

# Princípios de química

# 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)



# Princípios de química

# 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

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<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof<sup>o</sup> Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
P957	Princípios de química 2 / 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 978-65-258-0977-9 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.779230501">https://doi.org/10.22533/at.ed.779230501</a>  1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.  CDD 540
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://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: “Princípios de Química 2” é constituído por seis capítulos de livro que investigaram: *i)* ensino de química, sustentabilidade e metodologias ativas; *ii)* química dos produtos naturais e; *iii)* química verde e aplicação de metodologias analíticas mais sustentáveis.

O ensino de Química necessita romper os paradigmas impostos pela metodologia tradicional de ensino que não atingem alunos com dificuldades de aprendizagem e tão poucos os alunos que possuem alguma necessidade de cunho cognitivo. Neste sentido, o primeiro capítulo avaliou o desenvolvimento e criação de um jogo como metodologia ativa, a fim de facilitar o processo de ensino-aprendizagem e promover o estudante a condição de protagonista de seu próprio processo de aprendizagem em relação ao tema Tabela periódica. Já o capítulo 2 apresenta uma proposta de metodologia ativa destinada a inclusão escolar de alunos com Transtorno de Espectro de Autismo (TEA) e Síndrome do X Frágil (SXF) a partir do emprego de frutas (banana, kiwi, maçã verde, limão e abacaxi), de acordo com os conceitos de ácidos e bases desenvolvidos por Arrhenius. Por outro lado, o terceiro capítulo avaliou a implementação de atividades experimentais e lúdicas, a fim de facilitar o processo de ensino-aprendizagem dos alunos que englobe a contextualização e inclusão dos sujeitos estimulando a interação social e ambiental que demonstre a interdisciplinaridade da química com outras áreas de conhecimento.

O quarto capítulo abordou os resultados obtidos a partir de um experimento que identificou três compostos (ácido acetilsalicílico, paracetamol e cafeína) em diferentes amostras de formulações farmacêuticas identificadas pela cromatografia em camada fina e que foram apresentados no Programa de Olimpíadas de Química organizado pela Faculdade de Química da Universidade Autônoma do México (UNAM). O capítulo 5 investigou a síntese de amidas a partir do ácido S-Mandélico, composto largamente utilizado em formulações farmacêuticas e cosméticas, a partir de rotas mais sustentáveis e que estejam em consonância com os princípios da Química Verde. Por fim, o sexto capítulo apresentou uma metodologia de identificação e quantificação de nitrito em diferentes tipos de matrizes para fins alimentar que empregue uma reduzida quantidade de reagentes, reduzindo custos e norteando os doze princípios da Química Verde.

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.

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
USO DE ATIVIDADE LÚDICA “PERFIL QUÍMICO” PARA O ENSINO DE PROPRIEDADE PERIÓDICAS EM UMA DISCIPLINA ELETIVA	
Paulo Henrique de Carvalho Alex Junior Barbosa de Farias Deise Morone Perígolo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305011">https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305011</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>10</b>
AS FRUTAS COMO TEMÁTICA PARA O ENSINO DE ÁCIDOS E BASES: ANÁLISE DE UMA EXPERIÊNCIA SOBRE INCLUSÃO ESCOLAR	
Alexandra de Souza Fonseca Nicole Lima da Silva	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305012">https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305012</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>18</b>
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E USO DE TECNOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA	
Francisco Coutinho de Assis Curcino	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305013">https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305013</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>26</b>
IDENTIFICACIÓN DE LOS ANALGÉSICOS MÁS UTILIZADOS EN MÉXICO, POR MEDIO DE REACCIONES DE IDENTIFICACIÓN Y DE LA CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA	
Fernando León Cedeño Patricia Elizalde Galván José M. Méndez Stivalet Martha Menes Arzate Gloria Pérez Cendejas	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305014">https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305014</a>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>34</b>
SÍNTESE BIOCATALÍTICA DE AMIDAS E AMIDAS-GRAXAS DERIVADAS DO S-MANDELATO DE ETILA E POTENCIAIS APLICAÇÕES COSMÉTICAS	
Rafaely Nascimento Lima André Luiz Meleiro Porto	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305015">https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305015</a>	
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>49</b>
ESTUDO DA REDUÇÃO DE REAGENTES NA DETERMINAÇÃO DE NITRITO EM ALIMENTOS	
Daiane Einhardt Blank Gleisson Antonio de Almeida Marcelo Henrique dos Santos Antonio Jacinto Demuner	

Cristiane Isaac Cerceau  
Iara Fontes Demuner  
Marcela Ribeiro Coura  
Maria José Magalhães Firmino  
Tainá Figueiredo  
Vanusa Baeta Figueiredo Peres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7792305016>

**SOBRE O ORGANIZADOR.....57**

**ÍNDICE REMISSIVO.....58**

## USO DE ATIVIDADE LÚDICA “PERFIL QUÍMICO” PARA O ENSINO DE PROPRIEDADE PERIÓDICAS EM UMA DISCIPLINA ELETIVA

*Data de aceite: 02/01/2023*

**Paulo Henrique de Carvalho**

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Alex Junior Barbosa de Farias**

Instituto Federal do Mato Grosso –  
Campus Diamantino

**Deise Morone Perígolo**

Universidade Federal de Viçosa – Cap-  
COLUNI

**RESUMO:** Jogos e atividades lúdicas no ensino de química têm sido amplamente utilizados. O uso desses recursos estabelecem aulas mais dinâmicas, pois estimulam a curiosidade do aluno, iniciativa de participação e autoconfiança; mas também melhora o desenvolvimento da linguagem, habilidades mentais e de concentração e fortalece prática de interações sociais e trabalho em equipe. O jogo "Perfil Químico" é uma adaptação do tradicional jogo Perfil, marca registrada da brinquedoteca Grow. O jogo foi aplicado inicialmente no Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Avançado Diamantino e posteriormente a proposta foi ampliada para a Escola Estadual Plena Plácido de Castro, onde é oferecida uma disciplina

eletivas que trabalha apenas com jogos lúdicos no ensino de química e matemática, sendo os próprios alunos protagonistas na elaboração do jogo a ser executado por eles posteriormente. O objetivo foi subsidiar o ensino da tabela periódica, melhorando a compreensão dos alunos sobre a organização dos elementos e suas características particulares na tabela periódica. O jogo sozinho não é suficiente para a compreensão do conteúdo, a forma como o professor realiza a abordagem auxilia no processo e isso deve ser avaliado. A atividade mostrou-se uma excelente estratégia de protagonismo do aluno na pesquisa e elaboração das cartas e como natural a utilização de atividades lúdicas no ensino, mostrando-se um bom mecanismo de interação disciplinar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de química, Jogos lúdico, tabela periódica.

