); tempo de contato de 24 h, sob agitação de 100 rpm e utilização de 5 g da biomassa investigada.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

CAPÍTULO 1	1
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE QUÍMICA EM TEMPOS DE PANDEMIA	
João Paulo Simões Castro Alexsandro Sozar Martins Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte Kelly das Graças Fernades Dantas	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1202324031	
CAPÍTULO 2	6
A QUÍMICA DO LEITE NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM COM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E INVESTIGATIVAS	
Aurisvaldo Pereira Da Silva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1202324032	
CAPÍTULO 3	20
DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM VIDEOGAME EDUCATIVO COMO METODOLOGIA ATIVA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE RECENTES DILEMAS SOCIOAMBIENTAIS NO CONTEXTO AMAZÔNICO	
Jefferson Nogueira de Oliveira Alessandro Silva de Oliveira Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1202324033	
CAPÍTULO 4	37
CONSTRUINDO REDES REGIONAIS A PARTIR DO ALIMENTO SAUDÁVEL: ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS MÉIS COMERCIALIZADOS DA REGIÃO MISSIONEIRA – RS	
Gisela Taís Demari Gean Carla Demari	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1202324034	
CAPÍTULO 5	39
FORMULAÇÃO E ELABORAÇÃO DE um novo XAMPU COM BAIXO TEOR DE SÓDIO UTILIZANDO DODECIL SULFATO DE FERRO COMO SURFACTANTE	
Giancarlo Di Vaccari Botteselle Maria Gabrielle Silva Araujo Sueli Pércio Quináia Daniel de Paula Camila Freitas de Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1202324035	
CAPÍTULO 6	52
BIOADSORCIÓN DE CROMO (VI) DE AGUAS CONTAMINADAS POR LA BIOMASA DE <i>Arnica montana</i>	
Ismael Acosta Rodríguez	

Iveth Guadalupe Torres Vigil
Deysi Anel Juárez Torres
Luis Miguel Grimaldo Aguilar
José Francisco Navarro Castillo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1202324036>

SOBRE O ORGANIZADOR.....63

ÍNDICE REMISSIVO.....64

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE QUÍMICA EM TEMPOS DE PANDEMIA

Data de submissão: 08/02/2023

Data de aceite: 01/03/2023

João Paulo Simões Castro

Universidade Federal do Pará, Faculdade
de Química
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/3108876042974096>

Alexsandro Sozar Martins

Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/2507769399752656>

Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte

Universidade Federal do Pará, Faculdade
de Química
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/6575305310211391>

Kelly das Graças Fernandes Dantas

Universidade Federal do Pará, Faculdade
de Química
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/7227777727553334>

RESUMO: O presente trabalho relata a atividade realizada pelos bolsistas do PIBID na escola E.E.E.F.M. Prof. Manoel Leite Carneiro teve como objetivo o ensino de química aos estudantes baseado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que destaca a receptividade

do aluno como fator fundamental para o processo de aprendizagem e o papel do professor de explorar conceitos âncoras do educando para facilitar a assimilação do novo conhecimento. O plano de aula foi desenvolvido para o ensino de reações de oxirredução e dividido em três momentos: avaliação diagnóstica, debate/contextualização e explanação de fenômenos oxirredutivos, e questionário final. As aulas ocorreram de forma remota e a metodologia foi avaliada por meio de questionários aplicados antes e depois do ensino. Apenas cinco alunos participaram da aplicação completa do projeto e os resultados mostraram uma mudança na percepção dos estudantes quanto ao fenômeno químico abordado bem como ao conceito e natureza do que se refere uma transformação química.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem significativa; Ensino de química; Ensino Remoto.

ABSTRACT: The present study reports the activity carried out by PIBID scholarship holders at the E.E.E.F.M. Prof. Manoel Leite Carneiro school, which aimed to teach chemistry to students based on Ausubel's theory of significant learning. This theory

highlights the student's receptiveness as a fundamental factor in the learning process and the teacher's role in exploring the student's anchor concepts to facilitate the assimilation of new knowledge. The lesson plan was developed for the teaching of oxidation-reduction reactions and divided into three stages: diagnostic evaluation, debate/contextualization and explanation of oxidation-reductive phenomena, and a final questionnaire. The lessons took place remotely and the methodology was evaluated through questionnaires applied before and after the teaching. Only five students participated in the complete implementation of the project and the results showed a change in the students' perception of the chemical phenomenon addressed, as well as the concept and nature of what refers to a chemical transformation.

KEYWORDS: Significant learning; Chemistry teaching; remote learning.

1 | INTRODUÇÃO

A presente atividade realizada pelos bolsistas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) na escola E.E.E.F.M. Prof. Manoel Leite Carneiro, visou o ensino de química aos estudantes desta instituição baseado na aprendizagem significativa de Ausubel, que aborda em sua teoria a receptividade do aluno como fator fundamental para o processo de aprendizagem; cabendo ao professor a função de conhecer e explorar conceitos âncoras do educando (TAVARES, 2004) e buscar através desses conhecimentos prévios a facilitação do processo de assimilação do novo conhecimento por meio da correlação de saberes de modo a aproximar o conteúdo a ser ensinado e as experiências do aluno para atingir uma aprendizagem significativa tal como um ensino satisfatório (AUSUBEL, 2002). Sabe-se que a disciplina química, muitas vezes é tida por muitos alunos como um “bicho de sete cabeças” bem como se levou em consideração a dificuldade de compreensão de modelos científicos propostos ou mesmo de conceitos que muitas vezes são abstratos (MORTIMER, 2007. MELO, 2012); procurou-se desenvolver um plano de aula voltado para o ensino de reações de oxirredução, como uma aplicação desta proposta. O plano de aula foi dividido em três momentos: avaliação diagnóstica, debate/contextualização e explanação de seletos fenômenos oxirredutivos; e, por fim, um questionário final com forma de analisar o nível de aprendizado dos discentes.

2 | OBJETIVOS

Viabilizar uma metodologia alternativa aplicada no ensino remoto para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de química.

3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As aulas ocorreram de forma remota na escola E.E.E.F.M. Prof. Manoel Leite Carneiro. Dessa maneira, a atividade proposta foi dividida em três momentos e desenvolvida ao longo de quatro semanas. No primeiro momento de encontro com os alunos, na sala virtual, foi realizada uma avaliação diagnóstica aplicada aos estudantes da educação básica através

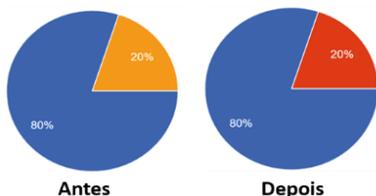
de um questionário virtual (*Google Forms*), seguido de um debate a respeito dos tópicos presentes nas interpelações (1 semana). Num segundo momento, duas situações foram apresentadas aos alunos: a formação da ferrugem (fenômeno 1) e a geração de energia por uma pilha comum (fenômeno 2). Estes fenômenos foram discutidos e analisados com eles por meio de perguntas guiadas (2 semana). Ao final provocou-se questionamentos ao se indagar o que os processos tinham em comum mesmo em suas singularidades tão distintas a priori. Auxiliados por vídeos, imagens, representações próprias da linguagem química (simbologias, reações e representações) aprofundando-se alguns conceitos de oxirredução e como eles se relacionavam nos acontecimentos dos fenômenos apresentados (3 e 4 semanas). Aplicou-se um questionário final semelhante ao questionário diagnóstico a fim de se averiguar a metodologia proposta. (4 semana).

4 | RESULTADOS

Foram analisadas as respostas dos questionários diagnóstico e final. Apenas cinco alunos participaram de maneira completa dos momentos promovidos na aplicação do projeto. Poder-se viu nos gráficos contidos na Figura 1 que com a metodologia proposta, os estudantes reavaliaram a percepção quanto a natureza do fenômeno químico abordado (pergunta 1) e compreenderam que o fenômeno da alteração da composição de um composto não é evidenciado a partir de observação externa somente (aspecto visual), mas de sua estrutura interna, da mudança da composição pelos fenômenos que acontecem nas imagens dos materiais observados.

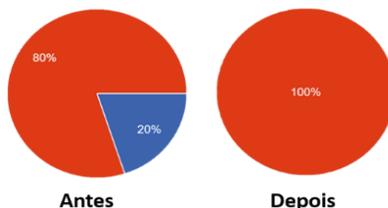
Fenômeno 1 – Formação da ferrugem

- O que você acha que faz algo enferrujar?



- O contato de um objeto metálico feito de Ferro em contato com o ar úmido.
- Molhar um objeto metálico fazendo-o apodrecer, assim, gerando a ferrugem.
- Nenhuma das opções acima, os objetos metálicos enferrujam sozinhos naturalmente.

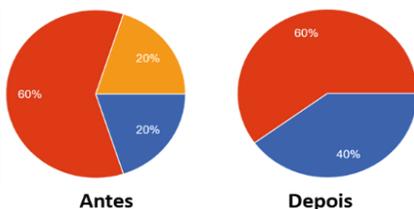
Pergunta 1 – Você sabe definir o que são Fenômenos/transformações químicas?



- São fenômenos/transformações que mantêm a composição da matéria após ocorrer.
- São fenômenos/transformações que alteram a composição da matéria após ocorrer.

Fenômeno 2 – Pilha alcalina

- O que faz a pilha gerar energia?



- Ela gera energia pois possui eletricidade por dentro da sua estrutura.
- O componentes da pilha fazem com que se gere corrente elétrica.
- Ela não gera, apenas transporta a energia.

Pergunta 2 – Em relação aso fenômenos de oxirredução, o que há de comum em qualquer reação desse tipo, além de ser um fenômeno químico?

100% da turma respondeu que não sabia o que era oxirredução no questionário diagnóstico.

- Geração de energia.
- Transferência de elétrons.
- Formação de novas substâncias.

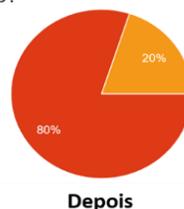


Figura 1 – Gráficos de análise das perguntas presentes no questionário diagnóstico (antes) e final (depois).

Fonte: Autores

A análise destes fenômenos oxirredutivos “formação de ferrugem” (fenômeno 1) e “funcionamento de uma pilha” (fenômeno 2), deu-se de forma mais significativa por serem bem comuns e ocorrerem de maneira assimilável, pois fazem parte do cotidiano dos alunos, propiciando esta maior significância/apropriação do conteúdo ministrado pelos bolsistas a cerca das funções exercidas pelos agentes oxidantes e agentes redutores em cada reação de oxirredução apresentada e como estas ocorrem (pergunta 2). Obteve-se um percentual de 80% em acerto dos questionamentos apresentados a eles por meio do formulário virtual da *Google Forms*. Quanto à recepção dos alunos em relação ao método de ensino, a maioria dos alunos, se mostrou satisfeita e se expressou positivamente por meio de relatos avaliativos contidos no questionário final com afirmações como: “devia ter usado esse método desde o início da pandemia”. Por outro lado, o ensino, realizado em sua totalidade por aulas remotas, manifestou alguns desafios provenientes dos

recursos tecnológicos adotados, em decorrência das dificuldades do acesso à internet e falhas recorrentes, destacados nestes relatos: “temos que usar os meios que temos para assistir a aula”, “as vezes não conseguimos entender porque trava”. Apontando, que nesta modalidade (Ensino Remoto Emergencial – ERE), o ensino depende da qualidade individual do sinal de internet dos participantes, este muitas vezes não promoveu a participação dos alunos e conseqüentemente seu aprendizado. Deve-se levar em conta as eventuais falhas dessa natureza na prática metodológica, para que o ensino aprendizagem não se torne desfavorável.

Foi observado a eficácia da metodologia aplicada ao analisar os resultados do questionário diagnóstico em relação ao aplicado após a metodologia. Por conseguinte, foi possível comprovar uma melhor assimilação dos conceitos discutidos, ainda que as circunstâncias desfavoráveis da modalidade Ensino Emergencial Remoto (ERE), como problemas de conexão, acesso e qualidade da internet por parte dos alunos possam ter afetado negativamente o resultado final.

5 | CONCLUSÃO

Com a metodologia proposta, a interação e interesse dos alunos juntamente a contextualização da temática abordada, desencadeou num processo de ensino aprendizagem satisfatório, uma vez que possibilitou melhor associação do novo conhecimento por parte dos alunos. Além disso, fomentou a análise dos fenômenos químicos apresentados a partir de correlações do tema com a vida cotidiana. No que se refere a viabilidade do modelo ERE, a dificuldade de acesso à internet de qualidade por parte dos alunos, bem como fatores individuais destes como local impróprio, estruturas inadequadas para um bom processo de aprendizagem, causaram dispersões durante as aulas. Desta forma, sobre o modelo remoto, podemos deferir que apresenta dificuldades estruturais e o torna viável apenas em situações emergenciais.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Adquisición y Retención del Conocimiento: una perspectiva cognitiva.** Barcelona: Paidós, 2002. p. 25-48.

MELO, M. R. & SANTOS, A. O. **Dificuldades dos licenciandos em química da UFS em entender e estabelecer modelos científicos para equilíbrio químico.** In. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química, Salvador, UFBA, 2012.

MORTIMER, E. F; MACHADO, A.H. **Química. São Paulo: Scipione, 2007.**

TAVARES, Romero. **Aprendizagem significativa. Revista conceitos**, v. 10, n. 55, p.55-60, 2004.

A QUÍMICA DO LEITE NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM COM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E INVESTIGATIVAS

Data de aceite: 01/03/2023

Aurisvaldo Pereira Da Silva
SEDUCAM

RESUMO: A pesquisa, “o leite como tema gerador no ensino-aprendizagem de química e atividades experimentais e investigativas”, foi desenvolvido com alunos do ensino médio, na Escola Estadual Professora Adelaide Tavares de Macedo, localizada na Avenida Desembargador João Machado, s/n, no Bairro Alvorada, Manaus-AM. Este trabalho é uma pesquisa aprofundada sobre um dos sérios problemas da atualidade na Educação que é a associação da teoria com a prática e investigação no processo de ensino-aprendizagem. Com o tema Leite é possível abordar muitos conteúdos básicos que são indicados pelas Diretrizes Curriculares de Química, o que torna a aplicação desse tema, totalmente viável em qualquer escola pública e privadas, devido ser um tema transversal que promove a interdisciplinaridade ao ser trabalhado na sala de aula. A pesquisa consiste na “Avaliação da qualidade das principais marcas de leite consumidas em Manaus”. O desenvolvimento da pesquisa seguiu os seguintes passos: problematização

e sensibilização; viabilização e implementação; consolidação e avaliação. Os estudantes realizaram um levantamento teórico sobre o tema, análises no laboratório e por fim, organizaram os dados coletados, elaborando suas próprias conclusões. Nas aulas experimentais e investigativas, foram realizados testes físico-químicos e microbiológicos com o leite, tanto para exemplificar conteúdos como matéria e sua constituição e propriedades físicas e químicas, como para questionar o comportamento humano na sociedade moderna, além de investigar sua composição e possíveis desvios causados ou pelo mau processamento, intencionalmente, para aumento do volume e maior lucro, ou por correções de alterações na composição do leite, que também podem ser detectadas durante a investigação.

PALAVRAS - CHAVE: Leite, Ensino de Química, Atividades experimentais e Investigativas.

INTRODUÇÃO

O presente artigo propõe uma construção de saberes em um ambiente de aprendizagem, em especial, na escola, em sala de aula, e ainda, ultrapassando muros,

porque as relações que são estabelecidas entre docentes, discentes e objetos de estudo, vão construindo o contexto, que os aproxima da realidade, colaborando para um sentido mais consistente. O leite como tema gerador no ensino-aprendizagem de química com atividades experimentais e investigativas auxilia os docentes a enfrentar, cotidianamente, o desafio de trabalhar por área de conhecimento a partir de vivências interdisciplinares que integrem, reconhecendo as diferenças entre os distintos campos de saber e de seus respectivos profissionais e assim ajude a: promover a mediação necessária entre a teoria e a prática; apoiar a valorização da profissão docente, a valorização da educação; contribuir para a melhoria das práticas pedagógicas em sala de aula, fornecendo elementos para a prática docente; propor metodologias que possam auxiliar professores e alunos, favorecendo o ensino e a aprendizagem; fomentar um intercâmbio de ideias que contribua para a promoção do miniprojeto de vida, a problematização do isolamento disciplinar, a problematização da interdisciplinaridade, o mapeamento de novos processos de avaliação e o engajamento entre os membros da equipe gestora e entre ela e a comunidade.

Considerando este contexto, ao professor caberá tornar-se um profissional com visão integrada da realidade, que reflita sobre os conhecimentos, que perpassam a sua formação, no intuito de compreender que não são suficientes, para abarcar todo o processo de ensino, e daí, diante dessa percepção, apropriar-se das relações conceituais que há entre a sua área de formação e as das outras. Ao estudante caberá a tarefa de atuar como “agente da aprendizagem”, orientado pelo professor, pois, precisará aprofundar os conhecimentos, elaborar os próprios conteúdos, que serão importantes construções, para a formação pessoal e profissional, colaborando para uma visão mais ampla do que o cerca.

No mundo atual, esse estudante deixa de ser “receptor” e passa a atuar como “protagonista juvenil”, em papel principal nas ações, que condizem com os problemas, que se encontram na escola, nos grupos, nas comunidades, nos bairros, na sociedade. É instigado a construir e a assumir responsabilidades.

Após iniciar o projeto de pesquisa, foram coletadas diferentes marcas de leite no comércio do município de Manaus- AM e ao acompanhar os estudantes integrantes das turmas surgiu a seguinte problemática: Fazer análises de testes físico-químicos e microbiológicos com o leite, tanto para exemplificar conteúdos como matéria e sua constituição e propriedades físicas e químicas, como para questionar o comportamento humano na sociedade moderna, além de investigar sua composição e possíveis desvios causados ou pelo mau processamento, intencionalmente, para aumento do volume e maior lucro, ou por correções de alterações na composição do leite, que também podem ser detectadas durante a investigação.

Nessa perspectiva, o estudo teve como **objetivo geral** buscar e investigar as potencialidades da utilização de atividades experimentais investigativas na Educação Básica, e de que maneira estas atividades podem contribuir e serem abordadas nas aulas de Química. Assim, pretende-se responder a seguinte questão de pesquisa: De que

maneira as atividades experimentais investigativas contribuem no processo de ensino e aprendizagem para os alunos da Educação Básica? Por que usar experimentação no ensino de Química? Os alunos gostam de ver cores, fumaças, movimentos, choques e explosões. Os professores gostam de “ensinar na prática”, como eles mesmos dizem. Todos gostam de experiências fantásticas! Entretanto, apreciar a experimentação é algo bem diferente de utilizá-la ou compreendê-la corretamente. É preciso admitir que, embora todos gostem de experiências, poucos refletem ou pesquisam sobre questões como “Qual o papel didático da experimentação?” ou “De que maneira ela contribui para a aprendizagem da Química?”. Consequentemente, as respostas à questão proposta no título desse texto, “Por que usar experimentação no ensino de Química?”, quase sempre apresenta respostas simplistas ou parciais tais como “Devemos usar a experimentação porque a Química é uma ciência experimental”, “Devemos fazer experimentos para cativar os alunos” ou “As experiências ajudam a mostrar a teoria na prática”.

Estas são algumas das respostas mais comuns diante da questão apresentada no título do texto e, mesmo que a princípio concordemos com suas proposições, elas não são satisfatórias porque são simplistas e incompletas.

E para entender esse processo, o estudo se beneficiou dos seguintes **objetivos específicos**: Administrar atividades experimentais e investigativas (AEI), para a realização de testes físico-químicos e microbiológicos com o leite, tanto para exemplificar conteúdo da grade curricular de química, física, biologia como para questionar o comportamento humano na sociedade moderna, além de investigar sua composição e possíveis desvios causados ou pelo mau processamento, intencionalmente, para aumento do volume e maior lucro, ou por correções de alterações na composição do leite, que também podem ser detectadas durante a investigação verificando como está a qualidade do leite que consumimos.

Com o silenciamento da mídia quanto ao assunto, será que produtores e cooperativas têm se preocupado com as condições de processamento do leite, no que diz respeito a aspectos de higiene e conservação, ou será que substâncias adulterantes continuam sendo utilizadas para mascarar as falhas ocorridas durante o processo? De fato, a utilização de experimentos se configura como uma das mais importantes estratégias para o ensino das ciências, que pode ser utilizada pelos professores não só para despertar o interesse dos alunos, mas também para ajudá-los na construção do conhecimento. A ausência de laboratórios nas escolas não deve ser um impedimento para realização de atividades experimentais, visto que vários experimentos podem ser realizados com materiais simples e que são encontrados no cotidiano, denominados materiais de baixo custo (Silva, Machado e Tunes, 2010; Rosito, 2008). O uso da experimentação no Ensino Médio, sobretudo na disciplina Química, muitas vezes superficial ou existente de forma equivocada, simplificados ou abordados de forma inadequada pelos professores (Silva, Machado e Tunes, 2010).

Essa ausência ou utilização inadequada pode ter duas origens: falta de estrutura

física, quando as escolas não oferecem as condições necessárias para realização de experimentos, como laboratórios e problemas na formação dos professores. Sobre esse segundo fator, Rosito (2008) aponta que, em um curso de graduação, é impossível que todas as necessidades formativas sejam preenchidas, sendo importante que os professores estejam em constante processo de formação, participando de oficinas, minicursos, eventos formativos e grupos de pesquisa e estudo, entre outros. Partindo dessa premissa, os professores de ciências podem, efetivamente, buscar a superação das deficiências em sua formação, que representa uma séria limitação para utilização de experimentos em suas aulas, tanto com relação a formação pedagógica e domínio dos conteúdos específicos. Segundo Azevedo (2012), uma forma de conduzir, de maneira inovadora e satisfatória, o aluno na sua trajetória de aprendizagem é a utilização de atividades investigativas. Ao colocar os estudantes como sujeitos ativos de um processo investigativo, ele deixa de assumir uma postura passiva, assumindo compromisso de agir sobre seu objeto de estudo.

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Não é raro ouvir dos alunos que química é uma disciplina chata, tediosa e difícil de aprender (Cardoso e Colinvaux, 2000; Pessoa e Alves, 2011). A química é uma ciência deveras abstrata e os alunos têm que imaginar entidades e processos que existem em níveis microscópicos, ou seja, devem ir além daquilo que é apresentado para eles pelos seus sentidos, sendo necessário imaginar, modelar, ir além do entendimento real. Pozo e Gómez Crespo (2009) ressaltam que a utilização da experimentação em uma perspectiva de ensino por investigação é uma proposta que vem ganhando bastante força, pois provoca nos alunos uma mudança de procedimentos e atitudes diante de determinados problemas, além da construção de conhecimentos conceituais. No entanto, para isso o professor precisa primeiramente alcançar as mesmas mudanças que precisa, posteriormente, provocar nos alunos. Gil-Pérez (1993) afirma que aprender ciência por meio do Ensino por Investigação, provoca no aluno não só mudanças conceituais, mas também metodológicas e atitudinais. Porém a simples transformação das atividades clássicas não é suficiente. Não se pode arquitetar a aprendizagem como um resultado acumulado de uma série de atividades desconexas (introdução de conceitos, laboratórios, resolução de problemas de lápis e papel). Na realidade a construção do conhecimento demanda programas de pesquisa reais capazes de orientar o trabalho dos alunos.

Entenda-se “bom experimento” como sendo aquele que resulta em aprendizagens importantes para a formação dos estudantes. Quase sempre o potencial pedagógico e a capacidade de despertar interesse e fascinação de uma atividade experimental não residem em sua beleza estética, mas na habilidade do mediador (professor, monitor) em problematizar os fenômenos, questionar os estudantes, explorar os dados, fazer relações e contextualizar os conteúdos aprendidos.

Por outro lado, como afirma Galiazzi e Gonçalves (2004, p. 326), “alunos e professores têm teorias epistemológicas arraigadas que necessitam ser problematizadas, pois, de maneira geral, são simplistas, cunhadas em uma visão de Ciência neutra, objetiva, progressista, empirista”.

Esses autores também criticam a ideia de experimentação para comprovação de teoria e para motivação dos alunos, como temos discutido até aqui. Os problemas ligados à experimentação no ensino de Química são muitos e se referem não apenas às concepções dos professores e alunos, mas também a maneira como ela é realizada nas aulas:

As atividades experimentais, tanto no ensino médio como em muitas universidades, ainda são muitas vezes tratadas de forma acrítica e a problemática. Pouca oportunidade é dada aos alunos no processo de coleta de dados, análise e elaboração de hipóteses. O professor é o detentor do conhecimento e a ciência é tratada de forma empírica e algorítmica. O aluno é o agente passivo da aula e a ele cabe seguir um protocolo proposto pelo professor para a atividade experimental, elaborar um relatório e tentar ao máximo se aproximar dos resultados já esperados (SUART; MARCONDES, 2009, p.51).

Uma aula experimental deve engajar os estudantes não apenas em um trabalho prático, manual, mas principalmente intelectual. Não basta que o aluno manipule vidrarias e reagentes, ele deve, antes de tudo, manipular ideias (problemas, dados, teorias, hipóteses, argumentos). Em outras palavras, o que se espera é que a expressão “participação ativa dos estudantes”, tantas vezes usada para justificar o uso de atividades experimentais nas aulas de Química e em outras atividades didáticas, passe a adquirir o significado de “participação intelectualmente ativa dos estudantes”¹.

A experimentação nas aulas de Química tem função pedagógica, ou seja, ela presta-se a aprendizagem da Química de maneira ampla, envolvendo a formação de conceitos, a aquisição de habilidades de pensamento, a compreensão do trabalho científico, aplicação dos saberes práticos e teóricos na compreensão, controle e previsão dos fenômenos físicos e o desenvolvimento da capacidade de argumentação científica. É preciso que as atividades experimentais desenvolvidas nas aulas de Química possam propiciar aos alunos o desenvolvimento da capacidade de refletir sobre os fenômenos físicos, articulando seus conhecimentos já adquiridos e formando novos conhecimentos.

Neste processo de construção dos conhecimentos, as atividades experimentais poderiam ser organizadas de maneira a colocar os estudantes diante de situações problemáticas, nas quais eles poderão usar dados empíricos, raciocínio lógico, conhecimentos teóricos e criatividade para propor suas próprias hipóteses, argumentações e explicações. Quanto maior a abertura que se dê aos estudantes nas aulas experimentais para que eles exponham seus raciocínios, confrontem suas teorias e debatam seus argumentos, tanto maior será o desenvolvimento não apenas da aprendizagem de conceitos

1 Lúdico; lú.di.co; adj (lat ludu+ico2) Que se refere a jogos e brinquedos ou aos jogos públicos dos antigos. (Dicionário online Michaelis)

da ciência, mas também de um pensamento científico.

Assim, em uma atividade de natureza investigativa, ...a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica (AZEVEDO, 2004, p. 21).

O Novo Ensino Médio propõe, numa perspectiva interdisciplinar e por área de conhecimento, um modelo diversificado e flexível, composto pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e pelos itinerários formativos, possibilitando diferentes arranjos curriculares para que os estudantes aperfeiçoem os conhecimentos.

A estruturação do Ensino Médio por áreas de conhecimento contempla todos os componentes curriculares e apresenta uma proposta de integração, na qual os campos de saber Biologia, Física e Química fazem parte de uma única área, a de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), já que os conhecimentos não são independentes uns dos outros, mas sim, articulados. As alterações curriculares e pedagógicas nessa etapa da Educação Básica exigirão dos professores uma capacidade de adaptação igualmente profunda. O Ensino Médio requer o desenvolvimento de novas relações de ensino e aprendizagem, o protagonismo na organização das atividades educacionais e o trabalho interdisciplinar e colaborativo entre os pares.

Nesse sentido, as atividades investigativas para professores(as) e estudantes na área de CNT e seus campos de saber (Biologia, Física e Química) visam subsidiar os(as) professores(as) e discentes perante os desafios intrínsecos ao Ensino Médio. As vivências, práticas e/ou atividades (individuais e/ou coletivas) propostas neste trabalho destinadas aos(as) professores(as) contemplam quatro dimensões distintas: Conhecimento de si, do outro e do nós trata do projeto interdisciplinar para os(as) professores(as) na perspectiva de identificar os próprios interesses no âmbito da escola e fora dela, refletir e dialogar sobre as relações com o bem comum e com o outro, em especial com os estudantes e membros da comunidade escolar.

Também se refere ao autoconhecimento a fim de lidar com as próprias emoções e forças, assim como a importância do coletivo na busca de delinear caminhos para superar as dificuldades e realizar os sonhos. A segunda dimensão, o saber disciplinar em xeque, traz a problematização do isolamento disciplinar, evidencia o necessário conhecimento do respectivo componente curricular ou campo de saber, sua estrutura e hierarquia, bem como as diferentes estratégias de ensino.

A terceira dimensão, área de conhecimento em foco, apresenta reflexões sobre a interdisciplinaridade, destaca a necessária relação entre os campos de saber com as demais áreas, as diferentes formas de representar, formular e expor esses objetos com estratégias de ensino e aprendizagem que os torne compreensível para os estudantes nesse novo contexto integrado por área. Na quarta dimensão, repensando a avaliação,

há mapeamento de novos processos de avaliação com critérios coerentes, conforme os objetivos de aprendizagem e estratégias avaliativas diversificadas, na perspectiva de replanejar ações de ensino, a partir dos avanços e dificuldades dos estudantes e, assim, evoluir em suas aprendizagens.

Este trabalho relata o desenvolvimento de uma pesquisa de natureza investigativa, realizado com estudantes do Ensino Médio da escola estadual professora Adelaide Tavares de Macêdo da cidade de Manaus- AM, intitulado “Avaliação da qualidade das principais marcas de leite consumidas em Manaus”. Buscamos, com o desenvolvimento da pesquisa, trazer os conhecimentos químicos para um plano de discussão mais próximo ao cotidiano do aluno, convidando-o a buscar respostas às questões levantadas.

Procuramos, também, desenvolver habilidades relativas à capacidade de argumentação, levantamento de hipóteses, análise de dados e formulação de explicações. Esperamos que o trabalho contribua de forma positiva para a prática de outros professores que buscam alternativas para reverter a ênfase na transmissão mecânica de conteúdo. O leite, foco de estudo, inserido neste contexto devido aos seus principais constituintes e propriedades físico-químicas, despertou o interesse como ferramenta interdisciplinar no desenvolvimento do ensino-aprendizagem.

A questão norteadora assumida foi a de verificar se os alunos podem melhorar seu aprendizado de química através de atividades que são desenvolvidas na própria comunidade escolar. O objetivo é trabalhar os conceitos químicos presentes na produção do Leite e seus Derivados conciliando o ensino de química com os saberes dos alunos do ensino médio e, com isso, aproximar o conhecimento científico ao contexto regional dos estudantes através de conteúdos significativos.

O conhecimento químico deve propiciar ao educando uma compreensão dos conceitos científicos para entender mudanças ocorridas com produtos do seu dia a dia, como o Leite e seus derivados, com vistas a situações do seu cotidiano. Ao levar a matéria-prima a um centro processador, os alunos podem verificar que o leite é submetido a testes de avaliação para controlar a sua qualidade, antes, durante e depois do processamento, garantindo produtos com menor risco para a população.

Nesse contexto, o estudante passa obter interesse no auto aperfeiçoamento contínuo, curiosidade, iniciativa e capacidade para estudos extracurriculares (individuais ou em grupo), com espírito investigativo e criatividade na busca de soluções para questões individuais e coletivas relacionadas ao ensino de Química e permite acompanhar as rápidas mudanças tecnológicas oferecidas pelas metodologias interdisciplinares, como forma de assegurar a qualidade do ensino de Química, bem como obter formação humanística, a partir da articulação entre ensino, pesquisa e extensão, que possibilite o exercício pleno de sua cidadania e respeitar o direito à vida e ao bem-estar dos indivíduos e desenvolve habilidades que o capacitem para a preparação e o desenvolvimento de recursos didáticos e instrucionais relativos à sua prática, bem como para a avaliação da qualidade do material

disponível no mercado.

Segundo Azevedo (2012), uma forma de conduzir, de maneira inovadora e satisfatória para o aluno na sua trajetória de aprendizagem é a utilização de atividades investigativas. Ao colocar os estudantes como sujeitos ativos de um processo investigativo, ele deixa de assumir uma postura passiva, assumindo compromisso de agir sobre seu objeto de estudo. Assim, justifica-se a opção em considerar, para o trabalho com experimentação na escola, o ensino por Investigação.

Silva (1997) afirma que o tema leite, devido aos seus principais constituintes e propriedades físico-químicas, desperta os professores para a possibilidade de utilização deste como ferramenta interdisciplinar no desenvolvimento do ensino-aprendizagem, por conta do seu caráter cotidiano e problematizável.

Em Vicenza (2005), contemplando os conteúdos básicos comuns, encontram-se importantes tópicos/habilidades a serem explorados como:

- Descrever propriedades específicas e a diversidade dos materiais;
- Identificar a propriedade física densidade;
- Discorrer sobre a constituição das misturas;
- Reconhecer ocorrência de transformações químicas.

METODOLOGIA

No primeiro encontro, foram levantados alguns pontos relativos à composição do leite e sua importância para a alimentação. Como questão provocadora e motivadora foi apresentada aos estudantes reportagens que relatavam casos de adulteração do leite no estado do Amazonas. Adulterações do leite como a aguagem (seguida da adição de reconstituintes) geram prejuízos relacionados à redução do rendimento, da densidade nutricional e da percepção de atributos sensoriais (como sabor, odor e aroma característicos) de derivados lácteos. Além disso, qualquer fraude expõe a saúde do consumidor a riscos devido à presença de substâncias extrínsecas ao leite. Dessa maneira, iniciou-se uma discussão acerca das implicações das fraudes para a qualidade do leite consumido.

A fim de conhecer melhor o objeto de estudo, foram sugeridas algumas leituras, deixando-se ainda aberta a possibilidade de se buscarem outras fontes. No encontro seguinte, os alunos trouxeram materiais que tratavam das características físico-químicas, aspectos de composição, processos de industrialização e adulteração do leite, substâncias utilizadas para mascarar fraudes, bem como alguns testes realizados pelos institutos responsáveis pela análise da qualidade do leite.

A realização das leituras permitiu aos alunos identificar aspectos que eles ainda não conheciam, ampliando sua visão quanto ao tema. Dessa maneira, os estudantes levantaram novas questões a serem investigadas e parâmetros para análise.

A partir desse momento, fixamos os objetivos finais da pesquisa e os testes necessários para alcançá-los. Foram levantadas as seguintes questões: como está a qualidade do leite que consumimos? Com o silenciamento da mídia quanto ao assunto, será que produtores e cooperativas têm se preocupado com as condições de processamento do leite, no que diz respeito a aspectos de higiene e conservação, ou será que substâncias adulterantes continuam sendo utilizadas para mascarar as falhas ocorridas durante o processo? Os objetivos foram, portanto, determinar a qualidade das principais marcas de leite consumidas em Manaus – AM e comparar o leite industrializado com o natural.

Para tanto, foram apontados os seguintes testes: determinação do pH e densidade do leite; determinação do teor de proteínas; verificação da presença de substâncias adulterantes: amido, ácido bórico e peróxido de hidrogênio; determinação da acidez do leite. Houve a definição ainda das amostras que seriam analisadas: uma marca de leite tipo UHT, uma marca de leite “Tipo C” e leite “*in natura*”.

Definidos os testes que seriam realizados, partiu-se para o laboratório da escola para a realização das atividades experimentais. Os experimentos seguiram o proposto por Lisbôa e Bossolani (1997), Ferreira *et al* (1997) e Mariano *et al* (2009). Segue abaixo os experimentos realizados e alguns aspectos do conteúdo químico abordado. Alguns conteúdos não eram novos para os estudantes, mas acreditamos que as atividades investigativas se tornaram relevantes na medida em que possibilitaram retomar os conteúdos já trabalhados anteriormente, além de serem necessários para se alcançar os objetivos finais propostos.

TESTES FÍSICO-QUÍMICOS REALIZADOS

- Determinação do pH e densidade: para determinação do pH utilizou-se papel indicador universal. A densidade foi calculada medindo-se um determinado volume e, depois, pesando-o. A partir da relação entre massa e volume, calculou-se a densidade. Nesse ponto, acreditamos ser possível discutir o conceito de pH, sua relação com a concentração de H^+ , bem como o conceito de densidade.
- Determinação do teor de proteínas: nesta experiência foram separadas a caseína e a albumina, as principais proteínas do leite. Para separação da caseína, foi adicionado a 100 ml de leite aquecido (50 °C a 60 °C), vinagre gota a gota, sob agitação, até a coagulação. Após a adição do vinagre ao leite, a mistura foi filtrada. Para a separação da albumina, o filtrado obtido na etapa anterior foi aquecido por alguns minutos, e em seguida, submetido ao processo de filtração. Os sólidos obtidos foram deixados em repouso até secarem e, em seguida, pesados. Com esse experimento foi possível trabalhar conceitos de substâncias puras e misturas, processos de separação de misturas, e alguns pontos ligados à biologia como a desnaturação de proteínas.
- Verificação da presença de substâncias adulterantes (amido, ácido bórico e

peróxido de hidrogênio): para o teste do amido, adicionou-se a 10 ml de leite cinco gotas de solução de iodo. O surgimento de uma coloração azul escura aponta a presença de amido. No teste para ácido bórico, acrescentou-se cerca de três gotas de solução de fenolftaleína a 5 ml de leite. Em seguida, adicionou-se, gota a gota, solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L até o aparecimento de uma leve cor rósea. Acrescentou-se, então, 1 ml de glicerina. O desaparecimento da cor rósea pode ser indício da presença de ácido bórico. Para verificação da presença de peróxido de hidrogênio, adicionou-se 3 gotas de iodeto de potássio a 40% em amostras de 5 ml de leite. O aparecimento da cor amarela indica a presença de peróxido de hidrogênio. Além da discussão em torno de cada reação específica, nesse momento, retomamos o conteúdo de funções inorgânicas, o uso de indicadores e sua mudança de cor em função do pH.

- Determinação da acidez do leite: para determinação da acidez, realizou-se a titulação do ácido láctico, com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L, utilizando-se solução de fenolftaleína como indicador. Esse procedimento possibilitou a discussão dos cálculos de concentração e estequiométricos envolvidos no preparo da solução e na titulação. Foi possível fazer inferências quanto a diferença de valor encontrado para a concentração de H^+ , por meio desse método em comparação com o pH medido, e sobre os motivos que levariam ao desenvolvimento de uma acidez elevada.

As atividades de pesquisa, bem como os demais encontros com os estudantes, foram realizadas em horário extraclasse, no laboratório da própria escola. Os encontros iniciais tiveram duração média de 2 horas, enquanto para a realização dos testes foi necessário um período maior, de aproximadamente, 4 horas. Apesar de ser um período extenso e, por isso, cansativo, foi a melhor alternativa encontrada, visto que os estudantes já possuíam um grande número de atividades extraclasse, totalizando oito encontros. Ao final de cada encontro os alunos anotavam os tópicos abordados na reunião, bem como os resultados obtidos no diário de bordo. O diário de bordo se constituiu em um sistema para registro e organização dos dados, apontando os caminhos percorridos no desenvolvimento das atividades do projeto (CATTAL & PENTEADO, 2009).

Como resultados dos testes realizados, os estudantes obtiveram valores para pH e densidade dentro dos padrões estabelecidos. O teste para teor de proteínas forneceu um resultado acima do valor relatado na literatura. Fez-se necessária, portanto, uma discussão acerca da fonte de erros e da validade do próprio método utilizado. Quando comparamos o leite natural com o industrializado, percebemos maior teor de proteínas no primeiro. Não foi detectada a presença de substâncias adulterantes - amido, ácido bórico e peróxido de hidrogênio - nas amostras analisadas. Por meio da titulação realizada, foi possível perceber uma elevação na acidez das duas amostras de leite industrializado testadas.

O desenvolvimento da acidez pode ser resultado de elevada atividade microbiana, o que decorre da má conservação do produto, tanto durante o processo de armazenamento e industrialização, quanto durante o transporte. Outro fator relacionado ao desenvolvimento de

micro-organismos diz respeito às condições de higienização dos latões e tanques utilizados para armazenamento. O método utilizado para determinação do teor de proteínas não se mostra satisfatório, pois, na verdade, determina-se os componentes nitrogenados totais, que incluem a caseína, as proteínas do soro (principalmente, β -lactoglobulina e α -lactalbumina) e a porção denominada nitrogênio não-proteico. Para resultados mais exatos são indicados os métodos colorimétricos: biureto, Folin, Nessler e indofenol, e os métodos instrumentais: espectrofotometria infra-vermelho, cromatografia de troca iônica, eletroforese, entre outros. Entretanto, a maioria destes procedimentos apresenta o inconveniente do alto custo para execução e implementação, exigindo reagentes e aparelhos que estão além da realidade escolar (DÜRR *et al*, 2001).

À medida que os testes foram sendo realizados, foram trabalhados os conteúdos químicos necessários para sua compreensão. Ao final, com os resultados de todos os testes para os diferentes tipos de leite analisados, partiu-se para a análise e discussão dos dados. Nessa etapa, os estudantes puderam relacionar as variáveis encontradas, compará-las com os valores de referência, fazer inferências quanto as diferenças, por exemplo, no teor de proteína encontrado e aquele relatado na literatura, indicando possíveis causas de erros. A discussão abordou, também, questões éticas. A possibilidade de adicionar uma substância ao leite que mascare problemas referentes à sua má qualidade, faz diminuir o interesse, por parte dos produtores, pela limpeza, higiene e refrigeração durante o processo de industrialização do leite. Outro aspecto interessante levantado diz respeito ao papel do químico na sociedade, já que seu conhecimento pode ser usado tanto para trazer benefícios para a sociedade, quanto para gerar fraudes e prejuízos.