**ABSTRACT:** Games and recreational activities in chemistry teaching have been widely used. The use of these resources establishes more dynamic classes, as they stimulate the student's curiosity, participation initiative and self-confidence; but it also improves language development, mental and concentration skills and

strengthens practice in social interactions and teamwork. The "Chemical Profile" game is an adaptation of the traditional game Perfil, a trademark of the Grow toy library. The game was initially applied at the Federal Institute of Mato Grosso, Advanced Campus Diamantino and later the proposal was extended to the State School Plena Plácido de Castro, where elective subjects are offered that work only with ludic games in the teaching of chemistry and mathematics, being o the students themselves as protagonists in the development of the game to be played by them later. The objective was to support the teaching of the periodic table, improving students' understanding of the organization of elements and their particular characteristics in the periodic table. The game alone is not enough to understand the content, the way the teacher performs the approach helps in the process and this must be evaluated. The activity proved to be an excellent strategy for the student's protagonism in the research and elaboration of the letters and, as a natural, the use of playful activities in teaching, proving to be a good mechanism of disciplinary interaction.

**KEYWORDS:** Chemistry teaching, Ludic games, periodic table.

## INTRODUÇÃO

A tabela periódica oferece encantos para alguns estudantes com a quantidade de informações organizadas em apenas um lugar e para outros espanto, pela opção de decorar dados dos 118 elementos, contudo essa memorização não é mais a realidade do ensino no Brasil principalmente após as mudanças curriculares envolvidas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O ensino de química tradicional recebe muitas críticas e é considerado pelos estudantes uma das disciplinas mais difíceis do ensino médio, quando o educando é apenas um simples ouvinte da exposição do professor. Novas ferramentas e diferentes abordagens são utilizadas para reverter esse viés da química (FERREIRA et al., 2012; FRANCO-MARISCAL; OLIVA-MARTÍNEZ; BERNAL-MÁRQUEZ, 2012; MARTÍ-CENTELLES; RUBIO-MAGNIETO, 2014; ROMANO et al., 2017; STOJANOVSKA, 2021)

Acreditava-se que a aprendizagem acontecia pela reprodução e que os estudantes que não reproduziam as informações eram responsáveis pelo seu insucesso. Hoje, o insucesso dos estudantes também é considerado consequência do trabalho do professor que deve buscar estratégias para que o conhecimento seja construído e não reproduzido (ALMEIDA; PROCHNOW; LOPES, 2016; CUNHA, 2012; FERREIRA et al., 2012)

Recentemente no Brasil o currículo passou por várias modificações ocasionadas pela BNCC que afetou a organização, forma de trabalho e a prática docente, desafiando seus componentes a uma nova relação de ensino-aprendizagem. As disciplinas eletivas fazem parte do itinerário formativo criadas para o desenvolvimento do protagonismo juvenil (VICENTE; WESCHENFELDER, 2022).

## JOGOS NA EDUCAÇÃO

Os jogos sempre estiveram presentes na vida das pessoas, como elemento de

diversão, disputa ou como forma de aprendizagem. Em análises de filósofos de várias épocas, Platão (427 – 348 a.C), afirmava a importância de “aprender brincando”; Aristóteles recomenda que os jogos deveriam espelhar as atividades de adultos na educação infantil. Na idade média a utilização de jogo na educação sofreu uma regressão forte no velho continente, a igreja instituiu uma educação disciplinadora e que oprimiu a utilização dos jogos no meio social e educacional para toda a sociedade, aqueles que jogavam estavam praticando o pecado. No entanto a partir do século XVI ocorreu o nascimento dos jogos educativos, durante o renascimento, o valor dos jogos foi percebido pelo humanistas (ARCE, 2004; CUNHA, 2012; FELICIO; SOARES, 2018)(ARCE, 2004)(ARCE, 2004)(ARCE, 2004)(ARCE, 2004)(ARCE, 2004)(ARCE, 2004).

Friedrich Froebel (século XVII) é um importante pensador responsável pelas técnicas utilizadas até hoje em Educação Infantil. Para Froebel, o caminho para aprendizagem tem seu início nas brincadeiras. O autoconhecimento é intermediado pelo jogo que ocorreria por meio de uma ação de interiorização e exteriorização da natureza que se encontra presente em cada criança. Não é apenas diversão, mas um modo de relacionar o mundo concreto com a finalidade de compreendê-lo. Com base na observação das atividades dos pequenos com jogos e brinquedos, Froebel foi pioneiro entre os pedagogos a estudar a auto-educação. Esse educador fez do jogo uma arte e o utilizou com crianças em fase de aprendizagem. Também considerava importante “agir pensando e pensar agindo” e “aprender fazendo” (ARCE, 2004; CUNHA, 2012).

Pestalozzi que viveu entre o século XVIII e século XIX, afirmou que o jogo desenvolve no jogador, senso de responsabilidade e estímulo à cooperação. Para ele a escola que trabalha esses aspectos, trabalha verdadeiramente como sociedade para educação das crianças (CUNHA, 2012).

No século seguinte, XIX, após o término da Revolução Francesa, despontaram muitas atualidades pedagógicas e abrindo espaços para presença de jogos no meio educacional. Para ensinar matemática e física, utilizavam-se bolas, cilindros e cubos e, por meio de sua manipulação, as crianças estabeleciam relações matemáticas e aprendiam conceitos físicos e matemáticos (CUNHA, 2012).

O jogo pode ser identificado por três níveis de significação distintos para o termo “jogo”. O primeiro nível de significação diz respeito à atividade ou situação lúdica, ou seja, àquilo que acontece. O segundo nível é o da estrutura jogo, um sistema de regras que existe independentemente dos jogadores (exemplos: jogo de xadrez, jogo da velha, jogo de futebol). O terceiro nível de significação da palavra jogo é o da nomeação do conjunto de materiais utilizados para jogar. Também se incluem nesse nível as modalidades (exemplos: jogo ao ar livre, jogo eletrônico, jogo educativo), os sentidos derivados e as metáforas. Uma melhor delimitação sobre a noção de jogo pode ser feita quando consideramos suas principais características. Apesar da dificuldade ou impossibilidade de definição do que é jogo, renomeados especialistas no assunto, a saber, Huizinga (2007), Brougère (1998) e

Caillois (1990), convergem quanto a uma série de os aspectos característicos do termo jogo (CUNHA, 2012; FELICIO; SOARES, 2018).