Cattai & Penteadó (2009) destacam a necessidade de um produto resultante do trabalho: é importante que a pesquisa se torne público por meio de apresentações e publicações. Segundo esses autores, a apresentação é uma forma de incentivar os estudantes por meio da valorização de seus trabalhos, além de levar a uma seriedade e compromisso maior com as tarefas que estão sendo desenvolvidas. Batista *et al* (2008) propõem, como forma de avaliação, a construção de um relatório final abrangendo informações do processo como um todo. O trabalho contemplaria uma síntese do procedimento de busca, tratamento e análise das informações obtidas, a resolução das questões propostas nos objetivos do projeto, dentre outros. Como forma de avaliação, portanto, os alunos desenvolveram um relatório da pesquisa, o qual contemplou o levantamento teórico, a relevância do trabalho, os objetivos, os testes realizados e resultados obtidos, bem como a discussão dos dados e conclusões do trabalho. Outra forma de avaliação foi a apresentação oral, em exposição organizada pela escola, denominada Jornada Científica, aberta a todos os estudantes, professores, pais de alunos e com a presença de avaliadores. Cabe ressaltar algumas dificuldades encontradas pelos estudantes no decorrer do trabalho.

Para o desenvolvimento das atividades experimentais e investigativas, foi imprescindível a pesquisa e produção textual dos estudantes. Foi possível observar uma

resistência à leitura e dificuldade na elaboração do relatório, na construção do referencial teórico, bem como na discussão dos resultados encontrados.

Entretanto, acreditamos que este foi o primeiro contato dos estudantes com esta tipologia textual e, portanto, configurou-se em um momento de aprendizagem importante. A atividade constitui-se um desafio para os professores, que devem dirigir e orientar os estudantes em uma atividade de pesquisa, com a qual, os estudantes, provavelmente, ainda não tiveram nenhum tipo de contato.

Situação–problema- para aumentar o volume do leite e obter maior lucro, foi adicionado água ao leite e amido para aumentar a densidade, constituindo a dupla fraude.
Problema: Como se pode verificar se houve adição de água no leite, em como a adição de reconstituintes para aumentar a densidade.
Conhecimentos prévios: Questionar os alunos sobre o que acontece quando adiciona água no leite e amidos, conservantes. Quais as principais análises no leite cite cada uma delas e as caracterize? Como identificar se o leite é misturado com água? Quais são as principais fraudes encontradas no leite? Como fazer a determinação semi-quantitativa da acidez do leite, através do Teste Dornic?
Informações: Apresentar alguns dados sobre a produção de leite de qualidade no mercado, dar informações sobre os “diferentes” tipos de leite: bom sem água, com adição de água e reconstituintes. Sugerir busca de informações sobre propriedades físicas e químicas do leite. Mostrar uma amostra de leite comercial (que contém água), perguntar sobre a aparência (homogênea), se é possível reconhecer visualmente a presença de água no leite.
Hipóteses/Sugestões: Solicitar aos alunos que, baseados em seus conhecimentos apresentem sugestões de como fazer a determinação do teor de água em uma amostra de leite comercial. Se necessário, lembrá-los das possíveis diferenças entre as propriedades desses materiais. (Nossa suposição é a de que sugiram a crioscopia e os testes físico-químicos.
Pré-laboratório: Discussão das sugestões dos alunos e de uma proposta de método de análises.
Laboratório: Será fornecido um roteiro para a realização das práticas experimentais e investigativas da fraude no leite pela adição de água. Haverá uma tabela para anotação dos dados.
Questões propostas para análise dos dados: O que você observou quando adicionou água ao leite? É possível identificar a água e o leite? Como? O volume dos materiais (leite e água) se alteraram? Baseado em dados de densidade e coloração, a água dilui a gordura do leite? Comparando os volumes iniciais e finais, como você pode calcular a quantidade de água presente na amostra de leite? Qual é o teor de água nesta amostra? Isto traria uma incerteza no valor obtido?
Conclusão: Avaliação do erro causado pela adição de água ao leite. Argumentar se o leite comercial está de acordo com a atual legislação.
Aplicação: Busque informações sobre processos industriais que processa o leite para consumo.
Questão para discussão: Vale a pena adulterar o leite? Apresente seus argumentos.

Quadro 1: Planejamento de uma atividade experimental investigativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da pesquisa possibilitou trabalhar conteúdos químicos de forma prática, reduzindo a distância entre o conhecimento científico e o cotidiano do estudante. buscou-se trabalhar os conceitos químicos presentes na produção do Leite e seus derivados, aproximando o ensino de química, conhecimento científico, aos saberes dos alunos e

realidade da região em que vivem. Os alunos, problematizados e motivados, exploraram, desenvolveram, estudos sobre o valor nutricional do leite, exercitaram ideias abrangentes sobre a existência de substâncias, misturas, transformações, a composição das misturas, a importância da quantificação das substâncias para estabelecer critérios de qualidade, elaborando pensamentos coerentes com a forma química de perceber e de interagir com a realidade. Assim, puderam perceber que, de acordo com as características físico-químicas apresentadas pelo produto, provenientes de fatores diversos tais como boas condições de manejo e higiene durante a produção é que se confere sabor, odor, textura e qualidade desejáveis ao leite e a seus derivados que chegam à mesa do consumidor, provenientes do trabalho de suas famílias.

Ressaltamos que a metodologia adotada possibilita aos estudantes decidirem, opinarem e debaterem, contribuindo, assim, para a construção de sua autonomia e compromisso com o social. Quando trazemos as discussões para o plano social, levantando as questões éticas, morais e socioeconômicas, possibilitamos o desenvolvimento de valores, tais como a responsabilidade social e a prática da cidadania.

A riqueza das discussões, o exercício de relacionar diferentes variáveis, levantar hipóteses, fazer inferências e tirar conclusões, contribuem para o desenvolvimento de habilidades argumentativas e de comunicação. Acreditamos, ainda, que a divulgação dos resultados, tanto de forma escrita como oral, valoriza o esforço do estudante, contribuindo para aumento da autoestima e proporcionam um maior engajamento.

Acreditamos que as atividades e discussões realizadas contribuem para atender às expectativas de uma abordagem CTS - Científica, Tecnológica e Social, na medida em que possibilitamos a integração entre educação científica, tecnológica e social, abordando aspectos éticos e socioeconômicos.

Procuramos, nesse trabalho, relatar atividades de cunho investigativo, realizadas com estudantes de ensino médio, na forma de pesquisa com atividades experimentais e investigativas. Sabemos, entretanto, das dificuldades e desafios para a sua implementação, como por exemplo, o tempo necessário para a execução, a dificuldade em adaptá-lo ao planejamento pouco flexível normalmente estabelecido, bem como ajustá-lo a um número grande de alunos, entre outros. Contudo, acreditamos em sua viabilidade e esperamos que possa contribuir positivamente para a prática de outros professores.

REFERÊNCIAS

Silva, R.; Machado, P.; Tunes, E. Em O Ensino de Química em Foco, Maldaner, O.; Santos, W., orgs. EdUnijuí: Ijuí, 2010, cap. 10.

Silva, L. H. A.; Zanon, L. B. A. Em Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens, Schnetzler, R. P.; Aragão, R. M. R., orgs., UNIMEP: Piracicaba, 2000.

SILVA, D. P. Questões propostas no planejamento de atividades experimentais de natureza investigativa no ensino de química: reflexões de um grupo de professores. 2011, Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – área Ensino de Química) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-01062012-135651/pt-br.php>. Acesso em 19/03/2013.

SILVA, P. H. F. Leite: Aspecto de composição e propriedades. Química Nova na Escola. N.6, p.3-5, nov. 1997

Azevedo, M. C. P. S. Em Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática;

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. Thomson, 2004.

Cardoso, S. P.; Colinvaux, D., Química Nova, 2000, 23, 2.

Pozo, J. I; Gómez Crespo, M. A. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano para o conhecimento Científico, 5ª ed., Artmed: Porto Alegre, 2009.

Gil-Pérez, D., Enseñanza de las Ciencias, 1993, 11, 2.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação. Química Nova, 27 (2), 2004, p. 326-331

SUART, R. C., MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 8 (2), 2008. Disponível em: <http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/53/46>. Acesso em 19/03/2013.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. Ciência & Cognição, 14 (1), 2009. p. 50-74.

LISBOA J. C. F.; BOSSOLANI, M. Tipos de Leite, Substâncias Estranhas e Obtenção de Plástico. Experiências Lácteas. Química Nova na Escola, n. 6, p. 30- 32, novembro, 1997.

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM VIDEOGAME EDUCATIVO COMO METODOLOGIA ATIVA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE RECENTES DILEMAS SOCIOAMBIENTAIS NO CONTEXTO AMAZÔNICO

Data de aceite: 01/03/2023

Jefferson Nogueira de Oliveira

Discente do Programa de Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica
Especialista em Desenvolvimento de Jogos Digitais – Faculdade Unyleya
Docente do Instituto Federal do Paraná/
Campus União da Vitória
União da Vitória – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/1970596735050498>

Alessandro Silva de Oliveira

Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás
Docente do Instituto Federal de Goiás/
Campus Anápolis
Docente e orientador do Programa de Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT)
Anápolis – GO
<http://lattes.cnpq.br/4941846572922120>
<https://orcid.org/0000-0001-9261-6416>

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Pós-doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia
Pesquisador colaborador no Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Uberlândia
Químico e responsável técnico do Centro Universitário de Maringá (UNICESUMAR)/
Polo Patrocínio – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/12970002659897780>
<https://orcid.org/0000-0003-3587-486X>

RESUMO: As questões ambientais se encontram no centro das preocupações emergentes da atual sociedade. Neste sentido, a Educação Ambiental (EA) deveria estar presente em matrizes curriculares tanto da educação básica, quanto do ensino superior, mas esta não é a realidade no cenário educacional brasileiro e nem mesmo prioridade em políticas públicas básicas, entre as quais o saneamento básico. Na educação, as questões ambientais são tratadas de forma pontual em datas comemorativas (dia mundial da água e da árvore), que não leva o aluno a maior reflexão e conscientização dos efeitos das ações antrópicas sobre a qualidade do meio ambiente. Neste cenário, inúmeros pesquisadores vem desenvolvendo diferentes ferramentas digitais capaz de auxiliarem o processo de ensino tradicional, mas a recente literatura (2018-2023) não reportou nenhum trabalho direcionado aos problemas socioambientais dentro do contexto da Região Amazônica Brasileira. Diante disso, este trabalho tem por objetivo apresentar o atual estado da arte em relação ao uso de gamificação como ferramenta facilitadora no processo de ensino-aprendizagem na perspectiva da EA e uma proposta de desenvolvimento de um

videogame voltado para alguns dilemas socioambientais no contexto da Região Amazônica.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Ambiental, gamificação, questões ambientais e saneamento.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF AN EDUCATIONAL VIDEOGAME AS AN ACTIVE METHODOLOGY IN THE TEACHING-LEARNING PROCESS OF RECENT SOCIAL AND ENVIRONMENTAL DILEMMAS IN THE AMAZON CONTEXT

ABSTRACT: Environmental issues are at the center of emerging concerns in today's society. In this sense, Environmental Education (EE) should be present in curriculum matrices of both basic education and higher education, but this is not the reality in the Brazilian educational scenario and not even a priority in basic public policies, including basic sanitation. In education, environmental issues are treated punctually on commemorative dates (world water and tree day), which does not lead the student to greater reflection and awareness of the effects of anthropic actions on the quality of the environment. In this scenario, numerous researchers have been developing different digital tools capable of assisting the traditional teaching process, but the recent literature (2018-2023) has not reported any work aimed at socio-environmental problems within the context of the Brazilian Amazon Region. Therefore, this work aims to present the current state of the art in relation to the use of gamification as a facilitating tool in the teaching-learning process from an EE perspective and a proposal for the development of a video game aimed at some socio-environmental dilemmas in the context of the Region Amazon.

KEYWORDS: Environmental Education, gamification, environmental issues and sanitation.

1 | INTRODUÇÃO

As questões ambientais ocupam o centro das discussões tanto a nível nacional, quanto internacional e é motivo de grande preocupação, visto que ameaça a garantia de recursos (minerais, vegetais e animais) necessários a sobrevivência e garantia da existência humana pelas gerações vindouras. As ações antrópicas associadas ao crescimento populacional desorganizado fazem com que o meio ambiente entre em total desequilíbrio. Logo, faz-se necessário trabalhar e despertar uma maior consciência ambiental em todos os espaços, em especial, os formais que anseiam por uma adequação e necessidade de se estabelecer uma sincronia entre estudante, escola e sociedade por meio de propostas pedagógicas que associem recursos digitais aos métodos tradicionais de ensino (CARVALHO, 2020; JESUS; SILVA, 2022; SOARES; NASCIMENTO, 2020; TEIXEIRA, 2018).

Neste sentido, surge a Educação Ambiental (EA) como uma necessidade formativa, *a priori*, direcionada as áreas de ciências da natureza e geografia que, a princípio, era voltada para a relação homem - meio ambiente. Entretanto, o caráter inter e transdisciplinar da EA revelaram a fragilidade das práticas pedagógicas desenvolvidas de forma desarticulada e descontextualizada tanto com a sociedade, quanto com o meio no qual o aluno se encontra inserido. Como resultado, temos: *i*) escolas com infraestrutura do século XIX; *ii*) processos

de ensino-aprendizagem e práticas pedagógicas que retratam uma realidade abstrata e totalmente desarticulada do contexto social e; *iii*) currículos que valorizam a memorização e abstração do conhecimento científico, que não se expressa no desenvolvimento tecnológico que possibilita a melhoria e qualidade de vida da sociedade (CASTRO e SILVA; SILVA, 2020; ROSA; SILVA; FLACH, 2021; SANTOS; SOUZA, 2021).

Diante disso, surge a necessidade pela busca de metodologias de ensino que possam ressignificar a importância do processo de ensino-aprendizagem, contextualizando o conhecimento na prática diária do aluno e sintonizando-o as necessidades formativas da atual sociedade, sendo denominadas de metodologias ativas de aprendizagem (CAMPOS et al., 2022; CARVALHO et al., 2021; CUNHA; TOTTI, 2022; DEMOLY; SANTOS, 2018; OLIVEIRA; NEIMAN, 2020). Tais metodologias surgem desde a reforma das práticas pedagógicas até a inclusão de ferramentas capazes de auxiliar o processo de aprendizagem, entre os quais se encontram os recursos tecnológicos ou digitais, tais como os videogames (SANTOS; SOUZA; ARAÚJO, 2018; SERAFIM; VEIGA; LOPES, 2022; SILVA-MEDEIROS; JÚNIOR, 2020).

Em levantamento bibliográfico recente (2018-2023), foram reportados inúmeros trabalhos que avaliaram a inserção de videogames no contexto da EA (LEAL et al., 2021; MAGALHÃES et al., 2018; MATOS et al., 2022; SANTOS, 2023; SILVA; CANOVA, 2022), mas nenhum em particular que retrata-se questões socioambientais dentro da realidade socioambiental da região amazônica brasileira. O presente trabalho pretende apresentar o atual estado da arte em torno do tema e apresentar a proposta de desenvolvimento de videogame que retrate os dilemas socioambientais fundados em três indicadores: *i*) a degradação ambiental; *ii*) os avanços neoliberais e; *iii*) a periferização da vida.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Neste trabalho, o referencial teórico será apresentado e dividido em três tópicos, a saber: *i*) Região PAN-Amazônia; *ii*) Educação Ambiental (EA): conceituação, contextualização e os dilemas socioambientais no cenário brasileiro e; *iii*) Recursos digitais utilizados como ferramentas auxiliares em práticas pedagógicas em EA.

2.1 Região PAN-Amazônica

A região PAN-Amazônica compreende uma área total de 5,5 milhões de km² (Figura 1a), sendo que 60% desta área se encontram em território brasileiro. Os demais 40% se encontram em países que fazem fronteira com o Brasil, tais como: Colômbia, Equador, Bolívia, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela. No Brasil, a região amazônica está presente em nove unidades federativas, sendo: *i*) a totalidade do território dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima; *ii*) grande parte do estado de Rondônia (98,8%); *iii*) mais da metade (54,4%) do território de Mato Grosso; *iv*) parte do estado do Maranhão (34%) e; *v*) uma pequena parcela (9%) do território do estado do

Tocantins. A região amazônica compreende 38,75% de todo o território brasileiro (8,52 milhões de km²) (CORNETTA; RÊGO, 2021; MENDES et al., 2020; RAMOS; ABRAHÃO; RODRIGUES, 2020; ROSA; WEIHS, 2021), conforme apresentado na Figura 1b.

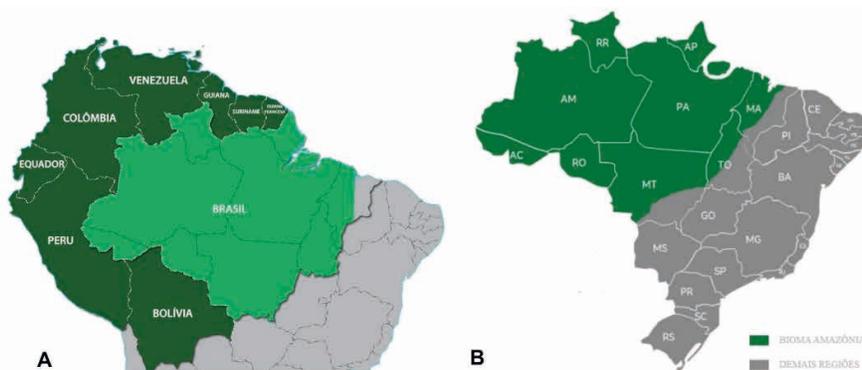


Figura 1: mapa territorial da região (a) Pan-Amazônica e (b) região Amazônica no território brasileiro
Fonte: Acervo dos autores (2023).

Em função da quantidade e diversidade de recursos hídricos existentes na região amazônica, o Brasil detém 12% da reserva mundial de água doce do mundo. No entanto, 90% destes recursos hídricos se encontram na região amazônica que concentra, aproximadamente, 5% da população brasileira, o que desencadeia sucessivos períodos de escassez hídrica em todas as demais regiões do território brasileiro afetando diretamente: i) o nível de reservatórios das dezenas de usinas hidrelétricas e; ii) a escassez de água nos reservatórios e/ou fontes de captação de águas para fins potáveis (GOMES et al., 2021; IUBEL, 2020; RAMOS; ABRAHÃO; RODRIGUES, 2020; VIEIRA; ALHO; FERREIRA, 1995).

A região amazônica se constitui no bioma com a maior biodiversidade de fauna e flora do mundo, o que desperta interesse de inúmeros países pela busca científica de identificar e caracterizar novas espécies de animais e plantas, sendo esta última para interesses farmacêuticos para uma ampla aplicação em processos terapêuticos que não possuem e/ou carece de formas de tratamento que leve tanto a cura, quanto o aumento da expectativa de vida da sociedade (CASTRO et al., 2016; JÚNIOR et al., 2018; PIMENTEL et al., 2019). Além disso, a presença de uma grande diversidade cultural em função de tribos indígenas, seringueiros, castanheiros, quebradores de coco de babaçu, ribeirinhos entre outras; se constitui em um patrimônio nacional e mundial (CORNETTA; RÊGO, 2021; DAMAS; BERTOLDO; COSTA, 2014; SÁ et al., 2016; SANTOS et al., 2003; TORREZANI et al., 2016).

Os recursos minerais se constituem em outra importante riqueza nacional em função dos enormes depósitos de: ferro (2º maior do Brasil e do mundo), manganês, cobre

alumínio, zinco, níquel, cromo, titânio, fosfato, prata, platina, paládio e o ouro. Tais minerais são de alto valor e se constituem como matéria-prima na fabricação de centenas de produtos que são utilizados de forma direta ou indireta em todo o mundo (LAUTHARTTE et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2019; PAMPLONA; LOPES; BITTENCOURT, 2021; ROSA; WEIHS, 2021; SIQUEIRA; APRILE, 2012). Diante disso, emerge a necessidade de se unir esforços em prol da preservação e conservação da região amazônica brasileira, por meio de legislações mais rígidas, programas de controle e fiscalização constante e uma forte Educação Ambiental em todos os níveis de ensino, conforme discutido a seguir.

2.2 Educação Ambiental (EA): Histórico, conceituação, contextualização e os dilemas socioambientais

A relação homem-meio ambiente nunca foi harmônica, visto que colocou a espécie humana como a única denominada racional, fazendo com que a mesma adquirisse a ideia de que poderia “domar e dominar” a natureza a sua, única e exclusiva necessidade, em detrimento de todas as outras espécies de seres vivos e da qualidade do meio ambiente. Como consequência, o meio ambiente passa a apresentar inúmeros desequilíbrios e vários recursos naturais considerados infinitos demonstram que são limitados e podem se exaurir (minérios, petróleo e outros) e/ou mudar sua condição e se tornar impróprio para uso ou consumo (solo, água, o ar atmosférico e etc). Nesta perspectiva, surge a preocupação em garantir recursos naturais não somente para a geração atual, mas, sobretudo garantir condições de sobrevivência para as vindouras (LEAL et al., 2021; ROSA; SILVA; FLACH, 2021; SANTOS; SOUZA, 2021; TUMULERO; BAHIA, 2018).

Diante deste cenário, emerge a necessidade de despertar e trabalhar uma nova concepção de relação homem-meio ambiente, quebrando o primeiro grande paradigma nesta relação: o homem faz parte da natureza e não se encontra acima e fora dela. Neste contexto, surge a necessidade de criar uma consciência coletiva que demonstre que toda ação humana desencadeia uma reação que retorna ao próprio homem. Surge então a necessidade de educar em espaços in (formais) desde as séries iniciais (creches, pré-escola), passando pela educação básica (anos iniciais até o ensino médio) chegando ao nível superior (graduação, mestrado e doutorado), sendo denominada de Educação Ambiental (CARVALHO, 2020; OLIVEIRA; NEIMAN, 2020; PINTO; CAMILO, 2020; SANTOS; SOUZA, 2021).

Existiria um único conceito capaz de definir o que é Educação Ambiental? Qual(is) seria(m) os aspectos norteadores, a fim de determinar a abrangência da construção de um pensamento individual e coletivo capaz de levar o indivíduo ao ponto de mudar suas ações e atitudes a partir do contexto no qual se encontra inserido? O que o despertar para uma consciência ambiental pode significar para a sociedade como um todo? A EA é vista de forma diferente em relação à classe social do indivíduo? Estas e outras perguntas norteiam a complexidade da ideia de EA, sendo importante realizar uma pequena retrospectiva

da necessidade da EA. No cenário nacional, a EA é conceituada a partir do Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global (BRASIL, 1992), que originou as bases para a criação da Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA (BRASIL, 1999) e se constitui em um processo permanente de aprendizagem, fundamentada em valores individuais e coletivos que proporciona uma transformação social e política, com vistas à conservação do meio ambiente, à qualidade de vida e à sustentabilidade socioambiental (VIEIRA; MORAIS; CAMPOS, 2021).

Entretanto, a EA é definida sob diferentes óticas e contextos, mas que tem origem sob a visão do pedagogo Paulo Freire, que apesar de não ter criado seu método de ensino-aprendizagem sob o viés da EA, foi determinante para o estabelecimento do pensamento crítico que deve estar presente sobre a consciência ambiental (COSTA; LOUREIRO, 2017; DEMOLY; SANTOS, 2018; DICKMANN; RUPPENTHAL, 2017).

Dickmann e Ruppenthal (2017) analisam e entendem que a Educação Ambiental crítica tem seus alicerces nas ideias Freiriana, visto que a proposta de uma prática educativa evidencia a ação reflexiva dos sujeitos, promovendo uma espécie de decodificação da realidade, que ocorre pela análise e discussão da mesma. Já Costa e Loureiro (2017) avaliam que a pedagogia Freiriana não se construiu sob os alicerces das questões ambientais, mas fez com que suas reflexões abrissem possibilidades para uma ideia mais ampla da relação homem-meio ambiente, ao ponto de Freire ser um nome consensual na abertura da I Jornada Internacional de Educação Ambiental, que ocorreu durante a realização da Eco RIO 92, haja vista que os pressupostos teóricos da pedagogia Freiriana são subsídios para a discussão da EA de forma crítica e ampla, logo a interdisciplinaridade é um compromisso ético com a vida e uma exigência ontológica, que de acordo com Neto, Feitosa e Cerqueira (2019) exige ainda a compreensão de aspectos problematizados e contextualizados.

Reigota (1990) apresenta uma concepção ambiental que se encontra em todos os lugares e se manifesta de todas as formas, entre as quais: música, artes visuais, literatura, contexto do cotidiano do sujeito, instituições de ensino, movimentos sindicais entre outros. Além disso, o autor sugere uma perspectiva mais dinâmica que possa promover a compreensão, desconstrução e reconstrução de maneira constante e que possa manter sua capacidade de libertar e transformar as instituições que se encontram com conceitos cristalizados e estáticos que a educação ambiental possa provocar mudanças efetivas nas relações entre as pessoas e estas com o meio ambiente (BARCHI, 2017; NETO; FEITOSA; CERQUEIRA, 2019).

Neste contexto, a escola surge como um lugar importante na formação de qualquer cidadão, visto que neste espaço ocorrerá a busca pelo conhecimento, o desenvolvimento de habilidades que promoverão a formação social e profissional de um sujeito. Neste espaço, a Educação Ambiental passa a ser uma construção de conhecimentos para o aluno, mostrando-lhe caminhos e atitudes que devem nortear sua tomada de decisão, que

influencia em suas ações e atitudes no contexto social de forma individual e/ou coletiva, levando-o a condição de sujeito ativo capaz de perceber que o meio ambiente exige uma mudança radical da forma de pensar e utilizar os recursos naturais, evitando a extinção e/ou a condição de não uso, inviabilizando a vida da atual e das futuras gerações e que poderá culminar na extinção de quase todas as espécies, inclusive a humana (CASTRO E SILVA; SILVA, 2020; LEAL et al., 2021; ROSA; SILVA; FLACH, 2021; OLIVEIRA; NEIMAN, 2020).

Um recente (2018-2023) estado da arte é apresenta no próximo tópico e reúne estudos de inúmeros pesquisadores, no cenário nacional, que procuraram avaliar a influência de recursos digitais e tecnológicos que facilitam tanto o processo de ensino-aprendizagem em EA, quanto em uma maior conscientização em torno de questões socioambientais.

2.3 Recursos digitais utilizados como ferramentas auxiliares no processo de ensino-aprendizagem em EA

Tema	Ferramentas digitais	Observações	Conclusões	Autor (es)/Ano
Política dos 4 R's: Reduzir, Reciclar, Reutilizar e Repensar.	Elaboração e aplicação dos jogos digitais intitulados: "Corrida da preservação" e "Planeta em ação".	Os jogos foram desenvolvidos e aplicados a alunos do 3º ano do curso técnico integrado em Controle Ambiental do Instituto Federal Sul Rio-Grandense (IFSul). Com o intuito de avaliar o desempenho, os alunos responderam um questionário relacionados à dinâmica e ao processo de ensino-aprendizagem.	Os jogos digitais permitiram a promoção da EA, proporcionando um aprendizado mais sólido, atraente, dinâmico e que facilita a assimilação do conhecimento a ser discutido.	[Santos, 2023]
Identificação e reconhecimento de invertebrados como bioindicadores da qualidade da água.	Avaliar e aplicar o "Bentos game" na percepção de invertebrados como bioindicadores da qualidade da água.	Cerca de 82% dos alunos concluíram o "Bentos game" de forma correta, relatando que o jogo promoveu um aprendizado mais atraente, motivador e que favoreceram o processo de aprendizagem do tema abordado.	Observou-se um maior percentual de acertos em alunos mais novos, indicando que a atividade foi mais efetiva em determinada faixa etária de idade.	[Bernardi et al., 2022]
Importância da qualidade do solo.	Desenvolvimento e aplicação do game "Biosolo" para alunos de 6 a 11 anos.	O protótipo foi avaliado por profissionais de quatro áreas correlacionadas em relação ao tema proposto.	O protótipo desenvolvido apresentou boa usabilidade e aplicação para o ensino da fauna do solo para crianças.	[Leal; Ramos; Ramos, 2022]
Desmatamento, queimadas, produção de lixo e uso consciente da água.	Utilização do <i>WordWall</i> como ferramenta digital.	O jogo didático possibilitou a criação de um ambiente de aprendizagem mais interativo, dinâmico e que estimula o discente a ser protagonista do seu próprio processo de aprendizagem.	A ferramenta digital possibilitou uma maior consciência ambiental e facilitou o processo de ensino-aprendizagem dos alunos.	[Menezes; Carvalho; Martins, 2022]

Letramento científico	Aplicativo <i>COMnPLAYer</i> e questionários online.	Após a aplicação antes e depois da utilização do aplicativo, verificou-se que o mesmo possibilitou melhorias significativas na interação dos docentes com dispositivos tecnológicos.	As ferramentas digitais possibilitaram aos docentes melhorar suas práticas pedagógicas	[Alves; Almeida; Oliveira, 2021]
Reflorestamento de áreas degradadas no cerrado.	Prática gamificada aplicada à coleta de sementes.	Os discentes apresentaram maior interesse e envolvimento com o tema abordado.	Os discentes apresentaram um maior entendimento do tema e elevação da consciência ambiental.	[Binde et al., 2021]
Pegada de carbono correlacionada com o consumo de energia elétrica.	Desenvolvimento de um aplicativo que avalia a pegada de carbono e o consumo de energia, expresso em (Kg CO ₂ - eq)	O aplicativo proporcionou uma maior conscientização em relação ao consumo de energia elétrica de forma mais eficiente e sustentável.	Os alunos apresentaram maior facilidade no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, o ensino com o uso do aplicativo se demonstrou mais atrativo, dinâmico e com maior participação dos estudantes.	[Carvalho et al., 2021]
Desenvolvimento de uma plataforma gamificada durante a pandemia do COVID-19.	Plataforma de Gerenciamento de atividades gamificadas.	A plataforma desenvolvida possibilitou uma maior interação entre discentes e docentes do curso de licenciatura em Ciências Naturais da Universidade Federal do Maranhão.	A plataforma permitiu aumentar a motivação, interesse e participação dos discentes no processo de ensino-aprendizagem.	[Costa; Cruz; Marques, 2021]
Construção de empreendimentos, gestão de recursos financeiros e ambientais	Desenvolvimento de um videogame denominado SimSustentabilidade.	O videogame possibilitou simular questões ambientais, bem como estratégias para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis.	O videogame possibilitou reforçar o aprendizado e a consciência ambiental dos alunos.	[Jesus et al., 2021]
Processo de ensino-aprendizagem em EA.	Aplicação da plataforma <i>Kahoot</i> .	Avaliou-se os aspectos teóricos da EA, os aspectos positivos da gamificação no processo de ensino-aprendizagem e a potencialidade da ferramenta <i>Kahoot</i> no processo didático-pedagógico.	O recurso digital estimulou o processo de aprendizagem de forma mais abrangente, colaborando na construção /formação do pensamento crítico.	[Bezerra; Lima, 2020]
Importância da fauna de vertebrados da Caatinga.	Desenvolvimento e aplicação do jogo "Animacards Caatingueiros".	O jogo incluiu 20 espécies de animais vertebrados que se encontram em estado de vulnerabilidade e/ou ameaçado de extinção.	O jogo contribuiu para a construção de uma maior consciência ambiental, reforçando a importância de conservar e preservar as espécies investigadas.	[Lira; Ribeiro; Lima, 2020]

Importância da diversidade da Caatinga no semiárido brasileiro.	Desenvolvimento de uma atividade gamificada denominada BIOTinga.	A ferramenta digital desenvolvida favoreceu a compreensão e o maior envolvimento dos alunos em torno do tema estudado.	A atividade gamificada contribuiu para melhorar o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais dinâmico e interativo.	[Lubarino et al., 2020]
Qualidade de vida das populações humanas.	Avaliação da potencialidade do jogo <i>Plague Inc.</i>	O jogo possui um caráter desafiador, que estimula a interação, participação e envolvimento dos alunos.	O game contribuiu no processo de aprendizagem.	[Nascimento; Benedetti; Santos, 2020]
Interpretação das questões ambientais correlacionadas com experiências e práticas discutidas por guias do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG).	Avaliação da gamificação como ferramenta facilitadora no processo de aprendizagem das questões ambientais relacionadas à PEMG.	Prática de intervenção pedagógica, com o intuito de melhorar o processo de ensino-aprendizagem em relação às questões ambientais do PEMG.	Os estudantes demonstraram maior interesse e participação, apresentando melhorias no processo de aprendizagem em relação ao tema.	[Silva-Medeiros; Junior, 2020]
Melhorar o processo de ensino-aprendizagem de questões ambientais.	Avaliação do jogo didático “Bioventura” desenvolvido a partir do software RPG Maker MV.	O game foi aplicado para um grupo de 50 alunos das séries finais do ensino fundamental.	Os alunos demonstraram entusiasmo e interesse pelo uso do jogo, bem como favoreceu a emancipação e a mudança de comportamento dos mesmos.	[Soares; Nascimento, 2020]
Destinação de resíduos, caráter tóxico e periculosidade de substâncias químicas.	Construção e aplicação do jogo RECICLAPPSM, proveniente do software “Construct 2”.	O videogame possibilita trabalhar o processo de letramento científico, ambiental e tecnológico para alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental.	O recurso digital apresenta elevado potencial na construção e análise do processo de alfabetização científica, ambiental e tecnológica em relação aos temas abordados.	[Vestema; Bem, 2020]
Combate do lixo doméstico nas ruas da cidade de Januária/MG.	Desenvolvimento e aplicação de um videogame denominado “SOS Meio Ambiente”.	O recurso digital desenvolvido é direcionado a alunos do ensino fundamental.	O jogo possibilitou a construção de uma maior consciência ambiental nos alunos.	[Farias; Hoed, 2019]
Conscientização ambiental sob a perspectiva da região amazônica brasileira.	Desenvolvimento e demonstração de um jogo educativo no contexto da educação ambiental na região amazônica.	O recurso digital foi aplicado em uma escola municipal na cidade de Cametá/PA e contou com a participação de 72 alunos do 4º e 5º ano do ensino fundamental I.	Mais de 90% dos alunos participantes da pesquisa relataram apresentar maior concentração, envolvimento, sensibilidade e conscientização em relação ao tema.	[Neto et al., 2019]

Promoção do processo ensino-aprendizagem em ambiente natural.	Utilização do aplicativo “Missão Nascente” para promover o uso de trilhas interpretativas.	O aplicativo possibilitou a abordagem dos temas: Ecologia, Botânica, Etnobotânica, Zoologia e Legislação Ambiental.	O aplicativo possui potencial para ser utilizado como metodologia ativa que contribua no ensino-aprendizagem em ciências naturais.	[Caldas et al., 2018]
A importância da coleta seletiva e a construção de uma consciência ambiental.	Desenvolvimento e avaliação do game RecycleMax, a partir da ferramenta Construct2 e modelado a partir do software UML 2.3	O game foi aplicado a 40 discentes do 4º e 6º período do curso de Sistemas de Informação.	O game RecycleMax possibilitou a aprendizagem, maior conscientização ambiental que estimula o desenvolvimento de hábitos de conservação ambiental.	[Magalhães et al., 2018]
Promoção da Educação Ambiental (EA).	Utilização de uma rede social gamificada para promover a EA.	A gamificação contribuiu para aumentar o interesse dos alunos envolvidos e estimulou o trabalho em grupo.	Houve maior capacidade de reflexão em relação ao tema investigado.	[Santos; Souza; Araújo, 2018]
Abordagem do tema “Energia”	Avaliaram a aplicação de um videogame que aborda o tema “Energia”.	O jogo digital foi desenvolvido para alunos do 5º ano do ensino fundamental de uma escola pública.	O recurso digital auxiliou no processo de ensino-aprendizagem de ciências, aumento do vocabulário científico e maior autonomia dos estudantes em relação à tomada de decisões.	[Sobreira; Viveiro; Abreu, 2018]

Tabela 1: Algumas contribuições científicas, encontradas no período de 2018 a 2023, referentes à aplicação de recursos digitais no processo de ensino-aprendizagem no contexto da EA.

Fonte: Os autores (2023).

3 | METODOLOGIA

3.1 Questões que nortearão a construção do videogame

O desenvolvimento do videogame (in) formativo se fundamentará em dois pilares: *i*) constituição de uma sequência didática voltada para a introdução do conhecimento científico e *ii*) as questões que envolvem a EA, sob a perspectiva da construção de uma consciência crítica em relação a questão ambiental na Região Amazônica Brasileira. Com o intuito de se atingir tais objetivos, o videogame será avaliado por estudantes do curso técnico integrado em meio ambiente do Instituto Federal de Goiás/Campus Anápolis e do curso de Agroecologia do Instituto Federal do Paraná/Campus União da Vitória. Os discentes realizarão um levantamento prévio sobre diferentes questões socioambientais no contexto da Região Amazônica, sob a perspectiva de três indicadores, a saber: *i*) degradação ambiental proveniente de ações antrópicas; *ii*) avanço neoliberal e; *iii*) periferização da vida. A relação entre os atributos e os indicadores se encontra na Tabela 2.

Indicador	Atributos
Degradação ambiental	Indicador biológico e demográfico.
Avanços neoliberais	Estabilização monetária, privatizações, abertura da economia, processo de desindustrialização, mercado financeiro e investimento em educação.
Periferização da Vida	Acesso aos principais serviços públicos e com garantia de qualidade, tais como: <i>i)</i> saúde; <i>ii)</i> educação; <i>iii)</i> cultura; <i>iv)</i> ciência e tecnologia e; <i>v)</i> estilo e condições de vida;

Tabela 2: Indicadores dos dilemas socioambientais a serem investigados pelos estudantes da EPT.

Fonte: Os autores (2023).

Os produtos educacionais são classificados como Produto Técnico e Tecnológico (PTT) e divididos em 10 categorias que leva em consideração a especificidade e a finalidade do produto, conforme apresentado pela Tabela 3 proveniente da CAPES.

Produtos	Categorias* ou Tipos de PPT	Modalidades* de PPT
PPT-1	Material didático/ instrucional para o ensino e Materiais Interativos*	Propostas de experimentos e outras atividades práticas; sequências didáticas; propostas de intervenções; roteiros de oficinas; materiais textuais, como manuais, guias, textos de apoio, artigos em revistas técnicas ou de divulgação, livros didáticos e paradidáticos, histórias em quadrinhos e similares, dicionários; mídias educacionais, como vídeos, simulações, animações, vídeoaulas, experimentos virtuais e áudios; objetos de aprendizagem; ambientes de aprendizagem; páginas de Internet e blogs; jogos educacionais de mesa ou virtuais, e afins (materiais lúdicos e jogos didáticos*); entre outros.
PPT-2	Curso de formação profissional	Criação e organização de atividades de capacitação, cursos, oficinas, entre outros.
PPT-3	Tecnologia social	Produtos, dispositivos ou equipamentos; processos, procedimentos, técnicas ou metodologias; serviços; inovações sociais organizacionais; inovações sociais de gestão, entre outros.
PPT-4	Software/Aplicativo	Aplicativos de modelagem, aplicativos de aquisição e análise de dados, plataformas virtuais e similares, programas de computador, entre outros.
PPT-5	Organização de Evento	Ciclos de palestras, exposições científicas, olimpíadas, expedições, feiras e mostras científicas, atividades de divulgação científica, entre outros.
PPT-6	Relatório Técnico	Relatórios de pesquisas ou relatos de processos realizados e acompanhados.
PPT-7	Acervo	Curadorias de mostras e exposições realizadas, acervos produzidos, curadorias de coleções, entre outros.
PPT-8	Produto de comunicação	Produto de mídia, criação de programa de rádio ou TV, campanha publicitária, entre outros.

PPT-9	Manual/Protocolo	Guias de instruções, protocolos tecnológicos experimentais/aplicações ou adequações tecnológicas; manuais de operação, manuais de gestão, manuais de normas e/ou procedimentos, entre outros.
PPT-10	Documento ou representação cartográfica*	Carta, mapa, planta* ou similar.

Tabela 3: Tipologia dos Produtos Técnicos e Tecnológicos da Área de Ensino da CAPES

Fonte: Adaptado da CAPES (2022).

O presente projeto de pesquisa pretende desenvolver um produto educacional do tipo PTT-1.

3.2 Características do Videogame

O videogame a ser desenvolvida, modalidade RPG, será constituído por personagens que fazem alusão a agentes públicos envolvida na análise do conteúdo, a fim de criar um ambiente similar ao existente na vida real. O jogador estabelecerá um vínculo com o jogo que não terá nenhuma característica que induza a atos de agressão física ou qualquer outra forma de violência. O recurso educacional visa demonstrar alguns dilemas socioambientais, na qual o jogador irá se movimentar e interagir com outros personagens em missões distribuídas por intermédio do *Non Playable Character* (NPC) sendo dividido em uma missão principal que se constituirá em três missões secundárias, na qual poderão ou não ser investigados pelo jogador.

3.3 Avaliação e aplicação do Videogame

Após o término do desenvolvimento do videogame, o mesmo será aplicado a alunos do curso técnico integrado em meio ambiente do Instituto Federal de Goiás/*Campus* Anápolis e do curso de agroecologia do Instituto Federal do Paraná/*Campus* União da Vitória, no qual será avaliado um estudo de caso dentro do contexto dos dilemas pesquisados e abordadas no videogame produzido. Além disso, pretende-se disponibilizar o acesso ao produto educacional por intermédio de sua indexação em diferentes plataformas.

4 | CONCLUSÕES

Os recursos tecnológicos, em especial o videogame, se apresenta como uma metodologia ativa e capaz de auxiliar as práticas pedagógicas tradicionais, possibilitando uma aprendizagem mais significativa e capaz de promover o aluno a sujeito ativo e despertá-lo para uma maior consciência ambiental. As ferramentas digitais não são acessíveis a maior parte dos alunos, provenientes de famílias assalariadas e que não possuem recursos para adquirir e manter recursos digitais. Soma-se a isso, a falta de políticas públicas voltadas para uma educação na era digital e a falta de interesse e/ou capacitação de professores para reformular suas metodologias e práticas pedagógicas de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. R. G.; ALMEIDA, B. O.; OLIVEIRA, M. P. COMnPLAYer - ambiente interativo e lúdico para aprender ciência. **Revista EDUCAONLINE**, v.15, n.2, p. 151-166, 2021.