Se o jogo, a atividade lúdica ou o brinquedo busca dentro de sala de aula um ambiente de prazer, de livre exploração, de incerteza de resultados, deve ser considerado jogo. Por outro lado, se estes mesmos atos ou materiais buscam o desenvolvimento de habilidades e não realiza sua função lúdica, passa a ser material pedagógico. Considerando-se essas afirmações, pode-se entender a dificuldade de se utilizar jogos na escola e a grande dúvida gerada entre os estudiosos que para um melhor compreensão pode ser dúvida em:

**Função lúdica:** o jogo proporciona a diversão, a satisfação ou não, caso escolhido involuntariamente e;

**Função educativa:** O indivíduo aprender qualquer coisa com o jogo que é importante para seu conhecimento de mundo (CUNHA, 2012; FELICIO; SOARES, 2018).

O equilíbrio entre as duas funções citadas é o objetivo do jogo educativo. Se uma destas funções for mais utilizada do que a outra, ou seja, se houver um desequilíbrio entre elas, provocam-se duas situações: não há mais ensino, somente jogo, quando a função lúdica predomina em demasia, ou a função educativa elimina todo o ludismo e a diversão, restando apenas o ensino (FELICIO; SOARES, 2018; FERREIRA et al., 2012; SANTOS BONFIM; JOAQUIM AMARAL FILHO, 2018).

A experimentação e a química tem o mesmo significado para os aluno da educação básica que ao iniciarem os estudos em química, já logo relacionam o laboratório a pratica de ensino. Isso o torna uma aplicação de caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos (DORNELES; GALIAZZI, 2017). A atividade experimental depende de uma abordagem de temas com objetivo e organização, porque a aprendizagem ocorre preferencialmente durante o processo de investigação. Os resultados obtidos e esperados devem ser analisados pelos estudantes, afim que as observações sejam relacionadas com a proposta abordada na prática (GIORDAN, 1999).

Neste contexto, a experimentação e as atividades lúdicas devem ser utilizadas para atrair a atenção dos alunos no ensino de ciência, como realizado na disciplina eletiva na Escola estadual Plácido de Castro, em Diamantino, Mato Grosso, a abordagem na qual mesclou-se ambas propostas para aplicação do jogo perfil Químico no ensino da tabela periódica.

## METODOLOGIA

A “Escola Plena” é uma nova estrutura de ensino implantada no Estado do Mato Grosso para efetivação da educação em período integral com objetivo de suprir a demanda abordada pela BNCC. Nesse modelo existe uma composição diferenciada na grade curricular, que é dividida em base comum, que constitui as disciplinas já tradicionais no ensino médio regular e a base diversificada que é constituída das disciplinas: estudo

orientado, avaliação semanal, projeto de vida, pós-médio e eletiva, sendo a última, de grande relevância neste trabalho.

No contexto da Escola Estadual Plácido de Castro, uma das disciplinas eletiva ofertadas, trabalha apenas com jogos lúdicos de química e matemática, sendo os próprios alunos protagonistas na elaboração do jogo a ser executado por eles posteriormente. Nesse cenário, um dos jogos elaborados e executados na eletiva foi o “Perfil Químico”, uma adaptação do jogo tradicional PerfilÒ, marca registrada da companhia de brinquedos GrowÒ. Com o jogo objetivou-se subsidiar o ensino da tabela periódica, aprimorando a compreensão dos alunos em relação à organização dos elementos e suas características particulares na tabela periódica (ROMANO et al., 2017).

Todos os componentes do jogo foram adaptados, desde o tabuleiro, que passou a ser a tabela periódica, até o formato e obviamente o assunto abordado nas cartas. O primeiro passo mediado pelos professores foi a organização dos alunos para a divisão dos elementos químicos presentes na tabela periódica. Cada aluno ficou com uma média de 4 (quatro) elementos, os quais deveriam ser elaboradas 4 (quatro) dicas para formar uma carta que compõe o jogo. As dicas deveriam obrigatoriamente estar relacionadas com número de massa, número atômico, período, valência, grupo ou família, propriedades físico-químicas, aplicações na indústria e relação com o nome. Para a elaboração das dicas os alunos poderiam utilizar como fonte de pesquisa o livro didático, internet ou simplesmente a tabela periódica.

Quanto a elaboração do tabuleiro (tabela periódica) a turma foi dividida em quatro grupos, onde cada um confeccionou uma tabela periódica de tamanho 50x30 cm em papel cartolina e as fichas para marcação da pontuação foram elaboradas no tamanho 1x1 cm. Tanto as fichas como as cartas foram feitas em papel cartão colorido, as dicas elaboradas pelos alunos foram impressas em papel sulfite comum depois recortadas e coladas em papel cartão.

De início o jogo foi desenvolvido e aplicado na turma de uma das disciplinas eletiva da Escola Estadual Plácido de Castro do município de Diamantino – MT. As turmas de disciplinas eletivas são formadas por alunos do 1º, 2º e 3º ano do ensino médio, são os próprios alunos que fazem a escolha da disciplina no início de cada semestre, sendo a disciplina de duração semestral. Depois de finalizada a aplicação do jogo na disciplina eletiva o mesmo foi aplicado nas turmas da disciplina da base comum de química, lecionada pelos dois professores que participaram da mediação para a confecção e aplicação do jogo. Cabe ressaltar que nas turmas da base comuns houve apenas a aplicação e não a confecção do jogo.

A divisão para aplicação do jogo ficou a critério dos alunos, pôde ser jogado de forma individual 1 (um) contra 1 (um), em duplas 2 (dois) contra 2 (dois) ou em grupos, entretanto é interessante que o professor estipule um máximo de 4 alunos para os grupos, um número maior do que isso pode prejudicar a participação efetiva de todos os participantes do jogo.

Para avaliação foram adotados dois questionários, um antes e outro pós aplicação do jogo. É fundamental a utilização de aplicação de questionário em dois momentos não apenas para avaliação do aprendizado do aluno em si, mas também pra verificar se a metodologia com o jogo está sendo eficiente. O jogo isolado não é suficiente, a forma como o professor realiza a abordagem faz toda a diferença no processo e isso deve ser colocado sob avaliação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existe uma vasta literatura mostrando a eficiência dos jogos lúdicos no ensino de química, entretanto pretende-se mostrar nesse trabalho a contribuição da participação de alunos na elaboração e aplicação de um jogo lúdico para o ensino da periodicidade química. O protagonismo juvenil, evidenciado na Escola Plena, é capaz de criar um ambiente onde os alunos desenvolvem o senso de iniciativa de compromisso (DA COSTA; DE OLIVEIRA GUEDES; DE FATIMA PEREIRA ALBERTO, 2021; VICENTE; WESCHENFELDER, 2022).

O primeiro ponto de destaque no processo de desenvolvimento da atividade lúdica foi a organização e empenho dos alunos para a pesquisa e elaboração das cartas do jogo. Nesse momento os alunos colocaram em prática o protagonismo, visto que eles tinham a responsabilidade de pesquisar e organizar as informações relacionadas com as propriedades estipuladas pelos professores mediadores em relação aos conhecimentos sobre periodicidade química, tais como: número de massa, número atômico, período, valência, grupo ou família, propriedades físico-químicas e aplicações na indústria e relação com o nome, para formular o conteúdo das cartas que constituem o jogo como apresentado na Figura 1 .