BARCHI, R. À Marcos Reigota, e sua vibrante presença ecológica militante, freireana e pacifista (e vice-versa) entre nós. **Utopía y Praxis Latinoamericana**, v.22, n. 79, p. 8-13, 2017. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27956721001>

BERNARDI, J. P. et al. Educação ambiental por invertebrados bioindicadores de qualidade de água no Oeste de Santa Catarina. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 39, n. 1, p. 265-283, 2022.

BEZERRA, C. L.; LIMA, D. J. *Kahoot*: Uma ferramenta didático-pedagógica para o ensino de educação ambiental. **Revista Encantar - Educação, Cultura e Sociedade - Bom Jesus da Lapa**, v. 2, p. 01-12, 2020. <http://dx.doi.org/10.46375/encantar.v2.0031>

BINDE, D. R. et al. Campeonato de coleta de sementes para reflorestamento do cerrado: Conceitos de gamificação e consciência ambiental. **Revista Panorâmica**, v. 33, p. 420-436, 2021.

CALDAS, A. L. R. et al. Aplicação de gamificação e realidade aumentada para trilhas educativas: Ferramenta pedagógica para conscientização ambiental. **Henringean**, v.12, n.1, p. 5-19, 2018.

CAMPOS, G. M. et al. Gamification in remote education: use of online videogames for fixation and interaction of elementary school students. **Revista Nova Paideia- Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa**, v. 1, n. 4. p. 54–64, 2022. <http://dx.doi.org/10.36732/riep.v4i1.106>

CARVALHO, M. et al. Educação ambiental por meio de um App para quantificação de pegada de carbono. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p.1-16, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11058>

CARVALHO, I. C. M. A pesquisa em educação ambiental: perspectivas e enfrentamentos. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v.15, n.1, p.39-50, 2020. <http://dx.doi.org/10.18675/2177-580X.2020-15126>

CASTRO e SILVA, C.; SILVA, F. P. Uma abordagem sobre a importância da interdisciplinaridade no ensino da Educação Ambiental na escola. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.8, n.4, p. 57-67, 2020.

CASTRO, N. S. S. et al. Mercúrio em peixe e em sedimento do Rio Purus, Estado do Acre, Amazônia. **Caderno de Saúde Coletiva**, v.24, n. 3, p. 294-300, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1414-462X201600030142>

CORNETTA, A.; RÊGO, J. L. Uma Geografia Política do ouro: sobre fronteira, garimpeiros e despossessão na volta grande do Xingu. **GEOgraphia**, v. 23, n. 50, 2021. <http://dx.doi.org/10.22409/GEOgraphia2021.v23i50.a27222>

COSTA, C. A.; LOUREIRO, C. F. A interdisciplinaridade em Paulo Freire: aproximações político-pedagógicas para a educação ambiental crítica. **Revista Katálogo**, v. 20, n.1, p. 111-121, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1414-49802017.00100013>

- COSTA, H. R.; CRUZ, D. M.; MARQUES, C. A. Gamificação no ensino de ciências: desenvolvimento de uma plataforma de gerenciamento das atividades. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 5, n.1, p. 162-181, 2021.
- CUNHA, M. V. S.; TOTTI, M. E. O design gráfico na construção de jogo cooperativo como instrumento didático pedagógico na educação ambiental. **InterSciencePlace – International Scientific Journal**, n.5, v. 17, p.717-733, 2022. <http://dx.doi.org/10.6020/1679-9844/v17n5a235>
- DAMAS, G. B.; BERTOLDO, B.; COSTA, L. T. Mercúrio: da Antiguidade aos dias atuais. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n.4, 1010-1020, 2014. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20140063>
- DEMOLY, K. R. A.; SANTOS, J. S. B. Aprendizagem, educação ambiental e escola: modos de interagir na experiência de estudantes e professores. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, p. 1-20, 2018.
- DICKMANN, I.; RUPPENTHAL, S. Educação Ambiental Freiriana: Pressupostos e método. **Revista de Ciências Humanas – Educação**, v. 18, n. 30, p. 117-135, 2017.
- FARIAS, E. S.; HOED, R. M. Proposta de desenvolvimento de jogo educacional denominado SOS meio ambiente direcionado ao ensino da educação ambiental com foco no combate ao lixo doméstico nas ruas. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p.31181-31189, 2019. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n12-220>
- GOMES, B. L. C. et al. Análise temporal da exposição ao mercúrio na população ribeirinha da Amazônia: revisão integrativa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v.13, n.5, p. 1-10. 2021. <https://doi.org/10.25248/REAS.e7172.2021>
- IUBEL, A. F. Terras de Ouro: Narrativas e experiências indígenas e não indígenas acerca do garimpo de ouro na Amazônia Brasileira. **Anuário Antropológico**, v.45, n.1, p. 289-305, 2020.
- JESUS, A. M.; SILVA, V. P. Sustentabilidade socioecológica na formação continuada do docente de pedagogia baseada na gamificação. **Eccos - Revista Científica**, n. 62, p. 1-25, e21805, 2022. <https://doi.org/10.5585/eccos.n62.21805>
- JESUS, A. M. et al. Simsustentabilidade: Um jogo digital de estratégia para Educação Ambiental. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista (ENCITEC)**, v. 11, n. 3, p. 131-150, 2021. <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v11i3.40>
- JÚNIOR, J. M. F. C. et al. Teores de mercúrio em cabelo e consumo de pescado de comunidades ribeirinhas na Amazônia brasileira, região do Tapajós. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.23, n.3, p.805-812, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232018233.09492016>
- LAUTHARTTE, L. C. et al. Potencial exposição ao mercúrio atmosférico no ambiente ocupacional de comércio de ouro de Porto Velho, Rondônia. **Química Nova**, v. 41, n.9, p. 1055-1060, 2018. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170253>
- LEAL, J. F. P. et al. Educação Ambiental e abordagem em CTSA: Estudo da potencialidade educacional de protótipo fotovoltaico em comunidade pesqueira. **Revista Comunicação Universitária**, v.1, n.1, p. 1-26, 2021.

LEAL, V. C.; RAMOS, R. A.; RAMOS, P. R. O jogo “BIOSOLO” para a educação ambiental de crianças. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 224-238, 2022.

LIRA, J. G.; RIBEIRO, E. M. S.; LIMA, R. L. F. A. Jogo Animacards Caatingueiros: Conhecendo os animais vertebrados da Caatinga e entendendo sua importância. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 15, n.6, p. 99-118, 2020.

LUBARINO, P. C. C. et al. BIOTinga: Trilha de gamificação sobre a Caatinga. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 119-132, 2020.

MAGALHÃES, Y. C. et al. Contribuições para a educação Ambiental utilizando a gamificação na aprendizagem da coleta seletiva. **Revista Projeção e Docência**, v.9, n.2, p. 94 -105, 2018.

MATOS, M. J. S. et al. Promovendo conscientização ambiental referente ao descarte de pilhas e baterias por meio de gamificação. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.2, p. 13296-13303, 2022. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-321>

MENDES, V. A. et al. Prevalência e fatores associados à exposição ao mercúrio em comunidades ribeirinhas na Amazônia Ocidental Brasileira. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 73, p.1-7, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0100>

MENEZES, J. B. F.; CARVALHO, J. L. M.; MARTINS, J. E. Jogos Didáticos virtuais como instrumento auxiliar no ensino de educação ambiental dentro do contexto pandêmico. **Revista Docência e Ciberultura –ReDoC**, v. 6 n. 5 p. 478-491, 2022. <https://doi.org/10.12957/redoc.2022.65883>

NASCIMENTO, F. G. M.; BENEDETTI, T. R. SANTOS, A. R. Uso do Jogo Plague Inc.: uma possibilidade para o Ensino de Ciências em tempos da COVID-19. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 25909-25928, 2020. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n5-156>

NASCIMENTO, V. F. et al. Vulnerabilidades en salud de garimpeiros de una región amazónica. **Revista Enfermería Actual**, v.1, n.37, p. 1-37, 2019.

NETO, B. S. R. et al. Na Onda do Pitiú: Uma Abordagem de Educação Ambiental Gamificada no Contexto Amazônico. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n.12, p. 32700-32712, 2019. dx.doi.org/10.34117/bjdv5n12-330

NETO, J. S.; FEITOSA, R. A.; CERQUEIRA, G. S. Contribuições de Marcos Reigota e de Paulo Freire à práxis pedagógica na perspectiva da educação ambiental crítica. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 1, n. 69, p. 1-17, 2019. <http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3860>

OLIVEIRA, L.; NEIMAN, Z. Educação Ambiental no âmbito escolar: Análise do processo de elaboração e aprovação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 5, n.3, p. 36-52, 2020.

PAMPLONA, D. A.; LOPES, F. O.; BITTENCOURT, G. O. Extração de ouro e povos tribais: um estudo à luz dos entendimentos da corte interamericana e do exemplo brasileiro. **Revista Internacional de Derechos Humanos Y Empresas**, v. 5, n.2, p.1-17, 2021.

PIMENTEL, D. R. et al. Avaliação dos níveis de mercúrio (Hg) total em peixes de Igarapés da Bacia do Rio Mamuru-Pará – Brasil. **Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA**, v. 9, n. 3, p. 34-46, 2019.

PINTO, B. C. T.; CAMILO, G. S. Atividade prática de educação ambiental em espaço não-formal: aspectos da bacia hidrográfica como tema gerador. **Ambiente & Educação**, v. 25, n. 2, p. 536-558, 2020.

RAMOS, A. R. A.; ABRAHÃO, B. A.; RODRIGUES, F. S. Vazios de poder estatal no garimpo Yanomami – Amazônia Brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n 3,p. 15753-15771, 2020. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n3-448>

ROSA, G. M.; SILVA, F. R.; FLACH, K. A. Educação ambiental na educação escolar e a responsabilidade social: Desafios e possibilidades nas questões ambientais. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v.16, v. 5, p. 411-430, 2021.

ROSA, P. P.; WEIHS, M. L. Devastação Ambiental e Riscos à Saúde: O doloroso Legado do Garimpo de Ouro a Agricultores Familiares da Amazônia Mato-Grossense. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 10, n. 2, p. 66-80, 2021. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2021v10i2.p66-80>

SÁ, A. L. et al. Exposição humana ao mercúrio na região oeste do estado do Pará. **Revista Paraense de Medicina**, v. 20, n.1, p. 19-25, 2006.

SANTOS, E. C. O. et al. Avaliação dos níveis de exposição ao mercúrio entre índios Pakaanóva, Amazônia, Brasil. **Caderno Saúde Pública**, v. 19, n.1, p.199-206, 2003.

SANTOS, M. L. S. V.; SOUZA, R. N. P. M.; ARAÚJO, M. C. S. A gamificação como estratégia de engajamento para a prática da educação ambiental. **Revista Eletrônica de Mestrado em Educação Ambiental**, v. 35, n. 1, p. 279-295, 2018.

SANTOS, R. P. Gamificação como componente na educação ambiental: Desenvolvimento e aplicação a partir da plataforma Genially. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 228-242, 2023.

SANTOS, T. M. M.; SOUZA, B. I. Sociedade e Natureza: Interpretações, reflexos na educação ambiental no Brasil e a necessidade do devir. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 267-286, 2021.

SERAFIM, M.; VEIGA, S. J.; LOPES, L. A. “Lutando pela vida”: aplicação de um jogo sobre Educação Ambiental em turmas de Ensino Fundamental. **Revista Thema**, v.21 n.3, p.688-704, 2022. <http://dx.doi.org/10.15536/thema.V21.2022.688-704.2117>

SILVA, N. M. N.; CANOVA, F. B. Gamificação para o ensino de ciências biológicas: O jogo de tabuleiro como forma de aprendizagem. **Revista Científica UMC**, v.7, n.2, 2022.

SILVA-MEDEIROS, D. M.; JÚNIOR, A. L. Gamificação e interpretação ambiental: Uma experiência em trilha ecológica. **Revista Contexto & Educação**, n. 112, p. 217-238, 2020. <http://dx.doi.org/10.21527/2179-1309.2020.112.217-238>

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F. M. Distribuição de mercúrio total em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica – Brasil. **Acta Amazônica**, v. 42, n.2, p. 259-268, 2012.

SOARES, F. M. N.; NASCIMENTO, M. F. F. A produção e o uso dos jogos digitais como estratégia para a Educação Ambiental no Ensino Fundamental. **Revista Educação**, v. 43, n. 162, p. 112-124, 2020.

SOBREIRA, E. S. R.; VIVEIRO, A. A.; VIEGAS D'ABREU, J. V. Aprendizagem criativa na construção de jogos digitais: uma proposta educativa no ensino de ciências para crianças. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, v.1, n. 44, p. 71-88, 2018.

TEIXEIRA, T. Y. A. A Educação Ambiental e a Biodiversidade: Educar um cidadão é renovar sua consciência. **Biodiversidade**, v.17, n.2, p. 71- 79, 2018.

TORREZANI, L. et al. Índice de geoacumulação de mercúrio na Bacia do Igarapé dos educandos (Manaus/Amazonas). **Revista de Engenharia Química e Química**, v. 2, n. 3, p. 161-170, 2016. <https://doi.org/10.18540/2446941602032016161>

TUMULERO, N. A. S.; BAHIA, C. M. A Política Nacional de Educação Ambiental e os saberes ambientais e os saberes ambientais na construção do consumidor-cidadão. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 13, n.1, p. 124-139, 2018.

VESTENA, R. F.; BEM, R. M.O jogo digital 'REICLAPPSM' na educação ambiental e tecnológica das crianças. **Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino**, v. 4, n.1, p. 34-48, 2020.

VIEIRA, L. M.; ALHO, C. J. R.; FERREIRA, G. A. L. Contaminação por mercúrio em sedimento e em moluscos do Pantanal, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.12, n.3, p. 663-670, 1995.

VIEIRA, S. R.; MORAIS, J. L.; CAMPOS, M. A. T. Indicadores para avaliação das políticas públicas de Educação Ambiental nas escolas: uma análise à luz do ciclo de políticas e da teoria da atuação. **Educar em Revista**, v. 37, p. 1-20, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.78220>

CONSTRUINDO REDES REGIONAIS A PARTIR DO ALIMENTO SAUDÁVEL: ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS MÉIS COMERCIALIZADOS DA REGIÃO MISSIONEIRA – RS

Data de aceite: 01/03/2023

Gisela Taís Demari

Graduada em Química Industrial

Gean Carla Demari

Graduanda em Química Industrial

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação - TCC

RESUMO: Neste artigo, os méis são diálogos da diversidade que dispensam palavras (DEMARI, 2017). Pelo consumo popular e regional os conhecimentos relativos às maneiras e tempos de produzir os méis são passados de uma geração para a outra, bem como os conhecimentos sobre as composições naturais, tradicionais e regionais em redes sociais entre o ambiente e o consumo (DEMARI, 2017). O objetivo central do trabalho é a análise das dez amostras de méis comercializadas por dez produtores rurais de dez municípios da região missioneira do Rio Grande do Sul (DEMARI, 2017). Além de promover o conhecimento das propriedades físico-químicas dos produtos, também possibilita a comparação de resultados obtidos em relação às normas vigentes em uma

comprovação da naturalidade de méis no mercado consumidor (DEMARI, 2017). Os objetivos específicos do trabalho envolvem a realização das análises físico-químicas seguintes: análises micro e macroscópicas; de pH (Potencial Hidrogeniônico); de acidez livre (titulação ácido-base); do teor de água, e de cinzas; determinação do teor de açúcares redutores, e de densidade; pesquisa de enzimas diastásicas, e de corantes; reação cromática, e de *Lund* (DEMARI, 2017). O desenvolvimento da metodologia das análises físico-químicas ocorreu na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) - Campus Santo Ângelo (DEMARI, 2017). A pesquisa das dez amostras de méis procedeu em triplicata. A seguir, a gama das análises físico-químicas realizadas: análises micro e macroscópicas; a primeira, envolveu o microscópio, e a segunda, implicou a observação; acidez livre pela titulação simples; Reação de *Lund* com a solução do ácido tânico; análise pelo pHmetro do pH (Potencial Hidrogeniônico); análise de densidade com os picnômetros; análises pela pesagem dos teores de água e de cinzas; reação cromática como a Reação de *Jagerschmidt* pela decantação; determinação pelo Método de *Lane Eynon*

do teor de açúcares redutores; pesquisa de corantes com o ácido sulfúrico; e pesquisa pelo banho-maria das enzimas diastásicas (DEMARI, 2017). Diante das análises físico-químicas das amostras de méis analisadas foram obtidos os resultados seguintes: além da acidez natural de méis a partir da variação dos limites entre 3,66 e 4,28 do pH (Potencial Hidrogeniônico), e de 1,10 a 4,75 meq./kg de acidez; também a pureza e/ ou legitimidade de méis em relação às normas vigentes conforme a variância das quatro faixas de valores; a primeira, entre 1,0998 e 1,1175 g/cm³ de densidade; a segunda, de 1,5 a 2,9 mL de precipitado na Reação de *Lund*; a terceira, entre ≈0,14 e ≈0,50% do teor de cinzas; e a quarta, de 14,14 a ≈44,00% da concentração de umidade (DEMARI, 2017). Para completar, é possível comprovar a legitimidade de méis em relação à legislação de acordo com a presença das duas colorações, a violeta e a âmbar; a primeira, existente na Pesquisa das Enzimas Diastásicas; e a segunda, presente em duas análises, a Reação de *Jagerschmidt* e a Pesquisa de Corantes (DEMARI, 2017). Nesse contexto, mel é diálogo da diversidade em uma gama de análises físico-químicas; e alimento para produzir, conhecer, relacionar, humanizar e sociabilizar, construindo redes regionais (DEMARI, 2017).

PALAVRAS-CHAVE: Mel. Diálogos. Legislação. Análises físico-químicas.

REFERÊNCIA

DEMARI, Gisela T. ***Análises físico-químicas dos méis comercializados da região missioneira – RS***. 2017. 86p. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI - Campus Santo Ângelo - Curso de Química Industrial, Santo Ângelo, 2017.

FORMULAÇÃO E ELABORAÇÃO DE UM NOVO XAMPU COM BAIXO TEOR DE SÓDIO UTILIZANDO DODECIL SULFATO DE FERRO COMO SURFACTANTE

Data de submissão: 07/02/2023

Data de aceite: 01/03/2023

Giancarlo Di Vaccari Botteselle

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Departamento de Química
Guarapuava – PR
<https://orcid.org/0000-0001-8047-7770>

Maria Gabrielle Silva Araujo

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Departamento de Química
Guarapuava – PR
<https://lattes.cnpq.br/0737310647153654>

Sueli Pércio Quináia

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Departamento de Química
Guarapuava – PR
<https://orcid.org/0000-0002-1485-1063>

Daniel de Paula

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Departamento de Farmácia
Guarapuava – PR
<http://lattes.cnpq.br/1846628990988101>

Camila Freitas de Oliveira

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Departamento de Farmácia
Guarapuava – PR
<http://lattes.cnpq.br/5256685601619268>

RESUMO: No varejo de produtos de beleza, especialmente no segmento capilar, o xampu é um dos itens de higiene pessoal mais populares, com milhares de marcas oferecendo diferentes linhas para atender a diversidade étnica e cultural da população brasileira. Apesar de ser um produto que tem por finalidade a limpeza e por consequência os cuidados com os fios, algumas linhas comercializadas possuem cloreto de sódio como agentes de espessamento e conservante, o que pode desidratar os cabelos, causar ressecamento e desequilibrar seu pH natural. Vale ressaltar que os surfactantes lauril sulfato de sódio e lauril éter sulfato de sódio, comumente utilizados em formulações, possuem alto teor de sódio em sua composição. Tendo em vista que o sódio pode prejudicar a saúde capilar, o objetivo é remover os surfactantes lauril sulfato de sódio, lauril éter sulfato de sódio e a solução salina, e criar um xampu com baixo teor de sódio, utilizando o composto dodecil sulfato de ferro ($\text{Fe}(\text{DS})_3$) como surfactante, além de excluir o NaCl da formulação. Desse modo, o $\text{Fe}(\text{DS})_3$ foi sintetizado e incorporado na formulação do xampu base e, aspectos como características organolépticas, pH, capacidade espumógena e testes de

estabilidade acelerada foram avaliados. Além disso, foi determinado a quantidade de sódio no xampu e os valores comparados aos dos produtos presentes no varejo. Foram desenvolvidas quatro formulações diferentes, porém todas com a presença do $\text{Fe}(\text{DS})_3$. A formulação final apresentou pH de 5,94, capacidade espumógena e as características organolépticas adequadas. A formulação foi aprovada no teste de estabilidade acelerada e o xampu base contendo $\text{Fe}(\text{DS})_3$ obteve um resultado de 0,80 g/L de Na. Comparando o xampu base com as opções comerciais disponíveis ao consumidor amplo, o produto desenvolvido apresentou redução significativa do teor de sódio.

PALAVRAS-CHAVE: Xampu sem sódio; Surfactante de Ferro; Formulação de xampu.

FORMULATION AND PREPARATION OF A NEW SHAMPOO WHIT LOW SODIUM CONTENT USING IRON DODECYL SULFATE AS SURFACTANT

ABSTRACT: In the beauty retail, especially in the hair products segment, shampoo is one of the most popular personal hygiene items, with thousands of brands offering different lines to meet the ethnic and cultural diversity of the Brazilian population. Despite being a product developed to clean and take care of the hair strands, some shampoo contains sodium chloride as thickening and preserving agent, which can dehydrate hair, cause dryness, and disrupt their natural pH. It is worth noting that the sodium lauryl sulfate and sodium lauryl ether sulfate surfactants commonly used in shampoo formulations have a high sodium content in their composition. As the sodium can damage hair health, the focus of work is to remove the surfactants sodium lauryl sulfate, sodium lauryl ether sulfate, as well as saline solution, which is commonly used in shampoo formulations, and create a low-sodium shampoo, using the compound iron dodecyl sulfate $\text{Fe}(\text{DS})_3$ as a surfactant. Thus, the $\text{Fe}(\text{DS})_3$ was synthesized and incorporated into the shampoo formulation, and aspects such as organoleptic properties, foaming ability and accelerated stability tests were evaluated. In addition, the amount of sodium was determined and the values were compared to those of products available at retail. Four different formulations were developed in the presence of $\text{Fe}(\text{DS})_3$. The final formulation showed pH as 5.94, adequate foaming ability and organoleptic properties. The formulation was approved in the accelerated stability test and the base shampoo containing $\text{Fe}(\text{DS})_3$ showed a Na concentration of 0.80 g/L. Comparing the base shampoo with commercial options available to the broad consumer, the developed product showed a reduction in the sodium presence.

KEYWORDS: Sodium-free shampoo; Iron-surfactant; Shampoo formulation.

1 | INTRODUÇÃO

A história do uso de produtos para limpeza dos cabelos remonta a antiguidade, com exemplos encontrados na antiga civilização egípcia, em que se utilizavam misturas de argila, leite e cinzas para limpar os cabelos (CHAUDHRI; JAIN, 2014). Já na Índia antiga, as pessoas utilizavam misturas de ervas e óleos para limpar e condicionar os cabelos (BALASUBRAMANIAN, 2015). No entanto, o xampu como é conhecido hoje, um produto líquido formulado especificamente para limpeza dos cabelos, teve o seu desenvolvimento difundido no início do século XX. Os primeiros xampus líquidos eram feitos de sabão e

apresentavam alta irritabilidade, no entanto, com o desenvolvimento de novos surfactantes, mais suaves e biodegradáveis, foram possíveis formulações mais suaves e adequadas para diferentes tipos de cabelos, tornando-se disponíveis para consumo em massa a partir da década de 1930 (DRAELOS, 2010).

Nesse contexto, atualmente, os xampus são um dos cosméticos mais utilizados no dia a dia da população em geral, sendo encontrados na forma de barra, líquido cremoso, gel ou mesmo em pó. No varejo, são disponibilizados com várias classificações de acordo com cada tipo de cabelo, e oferecendo benefícios específicos como hidratação para cabelos danificados por produtos químicos, proteção da coloração, definição de cachos, entre outros (AMIRALIAN, 2018).

Os xampus foram desenvolvidos com a capacidade de remover gordura, resíduos da poluição do dia a dia, células mortas e suor que ficam no couro cabeludo e nos fios. O sebo ou a gordura que se forma no couro cabeludo é secretado pelas glândulas sebáceas, que também estão presentes nas cutículas do cabelo. Esse revestimento previne o desenvolvimento de bactérias e a perda da água do interior do fio e, dessa forma, mantém o cabelo macio e brilhante (BARBOSA; SILVA, 1995).

Os principais reagentes da formulação dos xampus são os surfactantes, os quais têm a função de diminuir a tensão superficial da fase aquosa, assim, reduzindo a aderência das sujidades da haste capilar e facilitando sua remoção (AMIRALIAN, 2018; SOUZA, 2015). Além deles, existem outros constituintes importantes nos xampus, como os reguladores de viscosidade que aumentam essa característica do produto, impactando em sua estabilidade, seu sensorial e sua aparência, os agentes quelantes, que são utilizados para evitar problemas de estabilidade, como mudança de cor, cheiro e aparência (AMIRALIAN, 2018), os reguladores de viscosidade que estão presentes para controle do pH, e os agentes espumantes, que são responsáveis pela cremosa espuma encontrada nessa classe de cosméticos (SOUZA, 2015).

Dentre os compostos que podem ser utilizados para aumentar a viscosidade do produto, o cloreto de sódio (NaCl) é um dos mais utilizados, todavia, NaCl em grandes quantidades pode ser prejudicial à saúde dos fios capilares, acarretando na desidratação da fibra, tornando o cabelo mais poroso, podendo resultar em mexas quebradiças e opacas (CALEFFI; HEIDEMANN, 2007).

Na formulação de xampus o NaCl tem sido alvo de controvérsia. Isso se deve ao fato de que muitos consumidores, profissionais da área capilar e campanhas publicitárias de “xampus sem sal” (que informam a ausência de cloreto de sódio na formulação) veem esse componente como prejudicial aos aspectos sensoriais dos cabelos, podendo causar danos aos fios e couro cabeludo.

Apesar da ausência do NaCl, normalmente estão presentes outros surfactantes salinos que contêm sais de sódio, tais como o lauril sulfato de sódio, o lauril éter sulfato de sódio, entre outros (ALLEMAND; DEUSCHLE, 2018).

Desta forma, a busca por compostos que possam substituir estes sais nas formulações de xampu é de grande interesse, tanto científico quanto comercialmente. Nesse contexto, o composto $\text{Fe}(\text{DS})_3$ (Figura 1) pode ser uma alternativa para formulação de xampu base com baixo teor de sais de sódio, sendo que sua utilização com essa finalidade não é abordada na literatura. Outros fatores positivos sobre essa substituição são: a disponibilidade da matéria prima, a baixa toxicidade do material, o baixo custo e a estabilidade destes sais de ferro (DUARTE, 2019).

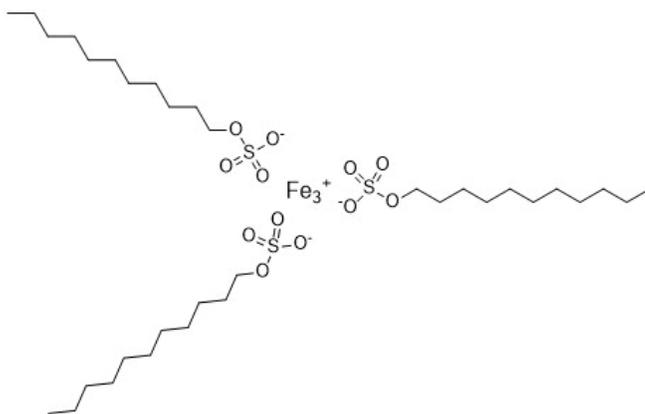


Figura 1 – Estrutura do composto dodecil sulfato de ferro ($\text{Fe}(\text{DS})_3$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

2 | METODOLOGIA

2.1 Síntese do composto $\text{Fe}(\text{DS})_3$

A síntese do $\text{Fe}(\text{DS})_3$ foi realizada conforme metodologia descrita na literatura (PRADHAN; PAUL; DAS, 2013). Para tanto, misturou-se uma solução de FeCl_3 (0,63 g; 3,85 mmol em 100 mL de água) a uma solução de dodecil sulfato de sódio (SDS; 3,40 g; 11,60 mmol em 20 mL de água). A mistura reacional foi agitada a temperatura ambiente por 30 minutos e o sólido formado foi filtrado e lavado com água (5 x 50 mL) e seco em rotaevaporador. O rendimento do produto foi de 81 % (2,66 g), como um sólido de coloração amarela; p.f.: 211-212 °C (lit. 210 °C); IV $v_{\text{max}}/\text{cm}^{-1}$: 1163; 1307 (bandas características).

2.2 Formulação do xampu

Para a preparação de 100 mL do xampu, adicionou-se em um béquer de 200 mL uma solução de glicerina (10,0 g), nipagin (0,2 g), ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA; 0,1 g), hidroxietilcelulose (1,0 g) e dietanolamina do ácido graxo do coco (5,0 g). Em seguida foi adicionado uma solução de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ (6,47 g, dissolvido em 100 mL de água destilada)

a temperatura de 100° C.

2.3 Ensaios Organolépticos

Os ensaios organolépticos estão relacionados à forma como a matéria se apresenta através dos sistemas sensoriais, que podem ser analisados por meio comparativo com o objetivo de verificar alguma alteração na formulação do xampu e foram analisados pelos parâmetros de cor, aspecto e odor (ANVISA, 2008).

2.4 Teste de estabilidade acelerada

O teste de estabilidade foi realizado em triplicata com a formulação submetida a temperaturas de no mínimo -6° C e máximas de 40° C, com esses limites podendo variar em $\pm 3^\circ$ C. O produto foi exposto a cada extremo de temperatura durante 6 ciclos de 24 h, totalizando 12 dias de ensaios, intercalando o uso do refrigerador e da estufa (Brasil, 2004). Após esse período foram realizados novamente os ensaios organolépticos, de pH e espumógeno.

2.5 Análise do potencial hidrogeniônico

Utilizaram-se duas soluções para correção do potencial hidrogeniônico (pH) do xampu: a solução de trietanolamina caso o xampu apresentasse o pH abaixo de 5,5, sendo adicionada gota a gota, e uma solução de 1:10 de ácido cítrico, caso o pH estivesse acima de 6,0. Para essa análise foi utilizado um pHmetro de bancada sendo as medidas realizadas em meio aquoso e o procedimento realizado em triplicata.

2.6 Análise da capacidade espumógena

Em uma adaptação do método de “Ross-Miles” (AMARAL; NEVES; OLIVEIRA; BAHIA, 2008), adicionou-se 0,1 g do xampu base e 10 mL de água destilada em uma proveta graduada de 50 mL, seguido de agitação por meio de inversão rápida por 5 vezes. Os valores obtidos foram anotados nos intervalos de 0; 5; 10; 15 e 30 minutos após início da agitação. O procedimento foi realizado em triplicata.

2.7 Determinação de sódio por espectrometria atômica

O elemento Na foi quantificado por Espectrometria de Absorção Atômica - FAAS (Varian modelo AA 220) no modo emissão. Os parâmetros instrumentais de análise usados foram os recomendados pelo manual do próprio equipamento, sendo eles: comprimento de onda de 330,3 nm; fenda de entrada de 0,1 nm e gases Ar\acetileno para a combustão da chama. Solução padrão de Na, na concentração de 1000 mg L⁻¹ (Biotec®), foi usado no preparo das soluções para a curva de calibração (5, 8, 12 e 18 mg.L⁻¹).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização e preparo do xampu incorporando o composto Fe(DS)₃

Utilizou-se os dados da formulação do xampu base para sulfeto de selênio, o qual apresenta alto teor de sódio, como exemplo de um xampu que contém NaCl, a fim de realizar um comparativo com os xampus desenvolvidos no presente trabalho. Conforme é mostrado na Tabela 1, os principais componentes presentes nesse xampu são os surfactantes lauril éter sulfato de sódio e lauril sulfato de sódio, assim como a solução de cloreto de sódio a 10%, para ajuste da viscosidade.

Componentes	Fase	Quantidade (g)	Função
Metilparabeno (Nipagin)	1	0,15	preservante
Água Deionizada	1	50	veículo
Dietanolamina de Ácido Graxo de Coco	2	3	sobreengordurante
Lauril Éter Sulfato de Sódio	2	35	tensoativo
Lauril Sulfato de Sódio	2	5	tensoativo
Água Deionizada	2	100	veículo
Ácido Cítrico	3	0,1	acidulante
Solução de Cloreto de Sódio a 10%	4	qs	ajuste de viscosidade

Tabela 1 – Composição do xampu base para sulfeto de selênio 100 g (LOYD; NICHOLAS; HOWARD, 2013)

Desse modo, foram desenvolvidas 4 diferentes formulações de xampus, contendo o composto Fe(DS)₃ em substituição aos surfactantes lauril éter sulfato de sódio e lauril sulfato de sódio e a solução de cloreto de sódio 10 %. A Tabela 2 mostra a composição das 4 formulações preparadas.

Componentes	Fase	Função	F1	F2	F3	F4
Metilparabeno (Nipagin)	1	preservante	0,04 g	0,04 g	0,04 g	0,2 g
Glicerina	1	umectante	2 g	2 g	2 g	10 g
Dietanolamina de Ácido Graxo de Coco	1	sobreengordurante	1 g	1 g	1 g	5 g
EDTA	1	quelante	0,02 g	0,02 g	0,02 g	0,1 g
Hidroxietilcelulose	1	espessante e agente gelificante	-	0,4 g	0,2g	1 g
Cocamide Mea	1	espessante e agente gelificante	0,4 g	-	-	-
Água Deionizada	2	veículo	20 mL	20 mL	20 mL	100 mL
Fe(DS) ₃	2	surfactante	0,65 g	0,65 g	0,65 g	6,47 g
Trietanolamina	3	basificante	qs	qs	qs	qs

Tabela 2 – Formulações de xampus base contendo Fe(DS)₃.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A Cocamide Mea foi testada como espessante e agente gelificante na Formulação 1 (F1), porém, mesmo com aquecimento, não apresentou boa solubilidade e foi necessário filtrar a amostra em papel filtro devido a formação de grânulos brancos em sua composição.

Desse modo, no preparo da formulação 2 (F2), substituiu-se a Cocamide Mea pela Hidroxietilcelulose (0,4 g em 20 mL), a fim de evitar a formação desses granulados. No entanto, embora tenha apresentado uma alta viscosidade e um aspecto similar a um gel, essa alteração ainda não foi adequada para um xampu líquido.

Com isto, utilizou-se a metade da quantidade de Hidroxietilcelulose (0,2 g em 20 mL) para a formulação 3 (F3), porém, ainda assim, o resultado foi uma mistura inadequada e excessivamente aquosa para uma formulação de xampu.

Por outro lado, devido à baixa viscosidade do xampu, aumentou-se a concentração da solução de Fe(DS)₃ para 6,47 g em 100 mL na formulação 4 (F4), esta apresentou os melhores resultados organolépticos, espumógenos e de viscosidade, ao que se refere a uma formulação para o uso como xampu. Desse modo, determinou-se a formulação 4 como a composição ideal para a preparação e caracterização de um novo xampu base de Fe(DS)₃.

Como observado, a presença do Fe(DS)₃ possui fundamental importância para constituição do xampu. Nesse sentido, o Fe(DS)₃ possui a função de surfactante, o qual pode suavizar o cabelo, dispersando o óleo do couro cabeludo na água e diminuindo a tensão superficial. Tal funcionalidade ocorre devido as propriedades intrínsecas de um surfactante, que é uma molécula constituída de duas partes distintas nas suas extremidades que contribuem para a emulsificação do óleo e da água. Uma extremidade da molécula é

hidrofílica (possui afinidade pela água) e uma outra é lipofílica (possui afinidade com óleo ou gorduras).

Por fim, é importante notar que em todas as formulações foi utilizado o EDTA, que é um conservante que auxilia na preservação do produto, evitando que oxide facilmente, devido à presença de ferro na formulação do xampu proposto.

3.2 Análise das propriedades organolépticas

A formulação final 4 (F4) do xampu base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ foi submetida a testes físico-químicos e análise de suas propriedades organolépticas de acordo com o Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos (BRASIL, 2008) e o Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos (BRASIL, 2004). A ANVISA, órgão do governo brasileiro responsável pela padronização de produtos cosméticos, exige essa primeira etapa para cada formulação. Isso é para garantir que nenhum componente da formulação entre em conflito durante a análise e que o produto acabado mantenha suas propriedades organolépticas adequadas.

Com relação aos parâmetros organolépticos, a aparência, a cor e o odor da formulação 4 (F4) de xampu base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$, obteve-se os seguintes resultados:

Cor: A tonalidade da base do xampu é âmbar com turbidez, porém, após a correção do pH, tornou-se avermelhado, reduzindo a turvação.

Aspecto: Apresentou-se na formulação uma separação de fase como é mostrado na Figura 2.

Odor: Apresentou características de odor dos componentes da fórmula (sem odor).

Potencial Hidrogeniônico (pH): 5,94.



Figura 2 – Xampu base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ de formulação 4 (F4).

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

3.3 Teste de estabilidade acelerada e do potencial hidrogeniônico

Inicialmente foram preparadas três amostras para o teste de estabilidade acelerado, contendo 10 mL do xampu base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ de formulação 4 (F4), conforme mostra a Figura 3.



Figura 3 – Amostras em triplicata do xampu base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ antes do teste de estabilidade acelerada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Na sequência, essas amostras foram colocadas em congelador a temperatura de $-6^\circ (\pm 3^\circ \text{C})$ por 24 h e, em seguida, em estufa ($40^\circ \text{C} \pm 3^\circ$) por 24 h. Os resultados do teste de estresse térmico, mostraram que as amostras não sofreram alteração após os ciclos completos, indicando que a formulação final pode suportar variações de temperatura. Vale destacar que se observou uma parcial precipitação e separação de fases durante o processo, porém, ao final, o xampu mostrou-se inalterado. Em termos de propriedades organolépticas, a coloração avermelhada e a turvação parcial não se alteraram nestas condições.

Quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), este não apresentou alteração significativa após o teste de estabilidade acelerada. Isso pode ser observado na Tabela 3, em que o pH inicial das três amostras do xampu da formulação 4 (F4) apresentou pH igual a 6,0 e, após o teste de estabilidade acelerada, valores de pH entre 5,90 a 5,97.

Amostra	pH inicial	pH após o teste de estabilidade acelerada
1	6,0	5,97
2	6,0	5,90
3	6,0	5,05

Tabela 3 – pHs dos xampus base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ antes e após o teste de estabilidade acelerada.

Recomenda-se que os xampus de uso diário tenham o pH na faixa de 5 a 7, quando o pH está básico ele pode causar abertura de cutícula, o que pode causar danos no fio capilar,

como queda por quebra, pH acima de 7 é desejado em casos de xampus antirresíduos. Um xampu neutro é de fato melhor para os cabelos do que um xampu alcalino, mas o ideal é que ele seja levemente ácido, o que de acordo com a literatura é a faixa de pH ideal para produtos cosméticos destinados a limpeza capilar, visto que é o mesmo pH do fio capilar (devido a produção de ácidos graxos pela glândula sebácea), não danificando o fio capilar e deixando o cabelo mais brilhoso devido a cutícula fechada (BARBOSA; SILVA, 1995; CORREIA et al., 2020).

3.4 Capacidade espumógena do xampu

A capacidade espumógena se refere à habilidade de uma solução para produzir uma espuma estável. Isso é medido através de testes, como o teste de Ross-Miles (AMARAL; NEVES; OLIVEIRA; BAHIA, 2008), que avalia a quantidade e a estabilidade da espuma gerada a partir de uma determinada solução.

Em termos de capacidade de produção de espuma, os testes foram realizados utilizando água destilada e o xampu base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ na concentração de 0,1 %, o qual produziu uma coluna de espuma bastante satisfatória e estável após o tempo de análise pré-determinado, conforme mostra a Figura 4. Os valores de volume de espuma foram respectivamente de 13 mL, 17 mL e 19 mL.

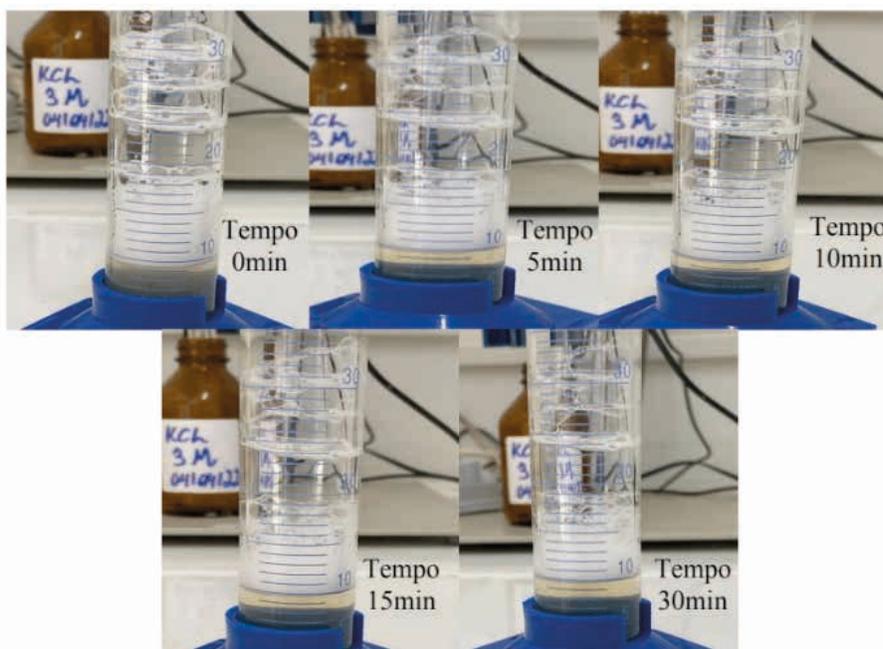


Figura 4 – Testes da capacidade espumógena nos tempos de 0; 5; 10; 15 e 30 min.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Vale destacar que os testes de capacidade espumógena foram realizados em triplicata e não houve alteração no resultado final. Além disso, após o teste de estabilidade acelerada foi realizado novamente os testes de capacidade espumógena e, obteve-se como resultado uma coluna de espuma satisfatória, assim como para o xampu inicial.