Figura 1: Cartas do jogo perfil química

A tabela periódica foi (Figura 2) usada como tabuleiro, onde o aluno marca o elemento que acertou com as dicas dadas pelo adversário.



Figura 2: Tabela periódica usada como tabuleiro

Alguns alunos conseguiram desenvolver a proposta de pesquisar e elaborar as dicas com mais facilidade, outros apresentaram um pouco mais de dificuldade para organizar as ideias, entretanto mesmo com a discrepância nas duas situações foi crucial a mediação contínua do professor com os dois públicos para que não houvesse interpretação incorreta de informações, o que poderia levar a construção de conhecimento inadequado, sem rigor científico.

Na aula seguinte, após a aplicação do jogo, houve participação satisfatória dos estudantes. Quando se trata do assunto “jogos”, há uma receptividade maior que a corriqueira para aulas tradicionais. Em um jogo no qual os alunos participaram da elaboração a empolgação é ainda maior. Assim como na fase de elaboração, após o jogo, alguns alunos apresentaram maior facilidade que outros na organização de ideias e construção de conhecimento.

A turma da disciplina eletiva era composta por alunos das três séries do ensino médio, ou seja, parte dos alunos já tinham estudado tabela periódica, mesmo assim foi essencial a mediação do professor pois na elaboração os alunos tinham apenas quatro elementos para organizar informações e construir as dicas que presentes nas cartas, já no jogo, os alunos tiveram contato com todas as cartas, um mesmo contexto mas com informações diferentes a serem analisadas.

Encerrado o trabalho com o jogo houve a aplicação de questionário, procedimento que proporcionou melhor análise dos resultados com a atividade com o jogo lúdico. Antes de todo o processo de elaboração e aplicação do jogo apenas 30% dos alunos tinham clareza em algum conhecimento sobre tabela periódica e 75% dos alunos não conseguiam identificar em qual período ou grupo um determinado elemento se encontrava; em outras questões simples, tais como: onde se encontram os gases nobres na tabela ou qual o

número atômico de um determinado elemento, mais de 70% dos alunos não foram capazes de responder.

Os resultados obtidos com o questionário pós atividade foram positivos. 80% dos alunos foram capazes de identificar grupos e períodos, número atômico e os principais grupos da tabela periódica e 90% dos alunos preferem estudar tabela periódica com o jogo Perfil Químico.

Após a confecção e aplicação do jogo na disciplina eletiva da Escola Estadual Plácido de Castro passou-se a aplicá-lo na disciplina de química nas turmas regulares. Quando foi realizado o trabalho com jogo Perfil Químico pelo menos dois alunos de cada turma regular fizeram parte do processo pois as turmas de disciplinas eletiva são mistas, formadas pelos alunos das turmas regulares. Assim durante a aplicação do jogo na disciplina química como atividade extra criou-se um ambiente de participação, os alunos que já conheciam o jogo tomavam iniciativa na organização dos colegas, explicação da atividade e aplicação do jogo, criando um ambiente de compromisso com o ensino, corroborando com os estudos melhorando e o relacionamento em sala de aula.

## CONCLUSÃO

Após o desenvolvimento da atividade “Perfil Químico” o interesse dos estudantes pela disciplina química foi notoriamente ampliado. Alunos que antes não tinham interesse se mostraram mais empenhados. Além disso a criação das cartas auxiliou na construção do protagonismo do processo de ensino aprendizagem dos alunos através da investigação durante a construção do jogo.

A utilização de atividade lúdica na disciplina de eletiva com participação ativa dos alunos na confecção e desenvolvimento do jogo, se mostrou como uma ferramenta eficiente para o ensino da tabela periódica que traz ainda um aspecto de investigação presente na pratica experimental.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a direção da Escola Plácido de Castro – Rodrigo Rocha e Daniele Gomes, pelo apoio e suporte necessário para a realização do projeto.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. M. M. DE; PROCHNOW, T. R.; LOPES, P. T. C. O uso do lúdico no ensino de ciências: jogo didático sobre a química atmosférica. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias. (Bogotá, Colombia)**, v. 11, n. 2, p. 228, 10 set. 2016.

ARCE, A. **O JOGO E O DESENVOLVIMENTO INFANTIL NA TEORIA DA ATIVIDADE E NO PENSAMENTO EDUCACIONAL DE FRIEDRICH FROEBEL** Cad. Cedes, Campinas. [s.l: s.n.].

CUNHA, M. B. Jogos no ensino de Química: Considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na escola**, v. 2, p. 92–98, 2012.

DA COSTA, R. R.; DE OLIVEIRA GUEDES, I.; DE FATIMA PEREIRA ALBERTO, M. YOUTH PROTAGONISM AND SOCIO-EDUCATIONAL MEASURES IN OPEN ENVIRONMENT: EXPERIENCE IN THEMATIC WORKSHOPS. **Psicologia e Sociedade**, v. 33, 2021.

DORNELES, A.; GALIAZZI, C. Investigação narrativa como modo de pensar e perguntar na experimentação em Química Narrative investigation as way of thinking and asking in experimentation in Chemistry. **Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–8, 2017.

FELICIO, C. M.; SOARES, M. H. F. B. Da Intencionalidade à Responsabilidade Lúdica: Novos Termos para Uma Reflexão Sobre o Uso de Jogos no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, 2018.

FERREIRA, E. A. et al. APLICAÇÃO DE JOGOS LÚDICOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA: AUXÍLIO NAS AULAS SOBRE TABELA PERIÓDICA. **Encontro Nacional de educação, ciência e tecnologia**, 2012.

FRANCO-MARISCAL, A. J.; OLIVA-MARTÍNEZ, J. M.; BERNAL-MÁRQUEZ, S. Una revisión bibliográfica sobre el papel de los juegos didácticos en el estudio de los elementos químicos. Primera parte: los juegos al servicio del conocimiento de la Tabla Periódica. **Educación Química**, v. 23, n. 3, p. 338–345, 2012.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–13, 1999.

MARTÍ-CENTELLES, V.; RUBIO-MAGNIETO, J. ChemMend: A card game to introduce and explore the periodic table while engaging students' interest. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 6, p. 868–871, 2014.

ROMANO, C. G. et al. Chemical profile: A game for teaching the periodic table. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 3, p. 1235–1244, 1 maio 2017.

SANTOS BONFIM, C.; JOAQUIM AMARAL FILHO, J. DO. EXPLORANDO ATIVIDADES LÚDICAS, EXPERIMENTOS E MODELAGEM: SOLUÇÃO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE SOLUÇÕES? Exploring play activities, experiments, and modeling: solution for teaching and learning Solutions? Explorando actividades lúdicas, experimentos y modelado: solución para la enseñanza y aprendizaje de Soluciones? **Revista eletrônica Ludus Scientiae**, 2018.

STOJANOVSKA, M. Celebrating the International Year of Periodic Table with chemistry educational games and puzzles. **Chemistry Teacher International**, v. 3, n. 1, p. 1–9, 2021.

VICENTE, L. R.; WESCHENFELDER, G. V. Encontros entre educomunicação e BNCC a partir das eletivas: o desenvolvimento do protagonismo juvenil por meio dos quadrinhos. **Comunicação & Educação**, v. 27, n. 1, p. 73–84, 2022.

# AS FRUTAS COMO TEMÁTICA PARA O ENSINO DE ÁCIDOS E BASES: ANÁLISE DE UMA EXPERIÊNCIA SOBRE INCLUSÃO ESCOLAR

*Data de submissão: 07/11/2022*

*Data de aceite: 02/01/2023*

### **Alexandra de Souza Fonseca**

IFRS-Campus Caxias do Sul.  
Caxias do Sul – Rio Grande do Sul  
<https://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do>

### **Nicole Lima da Silva**

IFRS-Campus Caxias do Sul.  
Caxias do Sul – Rio Grande do Sul  
<https://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do>

**RESUMO:** A Química é uma área historicamente relacionada aos seres humanos e as transformações do ambiente em que eles vivem. Apesar disso, não é considerada de fácil entendimento sendo, por vezes, considerada abstrata. Tornar os conceitos químicos mais concretos pode representar um grande desafio aos professores que são tachados de tradicionais e a disciplina considerada enfadonha. Soma-se a essa problemática a inclusão de estudantes da Educação Especial em salas tradicionais de ensino. Esses estudantes necessitam de materiais adaptados, aulas mais objetivas e recursos concretos para desenvolverem suas habilidades. Diante desse contexto,

apresenta-se aqui uma proposta para trabalhar os conceitos de ácido e base a partir da temática frutas. A elaboração do trabalho surgiu a partir da observação de uma turma de Ensino Médio Técnico na qual havia um estudante com Transtornos do Espectro Autista (TEA). Assim, objetiva-se apresentar e analisar uma proposta para o Ensino remoto de ácidos e bases utilizando metodologias simples, mas concretas para os estudantes. Os resultados obtidos são satisfatórios e podem contribuir para a inclusão de estudantes com “TEA” no Ensino de Química.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Química, Inclusão, Frutas.

### **FUITS AS A THEME FOR TEACHING ACIDS AND BASES: ANALYSIS OF NA EXERIENCE ON SCHOOL INCLUSION**

**ABSTRACT:** Chemistry is na área historically related to human beings and the changes in the environment in which They live. Despite this, it is not considered easy to understand and is sometimes considered abstract. Making chemical concepts more concrete can represent a great challenge for teachers who are considered traditional, and

the discipline considered boring. Added to this problem is the inclusion of Special Education students in traditional classrooms. These students need adapted materials, more objective classes, and concrete resources to develop their skills. Given this context, we present here a proposal to work on the concepts of acid and base from the theme of fruits. The elaboration of the work arose from the observation of a Technical High School class in which there was a student with autism spectrum disorders (ASD). Thus, the objective is to present and analyze a proposal for the remote teaching of acids and bases using simple but concrete methodologies for students. The results obtained are satisfactory and can contribute to the inclusion of students with “ASD” in Chemistry Teaching.

**KEYWORDS:** Chemistry teaching, Inclusion, Fruits.

## INTRODUÇÃO

A Química é uma área intimamente relacionada a história da humanidade, seja a partir da descoberta do fogo, ou através dos avanços tecnológicos que nos permitem, entre tantas coisas, o aumento da qualidade de vida. Como ciência ela auxilia na compreensão dos fenômenos que ocorrem a nossa volta: relações climáticas, transformações biológicas, processos metabólicos que nos mantêm vivos, constituição dos alimentos (necessários a obtenção de energia), além da constituição dos variados objetos que nos cercam. Todas essas informações permitem-nos compreender essa ciência como rotineira. No entanto, essa pode não ser a compreensão percebida por estudantes e cidadãos já formados. Esses costumam apresentar dificuldades para empregar os conceitos químicos em suas vivências e apontam a Química como algo ruim para a vida.

Nessa perspectiva, tornar concreto os conceitos químicos e desenvolver nos estudantes o gosto pela Química são apenas alguns dos múltiplos desafios enfrentados pelos professores. Sem dúvida, se a essa discussão for incorporado o tema da inclusão o que já era múltiplo tende a se tornar complexo, pois o educador precisa vencer barreiras que ultrapassam a sua formação científica. Nessa perspectiva, o espaço da sala de aula de Química, do laboratório de química, a sua prática docente e o convívio entre estudantes precisam, imediatamente, ser ressignificados em prol de acolher a todos igualmente. Amparando-se em ideias de trabalhos semelhantes, pode-se dizer que isso implica em “ir além dos conceitos”, significa ter sensibilidade para o outro, para a formação do ser humano e, principalmente, para perceber onde e como a Química pode contribuir para a equiparidade do grupo (DIAS, 2017).

Diante dessa realidade do professor, tende a sentir-se despreparado e entende que o melhor é facilitar, uma vez que o seu estudante apresenta um “limite”. Ideia essa que pode ser justificada a partir dos seguintes trechos de dados da literatura: “[...] ele ainda é visto como portador de uma patologia, deficiência. Os educadores, ao partirem da ideia de que ele possui um limite natural, passam a planejar um ensino frágil para esse aluno” (NOGUEIRA, BARROSO e SAMPAIO, 2018, p.2). “Os professores sentem um desconforto, uma insegurança e certa ansiedade para lidar com estudantes contendo necessidades

educacionais específicas [...]” (BORGES e PAIM, 2016, p. 3). Se de um lado os educadores se veem inseguros, do outro estão os estudantes que nessa perspectiva não conseguem estabelecer um vínculo com o professor, nem com o conteúdo.

A insegurança sentida pelos professores pode estar relacionada diretamente a sua formação, pois a grande maioria dos profissionais em atuação não tiveram disciplinas relacionadas a educação especial. E direcionando-se a área da Química pode-se inferir que o professor, embora busque alternativas, não significa que as encontre, pois os materiais e informações relacionados à Química na perspectiva da educação especial, se apresentam em número reduzido (SANTANA, BENITEZ e MORI, 2021).