3.5 Determinação de sódio por espectrometria atômica

Inicialmente foi realizado uma curva de calibração com as soluções padrão de sódio, relacionando as intensidades de emissão do sódio em função de suas respectivas concentrações, conforme é mostrado no gráfico da Figura 5.

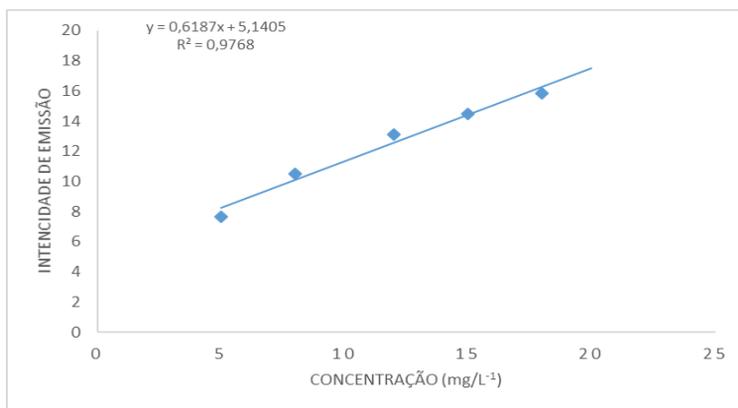


Figura 5 – Curva de calibração de sódio.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para fins de análise e comparação, duas amostras de xampus comerciais (xampu marca A e xampu marca B) foram escolhidas para comparar seus resultados quanto a concentração de sódio em relação ao xampu base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ proposto. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 6.



Figura 6 – Concentração de sódio nos xampus de marca A, B e no xampu base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O xampu base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ apresentou uma concentração de $0,80 \text{ g}_{\text{Na}}/\text{L}$ em sua composição, enquanto o xampu de marca A uma concentração de $24,66 \text{ g}_{\text{Na}}/\text{L}$ e o de marca B de $12,12 \text{ g}_{\text{Na}}/\text{L}$. Isso equivale a aproximadamente 30 vezes mais sódio no xampu de marca A do que no xampu base de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ e 15 vezes mais no xampu de marca B. Estes resultados comprovam o sucesso da substituição dos sais de sódio pelo composto $\text{Fe}(\text{DS})_3$, levando a obtenção de uma nova formulação de xampu, sem a presença dos sais de sódio, muitas vezes indesejáveis.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de um novo xampu base contendo $\text{Fe}(\text{DS})_3$ em sua formulação com baixo teor de sódio foi bem-sucedida. Nesse sentido, este novo produto apresenta-se como uma alternativa ao mercado para a classe dos ditos xampus sem sal, em especial aos sais de sódio, uma vez que o sal de $\text{Fe}(\text{DS})_3$ substituiu os surfactantes de sódio, bem como o NaCl , presentes nas formulações encontradas no varejo atualmente.

O xampu desenvolvido manteve-se dentro de parâmetros estabelecidos pela ANVISA, tais como pH, características organolépticas e capacidade espumógena, antes e após o teste de estabilidade acelerado.

Através da análise por espectrometria atômica foi possível calcular os valores das concentrações de Sódio (Na°) nas amostras de xampus comerciais e do novo xampu preparado. O xampu proposto neste trabalho apresentou uma redução expressiva do elemento quando comparado aos xampus comerciais.

Portanto, os resultados deste trabalho apresentam potencial para o desenvolvimento de uma nova linha de xampus sem sais de sódio, além disso, outras vantagens foram observadas, como a facilidade de preparo, baixo custo e baixa toxicidade.

REFERÊNCIAS

ALLEMAND, A. G. S; DEUSCHLE, V. C. K. N. **Formulações em cosmetologia**. Porto Alegre: SAGAH, 2018, p. 95-102.

AMARAL, M.H.; NEVES, J.; OLIVEIRA, A.Z.; BAHIA, M.F. **Formability of detergent solutions prepared with different types of surfactants and waters**. Journal of Surfactants and Detergents, v.11, p. 275–278, 2008.

AMIRALIAN, L.; FERNANDES, R, C. **FUNDAMENTOS DA COMESTOLOGIA - SHAMPOOS**, Phisalia Produtos de Beleza Ltda. Osasco SP, Brasil, 2018.

BALASUBRAMANIAN, N.; Scented Oils and Perfumes. In: Chemical Technology in Antiquity. American Chemical Society, p. 219-244, 2015.

BARBOSA, E.; SILVA, RR. **Xampus**. Química Nova na Escola. 1995; 2: 36.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos**. 2. ed. Brasília: ANVISA, 2008. 121 p. Disponível em: Acesso em: 03 mar. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). **Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos**. Brasília, 2004. Disponível em: < <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cosmeticos.pdf>>. Acesso em: 19 setembro 2022.

CALEFFI, R. HEIDEMANN, TR. **Cloreto de sódio: análise de sua função na formulação de xampus para manutenção de cabelos quimicamente tratados**. São Paulo, 2007.

CHAUDHRI, S. K.; JAIN, N. K. **History of cosmetics**. Asian Journal of Pharmaceutics (AJP), v. 3, n. 3, p. 164-167, 2014.

CORREIA, D.; MÜNCHEN, S.; RODRIGUES, C.; SAUERWEIN, I. P. S.; **Xampu com ou sem sal: uma temática nas aulas de química no ensino médio**. Revista experiências em Ensino de ciências, v. 9, n. 2, p. 17-31, 2014.

DRAELOS, Z. D. Essentials of Hair Care often Neglected: Hair Cleansing. **International Journal of Trichology**. p. 24-29, 2010. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3002407/>>. Acesso em: 10 janeiro 2023.

DUARTE, H. A.; **FERRO - UM ELEMENTO QUÍMICO ESTRATÉGICO QUE PERMEIA HISTÓRIA, ECONOMIA E SOCIEDADE**. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170443>. Acesso em: 19 setembro 2022.

LOYD, V. A. J.; NICHOLAS, G. P.; HOWARD, C. A. **Formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos**. Porto Alegre: Artmed, 9 ed. 2013, 371 p.

PRADHAN, K., PAUL, S., & DAS, A. R. **Fe(DS)₃, an efficient Lewis acid-surfactant-combined catalyst (LASC) for the one pot synthesis of chromeno [4, 3-b] chromene derivatives by assembling the basic building blocks**. Tetrahedron Letters, v. 54, p. 3105-3110, 2013.

SOUZA, S. Cosmetologia II. **IDENTIFICAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS EM COSMÉTICOS CAPILARES**. UNIASSELVI, 2015. p. 21-43.

BIOADSORCIÓN DE CROMO (VI) DE AGUAS CONTAMINADAS POR LA BIOMASA DE *Arnica montana*

Data de aceite: 01/03/2023

Ismael Acosta Rodríguez

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis
Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México.
ORCID: 0000-0001-8620-2727

Iveth Guadalupe Torres Vigil

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis
Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México

Deysi Anel Juárez Torres

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis
Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México

Luis Miguel Grimaldo Aguilar

Laboratorio de Micología Experimental
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis
Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México

José Francisco Navarro Castillo

Departamento de Computación de
Posgrado
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de San Luis
Potosí, S.L.P.
San Luis Potosí, S.L.P., México
<https://scholargoogle.com.mx> Francisco
Navarro Castillo

RESUMEN: El cromo (Cr) es uno de los principales contaminantes de los desechos industriales, asociado con diversos daños a la salud humana; en la actualidad, la contaminación del agua ha sufrido un gran aumento, por el irracional vertimiento de efluentes contaminantes sin algún tratamiento previo en los diferentes reservorios de aguas para uso humano. Ante esta problemática, se están analizando procedimientos innovadores que sean económicos, eficientes, y de fácil obtención, como el aprovechamiento de algunos materiales biológicos, como las biomásas vivas y/o muertas de microorganismos y plantas, como *Arnica montana*, de la cual se ha descrito que tiene propiedades medicinales, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad de

remoción de Cr (VI) en solución acuosa mediante la biomasa de *Á. montana*, empleando el método colorimétrico de la Difenilcarbazida modificando variables fisicoquímicas (pH, temperatura, tiempo, concentración de metal y de biomasa). Los resultados obtenidos indican que la biomasa eliminó completamente 100 mg/L del metal en una solución acuosa, a 28°C, pH 1.0, a las 24 h, 100 rpm y 5 g de biomasa. Por otra parte, si se aumenta la temperatura de incubación, aumenta el porcentaje de remoción, pues la biomasa elimina totalmente el metal a las 2.5 h a 60°C. Además, si se aumenta la concentración del metal, disminuye el porcentaje de remoción de éste, pues con 200 mg/L a 28°C, se remueve el 96% de Cr (VI) a las 24 h. Finalmente, 5 g de biomasa, eliminan completamente el metal a los 3 y 5 días, a partir de tierra y agua contaminados. Por lo anterior, esta biomasa se puede utilizar para eliminar este contaminante de los diferentes sitios contaminados.

PALBRAS CLAVE: Remoción, Cromo (VI), Aguas contaminadas, Arnica.

ABSTRACT: Chromium (Cr) is one of the main pollutants in industrial waste, associated with various damages to human health; At present, water pollution has suffered a great increase, due to the irrational dumping of polluting effluents without any previous treatment in the different water reservoirs for human use. Faced with this problem, innovative procedures that are economical, efficient, and easily obtained are being analyzed, such as the use of some biological materials, such as the living and/or dead biomasses of microorganisms and plants, such as *Arnica montana*, from which described that it has medicinal properties, so the objective of this work was to determine the removal capacity of Cr (VI) in aqueous solution through the biomass of *A. montana*, using the Diphenylcarbazine colorimetric method modifying physicochemical variables (pH, temperature, time, metal and biomass concentration). The results obtained indicate that the biomass completely eliminated 100 mg/L of the metal in an aqueous solution, at 28°C, pH 1.0, at 24 h, 100 rpm and 5 g of biomass. On the other hand, if the incubation temperature is increased, the removal percentage increases, since the biomass totally eliminates the metal after 2.5 h at 60°C. In addition, if the concentration of the metal is increased, the percentage of its removal decreases, since with 200 mg/L at 28°C, 96% of Cr (VI) is removed after 24 h. Finally, 5 g of biomass, completely eliminate the metal at 3 and 5 days, from contaminated soil and water. Therefore, this biomass can be used to remove this contaminant from the different contaminated sites.

KEYWORDS: Removal, Chromium (VI), contaminated Waters, Arnica.

INTRODUCCIÓN

El cromo es un elemento que principalmente existe en dos estados, Cr hexavalente [Cr (VI)] y Cr trivalente [Cr (III)]. El cromo hexavalente, también conocido como Cromo 6 (Cr⁺⁶), es un poderoso oxidante, altamente tóxico, según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), se le ha clasificado en el Grupo 1 (un agente carcinogénico) (Pérez et al., 2014). Mientras que algunas formas menos tóxicas del metal ocurren naturalmente en el ambiente (suelo, rocas, polvo, plantas, y animales). El Cr (VI) se utiliza en galvanoplastia, fabricación y soldadura de acero inoxidable, pigmentos y colorantes, revestimientos de superficies, curtido de cuero, minería, agricultura y vehículos

automotores, entre otras actividades antropogénicas (Reyes et al., 2021). El metal se origina a partir de los desperdicios y contaminantes industriales, siendo un gran riesgo para la salud humana. La contaminación por metales pesados en México es un problema que va en aumento debido a varias actividades antropogénicas, específicamente la minería. Los principales metales contaminantes en México dada su toxicidad y abundancia son: mercurio, arsénico, plomo y cromo (Simsek et al., 2016).

Una alternativa para contribuir en la solución de la contaminación por metales pesados es el uso de biomásas vegetales para la remoción de éstos. En la literatura se han reportado diferentes biomásas con capacidad de acumulación de diferentes metales pesados (Simsek et al., 2016). Por otro lado, en México se ha descrito una gran variedad de especies que tienen el nombre común de “Árnica”; el nombre se deriva de una especie originaria de Europa Central con estas mismas características. Esta planta tuvo una rápida diseminación por Asia y América del Norte, y en todos los casos ha sido utilizada con fines terapéuticos (Horta et al., 2013).

Árnica montana pertenece a la familia *Asteraceae*, y es la especie más conocida y distribuida usada bajo este nombre en nuestro país, principalmente en el Occidente de México, en el Valle de México y en el centro del país: Colima, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz (Heijen et al., 2009). Es una planta vivaz, de tallo erguido que alcanza de 15 a 60 cm de altura y sus hojas ovales forman una roseta basilar en el suelo. Las flores de color amarillo son grandes y terminales, tallo de unos 30 cm de altura, hueco, veloso y áspero, ramas colocadas de 2 en 2, simples, derechas, desnudas y con una flor terminal amarilla. Las hojas son ovaladas y semejantes a las del llantén, ásperas por encima y lampiñas por el envés. Las flores y la raíz tienen sabor acre, aromático y un olor fuerte (Horta et al., 2013). Las flores, las hojas, la raíz y rizoma de esta planta poseen propiedades farmacológicas principalmente antiinflamatorias, analgésicas y antibacterianas (Horta et al., 2013).

JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones (INEM), en el país el 85% de las descargas industriales se vierten directamente en los diferentes reservorios de agua sin un tratamiento previo. La contaminación química genera exposiciones crónicas a bajas dosis cuyos efectos se asocian, por ejemplo, con el incremento de cáncer en las zonas contaminadas por metales pesados como el Cr (VI). Considerando que la contaminación ambiental es un factor que impacta negativamente la salud y el planeta, es de vital importancia la investigación y obtención de métodos eficientes para contribuir en el proceso de disminución y/o eliminación de dichos contaminantes. El uso de biomásas vegetales podría ser una gran alternativa para contribuir en la solución de la contaminación por

metales pesados vertidos en el agua.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la capacidad de remoción de Cr (VI) en solución mediante la biomasa de *Á. montana*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la capacidad de *Á. montana* para la remoción de Cromo hexavalente en solución.
2. Determinar las condiciones óptimas de remoción del metal en solución (tiempo de incubación, pH, temperatura, concentración inicial de Cr (VI) y de la biomasa).
3. Analizar la capacidad de esta biomasa para eliminar el metal a partir de tierra y agua contaminados

METODOLOGÍA

Obtención de la biomasa de *Árnica montana*

La planta se obtuvo de una tienda naturista del mercado Republica de la ciudad capital de San Luis Potosí, S.L.P, México en enero de 2022. Para la obtención de la biomasa, la planta se lavó por 24 h con EDTA al 10% (p/v), posteriormente se lavó durante una semana con agua tridesionizada con agitación constante y cambios de agua cada 24 h. Después se hirvió durante 60 minutos para eliminar el polvo y los componentes orgánicos adheridos, se volvió a lavar en las condiciones anteriores durante 24 horas. En seguida se deseca en una estufa bacteriológica a 80°C por 24 horas, se molió en licuadora y se almacenó en un frasco ámbar hasta su uso.

Soluciones de Cr (VI)

Se trabajó con 100 mL de una solución de 100 mg/L de Cromo (VI) obtenida por dilución de una solución patrón de 1.0 g/L preparada en agua tridesionizada a partir de K_2CrO_4 . Se ajustó el pH de la dilución a analizar con HNO_3 1 N y/o NaOH 1 N, antes de adicionarla a la biomasa.

Estudios de remoción

Para los experimentos relacionados con la remoción, 5.0 g de la biomasa de *Á. montana* (previamente esterilizada a 15 libras y 120°C, en matraces Erlenmeyer de 250 mL), se mezclaron con 100 mL de una solución de 100 mg/L de Cromo (VI) [a diferentes valores de pH, temperaturas y concentraciones iniciales de Cr (VI)], así como con agua y

tierra contaminados con el metal], se incubaron a 28°C y 100 rpm, tomando a diferentes tiempos, alícuotas de 5 mL cada una, las cuales se centrifugaron a 3000 rpm (5 min), y al sobrenadante respectivo se le determinó la concentración del metal en solución, utilizando el método espectrofotométrico de la Difenilcarbazida (Greenberg et al., 1998). Los experimentos se realizaron 2 veces y por duplicado.

Método espectrofotométrico de Difenilcarbazida para la determinación de Cromo (VI)

A un matraz volumétrico de 50 mL se le añadieron 0.5 mL de una solución de H_2SO_4 1:1 (v/v), 0.1 mL de H_3PO_4 al 85% (v/v) y 1.0 mL de la solución de Difenilcarbazida. Posteriormente se agregaron 5 mL de la muestra problema, se agita, y se afora a 50 mL con agua tridesionizada, y posteriormente se deja reposar por 5 minutos para que se desarrolle completamente el color púrpura (Figura 1). La absorbancia de la muestra se mide en un Espectrofotómetro de luz UV-Visible (Shimadzu modelo 160-A) a una longitud de onda de 540 nm, usando como referencia un blanco preparado con agua tridesionizada de acuerdo con el procedimiento (Greenberg et al., 1998). Se realizó el procedimiento anterior a diferentes valores de pH (1, 2, 3 y 4), temperaturas (28, 40, 50 y 60°C) y diferentes concentraciones de Cr (VI) a pH 1.0, a 28°C y 60°C (200, 400, 600, 800 y 1000 mg/L).



Figura 1.- Reacción de Cr (VI) con la Difenilcarbazida.

a) 400 mg/L, b) 600 mg/L, c) 800 mg/L, d) 1000 mg/L

Ensayo de biorremediación

Se utilizó tierra y agua contaminados con aproximadamente 200 mg/g de Cr(VI) y 200 mg/L de Cr (VI), obtenidos de una Tenería de Celaya, Guanajuato, México. A matraces Erlenmeyer de 250 mL conteniendo 5 g de biomasa, se les agregaron 5 g de tierra contaminada (pH 6.8) y 95 mL de agua contaminado (pH 8.2). Se aforó la muestra de tierra a 100 mL con agua tridesionizada estéril, y se incubaron a 28°C con agitación constante (100 rpm), y a diferentes intervalos de tiempo se les determinó la concentración de Cromo

(VI) en el sobrenadante. Todos los experimentos se realizaron un mínimo de 2 veces y por duplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del pH y el tiempo de incubación

La figura 2 muestra el efecto de los diferentes valores de pH (1, 2, 3 y 4) sobre la remoción de Cr (VI). El porcentaje de remoción del metal disminuye conforme se aumenta el pH de la solución. El tiempo y pH óptimos para la remoción del Cr (VI) mediante la biomasa de *Á. montana* fue de 100 % a las 24 h, a un pH de 1.0, 100 rpm, a 28°C y 5 g de biomasa/100 mL. Es importante mencionar que a estas mismas condiciones a las 8 h se obtuvo un porcentaje de remoción de 99.6%. Al respecto se ha reportado un tiempo de 7 h para la remoción de 100 % de Cr (VI) por la biomasa de *P. erosus* (Gallegos et al., 2021). Para la remoción del mismo metal con la cascarilla de arroz el pH óptimo es entre pH 1 a 3, con un porcentaje de remoción del 72.7 % con 5 mg/L de Cr (VI) (Doria et al., 2011), 4 h a un pH entre 1 y 3, para la remoción del 100 % de Cr (VI) con raquis de *Zea mays* (Carreño et al., 2017). 60 min para el 85.9 % de eliminación de Cr (VI) por cascara seca de *Cocos nucifera L.* a un pH de 3 (Pérez et al., 2014), 2 h para la remoción de Cr (VI) por la corteza de eucalipto (Sarin & Pant, 2006), y 50 min con 1 g de biomasa se remueve totalmente el metal utilizando la biomasa de cascara de mamey (Acosta et al., 2012).

El pH tiene un efecto importante en los iones metálicos en solución debido a que su estado de oxidación puede variar según las condiciones del medio, en particular, el Cr (VI) a pH ácido experimenta una reacción de óxido reducción. Cambios en la permeabilidad celular de origen desconocido podrían explicar en parte las diferencias encontradas en el tiempo de incubación, proporcionando mayor o menor exposición de los grupos funcionales de la pared celular de las biomásas analizadas (Abbas et al., 2014)

En la figura 3, se observa que, a mayor temperatura, se incrementa la remoción del metal, ya que la temperatura aumenta la actividad de la carga superficial activa y la energía cinética del bioadsorbente, mejorando así la remoción de iones metálicos (Gallegos et al., 2021). La temperatura más eficiente de remoción del metal fue de 60°C, con un 100% de eliminación de Cr (VI), en 2.5 h. La literatura reporta que, a 60 °C, a los 12 min se remueve el 100% de Cr para la cáscara de mamey (Acosta, et al., 2012), para la cáscara de aguacate la remoción de Cr disminuyó gradualmente al disminuir la temperatura (Netzahuatl, et al., 2010), y para la cáscara de plátano a 60 °C, se remueve el 100 % del metal a los 20 min (Torres et al., 2012).