Assim, propõe-se um trabalho com vistas a contribuir para a melhoria da problemática discutida anteriormente. Objetiva-se aqui descrever e discutir uma proposta para o ensino de ácidos e bases em uma turma regular, contendo estudante da Educação Especial (Transtorno do Espectro Autista). Para a execução dessa proposta partiu-se de um tema geral, as frutas, seus sabores e sua capacidade de produzir energia. O tema escolhido foi ancorado no seguinte “tripé”: experimentação, argumentação e significação, pois entende-se que esses fazeres podem tornar as aulas mais interessantes, melhoram a compreensão da teoria, contribuem para a autonomia do coletivo e socialização de todos (GALIAZZI e GONÇALVES, 2004; GASPAR e MONTEIRO, 2005).

Objetiva-se, também, tornar pública uma experiência vivenciada a partir do trabalho com estudantes do Ensino Médio Técnico do IFRS-Campus Caxias do Sul, a qual foi considerada bastante positiva com relação a inclusão de estudantes com “TEA”. Além disso, pretende-se instigar educadores para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais inclusivas, que permitam a aprendizagem de todos os estudantes a partir dos mesmos recursos didáticos e no mesmo ambiente.

## METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho as atividades foram divididas em quatro etapas que consistiram em: pesquisa bibliográfica, observação dos estudantes público-alvo e sua turma, elaboração dos materiais de aula e execução da atividade com um grupo de estudantes integrantes da turma observada, incluindo o estudante da educação especial.

**Pesquisa bibliográfica** – foi realizada a partir do portal de periódicos CAPES, partiu-se do assunto educação inclusiva de forma global, restringiu-se a busca em periódicos nacionais, seguida da pesquisa por educação inclusiva de pessoas com TEA (Transtorno do Espectro Autista) e SXF (Síndrome do X Frágil), as quais eram foco da atividade. Por fim, restringiu-se à educação inclusiva de Química voltada para pessoas com TEA e SXF no Ensino Médio a nível nacional.

**Observação dos estudantes** – a professora ministrou durante 11 semanas outro conteúdo para a turma de interesse da atividade, acompanhou e fez observações sobre

interação e forma de aprendizagem do grupo de estudantes. Essas observações foram apresentadas à estudante bolsista e discutidas em encontros síncronos.

**Elaboração da aula na perspectiva de igualdade e inclusão** – Partindo-se do conhecimento prévio que estudantes com “TEA” precisam concretizar os conteúdos para assim construir seu conhecimento e, que isso, favoreceria a todos da turma buscou-se construir a aula a partir de um tema comum aos alunos. Assim definiu-se a temática “frutas”, em seguida buscou-se destacar os sabores, azedo, doce, presente nas frutas. Escolheu-se um experimento com o qual pudesse ser exploradas características ácidas e básicas de frutas. Por fim, esse material foi organizado em slides que continham figuras, questionamentos e links de vídeos de experimentos. Como método de acompanhamento e avaliação utilizou-se de formulários eletrônicos. Os principais questionamentos norteadores da aula serão apresentados, juntamente com as respostas dos estudantes, na seção resultados e discussão.

Para a etapa experimental buscou-se por um assunto atual, que chamasse a atenção dos jovens e pudesse ser relacionado com a temática escolhida. Assim, escolhemos vídeos de experimentos em que frutas são usadas para carregar um celular. Dessa forma os experimentos foram usados de forma demonstrativa, sem a intenção de discutir conceitos envolvendo pilhas, mas apenas como uma ferramenta para fixação da matéria a partir de algo concreto e envolvido com a temática da aula. A metodologia do experimento consiste em fixar pregos galvanizados e pedaços de fio de cobre em frutas, como limão, laranja, maçã verde e banana. Em seguida várias dessas frutas são unidas através de fios de cobre, mais finos. Esses fios são presos por uma extremidade aos pregos e pedaços de cobre e, pela outra conectados a um carregador de celular. A Figura 1, mostra uma representação simplificada dos experimentos. A ideia principal é que as frutas geram energia para carregar a bateria de um celular.

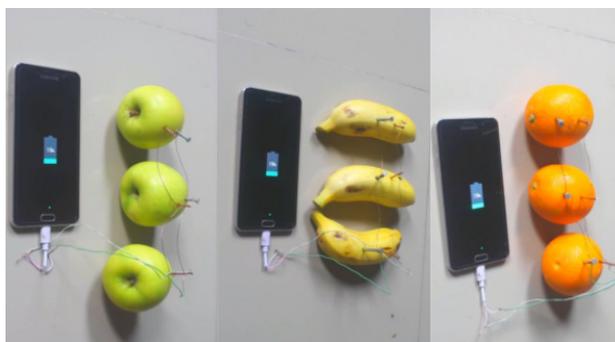


Figura 1 - maçã verde, banana e laranja carregando um celular – imagem adaptada (Curioso Extreme, 2017).

**Execução da proposta** – A professora, com auxílio da estudante de iniciação científica, ministrou a aula via google *Meet* para o grupo de alunos. Os experimentos foram apresentados após a discussão sobre as características azedas ou doce das frutas. O objetivo era que os estudantes conseguissem construir os conceitos de ácidos e bases a partir das frutas e, que essas espécies apresentam cargas positivas e negativas (Teoria de Arrhenius). Já o formulário foi disponibilizado no encontro posterior a aula, isto é, uma semana depois. O questionário continha as seguintes perguntas:

- 1- Quais das seguintes frutas (banana, kiwi, maçã verde, limão e abacaxi) contém ácidos e quais contém bases?
- 2- O que existe na banana e maçã que as permite carregar um celular?

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da atividade proposta selecionaram-se para análise algumas passagens da aula, alguns questionamentos e respostas a esses, a opinião dos estudantes sobre o experimento e as respostas aos formulários. Para tal, discute-se abaixo as respostas de dois estudantes, chamados aqui de “A” (estudante da educação especial) e “B” (estudante da turma regular).

### **Análise dos principais questionamentos e respostas apresentados e trazidos durante a aula**

1) Para você o que são ácidos e bases? Estudante “B” – bases são os compostos que em água liberam a hidroxila. Estudante “A” – “Você pode perceber através do sabor, por exemplo, o limão, o vinagre, ou sentir na pele. O vinagre se a pessoa se queimar com uma água viva pode passar o vinagre.” Nessas falas observa-se que os dois estudantes trazem um conhecimento prévio sobre ácidos e bases. No entanto, enquanto a estudante “B” caracteriza conceitualmente uma base (teoria de Arrhenius), o estudante “A” caracteriza um ácido a partir das suas vivências, tornando o assunto algo concreto na sua vida diária. A resposta do estudante “A” nos mostra claramente que os indivíduos com transtorno do espectro autista, em geral, buscam algo que torne o aprendizado concreto. Conforme Dias 2017, esses estudantes apresentam dificuldade com a abstração, que aliás é comum em muitas aulas de Química.

2) Nas frutas existem ácidos e bases? Ambos responderam que sim.

3) Você come frutas? Se sim, quais frutas você gosta mais? Qual o sabor dessas frutas? Esse sabor pode ser associado com características ácidas e básicas? Ambos os estudantes responderam que comem laranja, bergamota e que essas são “azedinhas”, o estudante “A” falou que gosta de maçã verde. A partir das falas e teorias pessoais, estabeleceu-se um diálogo entre os participantes, permitindo que ambos concluíssem que as frutas as quais gostam apresentam características ácidas. Nessa construção destaca-se dois pontos, primeiro que o ensinar pode ser um processo coletivo, em que o professor disponibiliza a todos os alunos o mesmo

conteúdo, observa aquilo que eles não podem aprender sozinhos e ajuda. Segundo dados reportados e que servem para corroborar a ideia aqui descrita, o diálogo entre estudantes e professor favorece na construção de argumentos e, conseqüentemente na aquisição do conhecimento (JESUS e EFFGEN, 2020).

## O experimento

Apesar de se usar um vídeo demonstrativo, constatou-se que o fenômeno ocorrido prendeu a atenção dos estudantes, que passaram a questionar e tentar explicar o que havia ocorrido e por quê. Assim destacam-se as seguintes falas: Estudante “A” – “O que? Uma laranja carregando um celular, como assim?” Nunca tinha pensado nisso! Estudante “B” – “Eu já tinha visto com batatas, mas não imaginava tantas frutas!” Em seguida foi feito o seguinte questionamento: Por que será que isso ocorre? O que tem nessas frutas? – Estudante “A” – Não tenho ideia! Em seguida começa a construir sua explicação: - “Eu acho que pode ser como o sal de cozinha, uma vez eu fiz um experimento sobre a salmoura”. Estudante “B” – “Eu acho que essas frutas possuem íons.” Nesse momento os estudantes promovem novamente um diálogo, a fim de encontrar uma explicação para o que ocorreu, a professora e a estudante de iniciação científica contribuem auxiliando com alguns conceitos. Ao final eles sugerem que existem ácidos fracos nessas frutas. A professora intervém e apresenta o nome e estrutura dos ácidos presentes, acrescenta o nome de outras frutas como kiwi que apresenta características básicas, e que na banana temos uma base, mas à medida que ela vai amadurecendo torna-se levemente ácida. Ao final os estudantes concluem que a maçã verde é ácida, que as frutas carregam o celular porque os ácidos e as bases estão presentes nessas, apresentam cargas positivas e negativas que permitem a condução de corrente elétrica. Aqui entende-se que o experimento, conforme Gaspar e Monteiro 2005, mesmo de forma demonstrativa, pode ser explorado para tornar as aulas mais interessantes, instigadoras e, conseqüentemente, predispor os alunos para a aprendizagem. Entende-se a partir dessa temática os estudantes, mesmo em uma aula *online*, constroem o conhecimento em conjunto. Além disso, pode-se inferir que nesse momento a escola cumpre o seu papel de espaço com vivência compartilhada e privilegiada onde todos podem participar, se sentir acolhidos e valorizados (FERREIRA, 2005).

## As respostas ao formulário

Após uma semana, as respostas dos estudantes ao formulário mostram que esses associaram perfeitamente as características ácida ou básica (pergunta 1) com cada fruta, exceção da banana, que foi indicada como ácida e básica. Acredita-se que isso ocorreu porque a professora discutiu as mudanças que ocorrem durante o amadurecimento dessa fruta, o que gerou uma certa confusão. Não se pode afirmar que a resposta era do estudante público-alvo, pois o formulário era oculto, contudo, sabe-se que para esse público são necessárias informações precisas, frases curtas e concretizadas. Já quando a pergunta foi o que existe na banana e maçã que as permite carregar um celular (pergunta

2) os estudantes responderam que existem íons e energia, demonstrando que trazem um conhecimento adquirido da semana anterior.

## CONCLUSÃO

A partir da análise das falas dos estudantes, dos questionários e do contato com estes na aula conclui-se que é possível tornar os conceitos químicos mais concretos e, assim, promover igualdade durante as aulas. Entende-se que para isso não se torna necessário a elaboração de “mega materiais”, basta ao professor nortear-se de temas comuns ao dia a dia dos estudantes.

Com base nessa proposta e relato de experiência apresentado, afirma-se que a participação daqueles estudantes com necessidades educacionais específicas, neste caso indivíduo com “TEA”, em aulas regulares de Química é viável. No entanto, o viável não significa dizer que é fácil, mas sim que com algumas estratégias relacionadas ao cotidiano dos estudantes pode-se contribuir para a inclusão de todos no ensino de Química. Sendo importante destacar que: os estudantes trazem vivências e modos de aprendizagem diferentes, o que se torna muito positivo para a construção do conhecimento de forma coletiva (no grupo).

Por fim, defendemos que as dificuldades apresentadas pelos estudantes da educação especial e professores que necessitam trabalhar com esses, não podem ser consideradas como uma barreira para o desenvolvimento intelectual e social deste aluno. Destaca-se que esses alunos apresentam habilidades que precisam ser desenvolvidas e potencializadas. Assim como muitos educadores e colegas de aula, concordamos que conviver com a igualdade pode ser cômodo e prazeroso, porém a inclusão só ocorre quando se trabalha e aprende com as diferenças. Já o mundo social e do trabalho se constitui muito mais por diferenças do que por igualdades.

## REFERÊNCIAS

BORGES, M. L.; PAINI, L. D. **A Educação Inclusiva: em busca de Ressignificar a Prática Pedagógica**. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na perspectiva do professor PDE. V.1, 2016. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2016/2016\\_artigo\\_edespecial\\_uem\\_marilenelanciborgessenra.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_edespecial_uem_marilenelanciborgessenra.pdf). Acesso em: 07 de nov. de 2022.

CURIOSO Extreme. **3 Frutas que GERAM ENERGIA e você não sabia!** Youtube, 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZZgVX58hRy4>. Acesso em: 10 de ago. de 2021.

DIAS, A.M. **A Inclusão de alunos com Transtorno do Espectro Autista (Síndrome de Asperger): Uma proposta para o Ensino de Química**. 2017. 142 f. Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017. Disponível em: [https://wp.ufpel.edu.br/nepca/files/2019/05/Ane\\_Maciel\\_Dias\\_Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://wp.ufpel.edu.br/nepca/files/2019/05/Ane_Maciel_Dias_Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf). Acesso em: 06 de nov. de 2022.