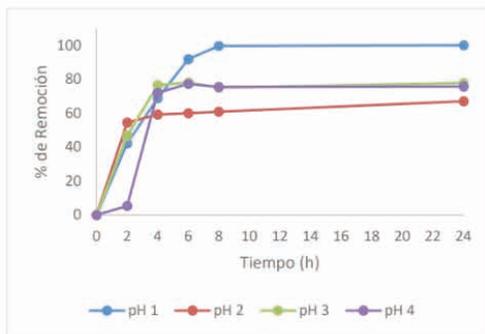


Figura 2. Efeito do pH sobre a remoção de Cr (VI) em solução. 5 g de biomassa, 28°C, 100 rpm.

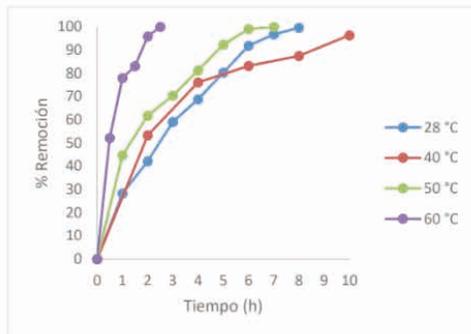


Figura 3. Efeito da temperatura sobre a remoção de Cr (VI) em solução. 5 g de biomassa, pH 1.0, 28°C, 100 rpm.

Efeito de la concentración inicial del metal sobre la remoción de Cromo (VI)

Por otra parte, la influencia de diferentes concentraciones iniciales del metal en la remoción a 28°C mostró que, a una baja concentración del metal, se obtiene un mayor porcentaje de remoción (95.6%, 200 mg/L) a 28°C, a las 24 horas. En la figura 4 a y b, se muestran los resultados de remoción obtenidos para cada uno de los tiempos analizados a 28°C y 60°C. Con respecto al efecto de la concentración inicial a 60°C, se obtuvieron resultados similares para la remoción de 200, 400 y 600 mg/L del metal, removiendo entre 90 a 100 % del metal entre 60 min y 120 min. Sin embargo, se puede observar que, a mayor concentración inicial del metal, disminuye la velocidad y remoción de éste. Estos resultados son diferentes para lo reportado con la biomasa de cascarilla de arroz, con una concentración inicial de 3 mg/L, la velocidad de adsorción es menor y el porcentaje de remoción bajo (22 %) a los 180 min (Doria et al., 2011). En contraste, para este mismo tiempo de incubación y a una concentración del metal de 0,3 mg/L (Doria et al., 2011), se obtiene una remoción del 98%, para la biomasa de cascara seca de Cocos *nucífera*, sin embargo, para concentraciones de 2,5 y 3 mg.dm³) se obtienen valores de remoción inferiores al 90 % (Pérez et al., 2014).

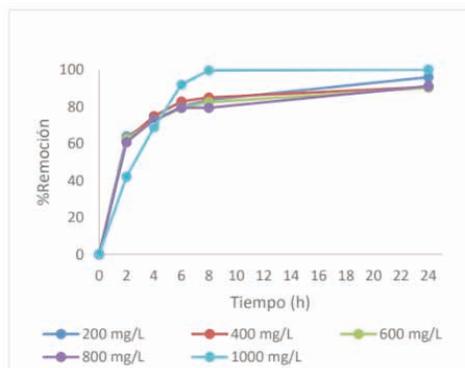


Figura 4a. Efeito de la concentración inicial del Cr (VI) en solución. 5 g de biomasa, pH 1.0, 28°C, 100 rpm.

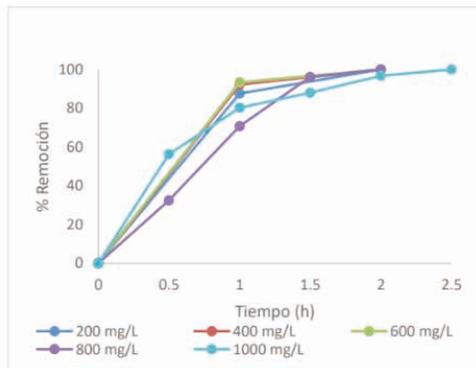


Figura 4b. Efeito de la concentración inicial del Cr (VI) en solución. 5 g de biomasa, pH 1.0, 60°C, 100 rpm.

Efeito de la concentración de biomasa sobre la remoción de 1 g/L de Cr (VI)

En la figura 5 se muestra que, si se aumenta la cantidad de biomasa de 1 a 5 g, también incrementa la remoción del metal de un 56.1% para 1 g de biomasa a las 24 h, mientras que, con 5 g de biomasa, la remoción es del 100% en el mismo tiempo de incubación. Esto se debe a que hay más sitios de unión disponibles para la bioadsorción de éste, ya que la cantidad de bioadsorbente añadido determina el número de sitios disponibles para la bioadsorción de metales pesados (Gallegos et al., 2021). Los resultados obtenidos coinciden con algunos reportes de la literatura, como para la cáscara de plátano donde al aumentar la cantidad de biomasa, también aumenta la remoción del Cr (VI) (Torres et al., 2012), al igual que para la cáscara de litchi y naranja. (Acosta et al., 2012).

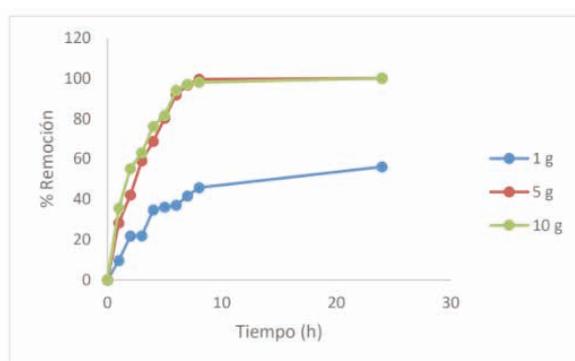


Figura 5. Efeito de la concentración de la biomasa sobre la remoción de 1 g/L de Cr (VI), pH 1.0, 28°C, 100 rpm.

Biorremediación de tierra y agua contaminados

Con el posible objetivo de utilizar biomazas de *Á. montana* en la eliminación del metal de desechos industriales, se realizó un ensayo de biorremediación en solución acuosa, en el cual se incubaron 5 g de biomasa con 5 g de tierra no estéril contaminada con 200 mg de Cromo (VI) / g de tierra con pH de 6.8 y 95 mL de agua contaminada con 200 mg del metal/L con pH 8.2, resuspendiendo la tierra en agua tridesionizada a un volumen final de 100 mL, a 28°C y 100 rpm. En la figura 6, se observa que después de 3 y 5 días de incubación la concentración de Cr (VI) de las muestras de tierra y agua se eliminó completamente el metal de las muestras contaminadas. La capacidad de remoción de este metal en agua y tierra contaminadas, es igual o mejor que otros estudios realizados, por ejemplo, la remoción para el mismo metal por *P. erosus* en solución acuosa a las 24 h fue de 100% (Gallegos et al., 2021), en muestras obtenidas a partir de un residual generado en Santiago de Cuba, con porcentajes de remoción de Cr (VI) de 96,85 % y 93,71 % para la biomasa de *C. nucífera* L. (Pérez et al., 2014), por *A. bisporus* (Monreal et al., 2021), para la biomasa de *C. sativum* (Reyes et al., 2021), para la biomasa de *A. comosus* (Acosta et al., 2019), y utilizando cáscara de naranja y cascara de mamey (Acosta et al., 2012).

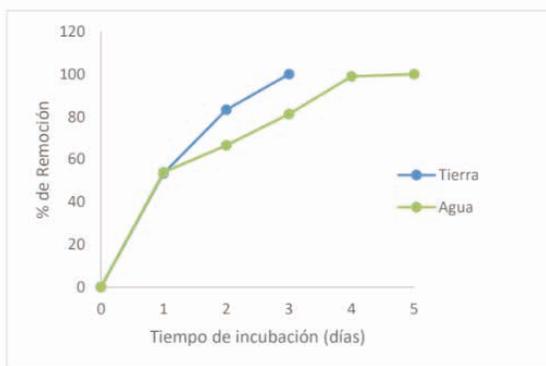


Figura 6. Ensayo de biorremediación de tierra y agua contaminados con 5 g de biomasa, 28°C, 100 rpm.

CONCLUSIONES

En la última década, se ha estudiado la capacidad de remoción de diferentes metales pesados de sitios contaminados por materiales de bajo costo, con resultados prometedores. Entre estos adsorbentes se encuentran microorganismos muertos, minerales arcillosos, desechos agrícolas, desechos industriales y otros materiales. En este trabajo se analizó la biomasa de una planta comercial de *Á. montana* para la remoción de Cromo (VI) en solución acuosa, con las siguientes conclusiones:

1. La biomasa de *Á. montana* eliminó completamente 100 mg/L de Cr (VI) en una

solución acuosa, a 28°C, pH 1.0, a las 24 h y 100 rpm.

2. Si aumenta la temperatura de incubación, aumenta la eficiencia de eliminación.
3. A menor concentración de metal, es mayor la eficiencia de remoción.
4. Si se aumenta la cantidad de biomasa, aumenta la remoción de Cr (VI)
4. En pruebas de biorremediación se encontró que la biomasa remueve eficientemente el metal de tierras y aguas contaminados con Cr (VI), por lo tanto, su aplicación es viable para el tratamiento de aguas y tierras contaminados, además, la biomasa utilizada es natural, de fácil obtención, manejo, y costo accesible.

REFERENCIAS

1. Villaseñor R., J.L. y F.J. Espinosa G.,1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
2. del Puerto Horta, M., Casas Insua, L., & Cañete Villafranca, R. 2013. Usos más frecuentes de *Arnica montana*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(2), 315-326. Recuperado en 05 de mayo de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000200014&lng=es&tlng=es.
3. Vargas-Vizuet, A.L., Lobato-Tapia, C.A., Tobar-Reyes, J.R., Solano-de la Cruz, M.T., Ibáñez Martínez, A., & Romero Fernández, A. 2021. Medicinal plants used in the region of Teziutlán, Puebla, Mexico. *Boletín Latinoamericano Y Del Caribe De Plantas Medicinales Y Aromáticas*, 21(2), 224-241. <https://doi.org/10.37360/blacpma.22.21.2.14>
4. Santoyo G. 2017. El cromo (VI) induce la frecuencia demutación y pérdida de heterocigocidad en *Saccharomyces cerevisiae*, 21(1), 34-39. Recuperado 07 de mayo de 2022, de El cromo (VI) induce la frecuencia de mutación y pérdida de heterocigocidad en *Saccharomyces cerevisiae* | Santoyo | TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas (unam.mx)
5. Covarrubias, S.A., & Cabriales, J.J. P. 2017. Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33, 7-21. Recuperado 07 de mayo de 2022, de Contaminacion por metales pesados problematica y alternativa fitoremediacion.pdf (unne.edu.ar)
6. Riojas-Rodríguez, H., Schilman, A., López-Carrillo, L., & Finkelman, J. 2013. La salud ambiental en México: situación actual y perspectivas futuras. *Salud Pública de México*, 55(6), 638-649. Recuperado en 13 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342013001000013&lng=es&tlng=es.
7. Herrera, G.M.D., & Hormaza Anaguano, A. & Gallego Suarez, D. 2011. Cascarilla de arroz: material alternativo y de bajo costo para el tratamiento de aguas contaminadas con cromo (VI). *Gestión y Ambiente*, 14(1),73-83. [fecha de Consulta 13 de Mayo de 2022]. ISSN: 0124-177X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169422215006>
8. Hernández-Berriel, M.C., & Solache Ríos, M.J., & Cosme-Torres, I., & Flores-Alamo, N., & Carreño-De León, M.C. 2017. Adsorption of Cr (VI) by *Zea mays* rachis. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(1),263-271. [fecha de Consulta 13 de Mayo de 2022]. ISSN: 1665-2738. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62049878025>

9. Sarin, V. and Pant, K.K. 2006. Removal of chromium from industrial waste by using eucalyptus bark. *Bioresource Technology*. 97: 15-20
10. Pérez Silva, R.M., Calzado Lamela, O. Cascaret C., Dannis A., Tur Naranjo, E. 2014. Adsorción de Cr(VI) por *Cocos nucifera* L. en residuales de Fibrocemento en Santiago de Cuba. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XVI(1),9-18.[fecha de Consulta 13 de Mayo de 2022]. ISSN: 0123-3475. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77631180001>
11. Abbas, S.H., Ismail, I.M., Mostafa, T.M. & A.H. Sulaymon, A.H. 2014. Biosorption of heavy metals: A Review. *J. Chem. Scien. Technol.*, 3 (4), 74-102.
12. Domínguez L., Miguel I., Albis A., Cajar R., Laura V. 2015. Análisis cinético de la Adsorción de Cr (VI) en soluciones acuosas a concentraciones de 10-20 mg/L con el uso de cáscara de yuca amarga (*Manihot esculenta*). *PROSPECTIVA*, 13(2),64-71. [fecha de Consulta 13 de Mayo de 2022]. ISSN: 1692-8261. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250642008>
13. Acosta Rodríguez I, Enríquez Domínguez E, Rodríguez Pérez A, Cárdenas González J.F., Martínez Juárez V.M., Tovar Oviedo J. 2021. The Use of the Biomass of a Macromycete Fungus for the Bioremediation of Chromium (VI) in Solution. *J. Advan. Microbiol.* 21(11): 15-27. Article No. JAMB.75464.
14. Reyes Barbosa AS, Purata Díaz, ME, Olivo Fat P, Cárdenas González JF, Enriquez Domínguez E, Rodríguez Pérez AS, et al. 2021. Application of Coriandrum sativum biomass in the removal of Chromium (VI) from polluted waters. *JMEST*. 8(4):13842-13847. www.jmest.org.
15. Acosta Rodríguez I, Cárdenas González JF, Galaviz Orocio K, Rodríguez Pérez A, Michel Cuello C, Muñoz Morales A. 2019. Biosorption of Chromium (VI) in aqueous solution by *Ananas comosus* biomass shell. *Mod. Conc. Develop. Agron.* 4(1):1-6. DOI:10.31031/MCDA.2019.04.000584.
16. Acosta, I., Sandoval, P., Bautista, D., Hernández, N., Cárdenas, J.F., & Martínez, V. M. 2012. Bioadsorción de Cromo (VI) por la cáscara de Mamey (*Mammea americana* L.). *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 3(2), 1-9.
17. Netzahuatl-Muñoz, A.R., Pineda-Camacho, G., Barragán-Huerta, B.E., & Cristiani-Urbina, E. 2010. Evaluación de la cáscara del aguacate para la remoción de cromo hexavalente y cromo total de soluciones acuosas. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 41, 1-10.
18. Torres, L., Cárdenas, J.F., Moctezuma, M.G, Acosta, I., & Martínez, V. M. (2012). Remoción de cromo hexavalente por la cascara de Plátano (*Musa cavendishii*). *Química Hoy*, 2(4_Especial), 71-74.
19. Acosta-Rodríguez, I., González, H., Moctezuma-Zárate, M., Cárdenas, J. & Martínez, M. 2012. Remoción de Cromo (VI) en solución por la cáscara de naranja (*Citrus sinensis* Osbeck). *Revista Académica de investigación*, 9, 1-16.
20. Vibrans H. 2009. Malezas de México, consulta 05 mayo 2022 <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/heterothecainuloides/fichas/ficha.htm>
21. Martínez-Pérez, R., Sandoval-Ibarra, P., Cárdenas-González, J.F., Martínez-Juárez, V.M., & Acosta-Rodríguez, I. 2011. Reducción y remoción de cromo VI en solución por la cascara de lichee (*Litchi chinensis* Soon). *Geoquímica Ambiental*, 2(1), 1-8.

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em Química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011), em Ciências Biológicas (2021) e em Física (2022) pela Faculdade Única. Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista em Ciências Naturais e Mercado de Trabalho (2022) pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase no desenvolvimento de um bioadsorvente para remoção de íons As(V), Sb(III) e Se(IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutorado em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea ($\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ e $\text{TiO}_2/\text{Solar}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$) para remoção de contaminantes de preocupação emergente (CPE) em diferentes matrizes aquáticas. Realizou o primeiro estágio de Pós-Doutorado (de maio de 2020 a abril de 2022) na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase na aplicação de novos agentes oxidantes utilizando radiação solar para remoção de CPE em efluentes de uma estação de tratamento de esgoto. Atualmente está realizando o segundo Estágio Pós-Doutorado (abril de 2022 - atual) na UFU na mesma linha de pesquisa. Atuou como Técnico de Laboratório/Química no Instituto Federal de Goiás (junho/2010 – janeiro/2022) durante 11 anos como técnico químico no Instituto Federal de Goiás, tendo sido responsável pela análise de parâmetros físico-químicos e biológicos de água e efluentes de estação de tratamento. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de acompanhamento do CPE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV C}$, $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ e foto-Fenton e outros) para remoção de CPE em efluentes de estação de tratamento de efluentes para reuso; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) alfabetização científica e processos de alfabetização na área de Ciências Naturais, especialmente biologia e química.

A

- Ações antrópicas 20, 21, 29
- Águas contaminadas 52, 53, 61
- Análises físico-químicas 37, 38
- Aplicativo 27, 30
- Aplicativo (app) 27, 29
- Aprendizagem significativa 1, 2, 5
- Árnica montana* 52, 54, 55, 61
- Atividade gamificada 28
- Atividades experimentais 6, 7, 8, 9, 10, 14, 16, 18, 19
- Aula experimental 10
- Avaliação diagnóstica 1, 2
- Avanços neoliberais 22, 30

B

- Base Nacional Comum Curricular (BNCC) 11, 34
- Bioadsorbente 57, 59
- Biodegradáveis 41
- Biomassa 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61
- Biorremedación 56, 60

C

- Cabelos 39, 40, 41, 48, 51
- Características organolépticas 39, 40, 50
- Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) 11
- Componentes curriculares 11
- Conceitos âncoras 1, 2
- Conhecimento científico 17, 22, 29
- Consciência ambiental 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32
- Contaminantes 52, 54, 63
- Cor 15, 41, 43, 46
- Cosméticos 41, 46, 48, 51
- Couro cabeludo 41, 45

D

- Degradação ambiental 22, 29, 30

Densidade 13, 14, 15, 17, 37, 38

E

Educação Ambiental (EA) 20, 21, 22, 24, 25, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 63

Educação básica 2, 7, 8, 11, 20, 24

Efluentes 52, 63

Ensino de química 1, 2, 5, 6, 12, 17, 18, 19, 63

Ensino médio 6, 8, 10, 11, 12, 18, 19, 24, 51

Ensino remoto 1, 2, 5

Enzimas diastáticas 37

Espectrometria de Absorção Atômica (FAAS) 43

Espumógenos 45

F

Fenômeno químico 1, 3

Ferramentas digitais 20, 26, 27, 31

G

Game 21, 26, 28, 29

H

Hidrofílica 46

Higiene pessoal 39

Homem-meio ambiente 24, 25

I

Interdisciplinaridade 6, 7, 11, 25, 32

Itinerários formativos 11

J

Jogo didático 26, 28

Jogos digitais 20, 26, 36

K

Kahoot 27, 32

L

Lauril éter sulfato de sódio 39, 41, 44

Lauril sulfato de sódio 39, 41, 44

Leite 1, 2, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 40

Lipofílica 46

M

Meio ambiente 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 33, 34

Méis 37, 38

Método colorimétrico 53

Método de *Lane Eynon* 37

Metodologia alternativa 2

Microorganismos 52, 60

O

Odor 13, 18, 43, 46

P

Pandemia 1, 4, 27

Pensamento crítico 25, 27

Periferização da vida 22, 29, 30

Plano de aula 1, 2

Potencial hidrogeniônico (pH) 37, 38, 43, 46, 47

Práticas pedagógicas 7, 21, 22, 27, 31

Processo de ensino-aprendizagem 2, 6, 20, 22, 26, 27, 28, 29

Produtos de beleza 39, 50

Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) 2

Q

Questionário virtual 3

Questões ambientais 20, 21, 25, 27, 28, 35

Questões socioambientais 22, 26, 29

R

Reação de *Jagerschmidt* 37, 38

Reação de *Lund* 37, 38

Reações de oxirredução 1, 2

Recursos didáticos 12

Recursos naturais 24, 26

Remoción 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62

S

Sabão 40

Sala virtual 2

Surfactantes 39, 41, 44, 50

T

Tensão superficial 41, 45

Teste de estabilidade 40, 43, 47, 49, 50

Transdisciplinar 21

Transformação química 1

Tratamiento de aguas 61

V

Videogame 20, 21, 22, 27, 28, 29, 31

Viscosidade 41, 44, 45

X

Xampus 40, 41, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

CIÊNCIA QUÍMICA:

Descobertas, criação e transformação

 **Atena**
Editora
Ano 2023

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

CIÊNCIA QUÍMICA:

Descobertas, criação e transformação

 **Atena**
Editora

Ano 2023