FERREIRA, M. C. C.; BARROCO, S. M. S.; BRECIANE, K. G. P. **Ressignificando as práticas pedagógicas da escola comum na perspectiva da educação inclusiva.** In: SEMINÁRIO CAPIXABA DE EDUCAÇÃO INCLUSIVA, 9., 2005, Vitória. **Anais...** Vitória: Ufes, 2005. v. 1, p. 65-78.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. **A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química.** Química Nova, Vol. 27, No. 2, p.326-331, 2004. Disponível em: [http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol27No2\\_326\\_26-ED02257.pdf](http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol27No2_326_26-ED02257.pdf). Acesso em: 06 de nov. de 2022.

GASPAR, A. MONTEIRO; C.I. **Atividades Experimentais de Demonstrações em Sala de Aula: uma Análise Segundo o Referencial da Teoria de Vygotsky.** Investigações em Ensino de Ciências – V10(2), p. 227-254, 2005. Disponível em: [https://www.academia.edu/40245958/ATIVIDADES\\_EXPERIMENTAIS\\_DE\\_DEMONSTRAC%C3%87%C3%95ES\\_EM\\_SALA\\_DE\\_AULA\\_UMA\\_ANALISE\\_SEGUNDO\\_O\\_REFERENCIAL\\_DA\\_TEORIA\\_DE\\_VYGOTSKY](https://www.academia.edu/40245958/ATIVIDADES_EXPERIMENTAIS_DE_DEMONSTRAC%C3%87%C3%95ES_EM_SALA_DE_AULA_UMA_ANALISE_SEGUNDO_O_REFERENCIAL_DA_TEORIA_DE_VYGOTSKY) Experimental activities of classroom demonstrations an analysis according to Vygotsky theory Acesso em: 07 de nov. de 2022.

JESUS, D. M.; EFFGEN, A. P. S. **A sala de aula regular: práticas pedagógicas em uma perspectiva inclusiva.** In: TEZZARI, M. L.; SILVA, M. C.; FREITAS, C. R.; BAPTISTA, C. R.(orgs) Docência e inclusão escolar: percursos de formação e de pesquisa. Marília: ABPEE, 2020. p.127-146. Disponível em: <http://napne.caxias.ifrs.edu.br/wp-content/uploads/2021/02/docencia-e-inclusao-escolar-4.pdf>. Acesso em: 03 de out. 2022.

NOGUEIRA, E. P.; BARROSO, M. C. S.; SAMPAIO, C. G. e SAMPAIO. **A importância das libras: um olhar sobre o ensino de química a surdos.** Investigação em Ensino de Ciências, v.23(2), p.49-64, 2018. Disponível em: [file:///C:/Users/aleba/Downloads/A\\_IMPORTANCIA\\_DA\\_LIBRAS\\_UM\\_OLHAR SOBRE\\_O\\_ENSINO\\_DE.pdf](file:///C:/Users/aleba/Downloads/A_IMPORTANCIA_DA_LIBRAS_UM_OLHAR SOBRE_O_ENSINO_DE.pdf). Acesso em: 18 de set. de 2022.

SANTANA, G. F, BENITEZ, P. MORI, R. C. **Ensino de Química e Inclusão na Educação Básica: Mapeamento da Produção Científica Nacional.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. p.1-27,2021. Disponível em: <file:///C:/Users/aleba/Downloads/24795-Publicaoenviorealizadoexclusivamentepelaeditoria-99964-1-10-20210609.pdf>. Acesso em: 07 de nov. de 2022.

# SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E USO DE TECNOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA

*Data de submissão: 08/11/2022*

*Data de aceite: 02/01/2023*

### **Francisco Coutinho de Assis Curcino**

Universidade Federal Rural de  
Pernambuco

Mestrado Profissional em Química em  
Rede Nacional (PROFQUI)  
Recife - Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/5472265872494205>

**RESUMO:** O aluno aprende com mais facilidade quando a ele são dadas atividades significativas de modo que se sinta envolvido em práticas do seu dia a dia, tornando-as integrantes do seu próprio processo de ensino e aprendizagem. A educação ecológica e experimental contribui para o desenvolvimento do participante de modo que promove a criatividade e a interação com o meio. Aprender é o resultado da interação entre estruturas mentais e o ambiente, o professor é o coautor do processo de aprendizagem dos alunos e por isso que o conhecimento é construído e reconstruído continuamente, sendo importante a participação do professor de forma inteira, através do corpo, do organismo, da inteligência e do meio. Aprender nada mais é do que a interação entre estruturas mentais, o professor é coautor nesse processo de aprendizagem

dos alunos e por isso o conhecimento precisa ser feito através da cooperação, da criatividade. Sendo assim a intenção desse projeto é colaborar com a interação social, ambiental e inclusiva, estimulando o aprendizado e a união entre os alunos e sociedade utilizando assim elementos fundamentais dessa linguagem ecologia, sustentável e experimental que tem sido pouco introduzida no campo da educação em química.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, química ambiental, metodologias ativas, ensino de química, meio ambiente.

### ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND USE OF ACTIVE TECHNOLOGIES IN CHEMISTRY TEACHING

**ABSTRACT:** Students learn more easily when they are given meaningful activities so that they feel involved in their day-to-day practices, making them part of their own teaching and learning process. Ecological and experimental education contributes to the development of the participant in a way that promotes creativity and interaction with the environment. Learning is the result of the interaction between mental structures and the environment, the teacher is the co-

author of the students' learning process and that is why knowledge is built and reconstructed continuously, being important the teacher's participation in a whole way, through the body, organism, intelligence and environment. Learning is nothing more than the interaction between mental structures, the teacher is a co-author in this student learning process and therefore knowledge needs to be done through cooperation, creativity. Therefore, the intention of this project is to collaborate with social, environmental and inclusive interaction, stimulating learning and the union between students and society, thus using fundamental elements of this ecological, sustainable and experimental language that has been little introduced in the field of chemistry education.

**KEYWORDS:** Sustainability, environmental chemistry, active methodologies, chemistry teaching, environment.

Ao meu senhor Jesus, minha esposa Natalia Ricardo, filha Maria Laura e amigos, pela motivação, dedicação e carinho DEDICO

## 1 | INTRODUÇÃO

O aluno aprende com mais facilidade quando a ele são dadas atividades significativas de modo que se sinta envolvido em práticas do seu dia a dia, tornando-as integrantes do seu próprio processo de ensino e aprendizagem. A educação ecológica e experimental contribui para o desenvolvimento do participante de modo que promove a criatividade e a interação com o meio.

Aprender é o resultado da interação entre estruturas mentais e o ambiente, o professor é o coautor do processo de aprendizagem dos alunos e por isso que o conhecimento é construído e reconstruído continuamente, sendo importante a participação do professor de forma inteira, através do corpo, do organismo, da inteligência e do meio.

Aprender nada mais é do que a interação entre estruturas mentais, o professor é coautor nesse processo de aprendizagem dos alunos e por isso o conhecimento precisa ser feito através da cooperação, da criatividade.

O educador deve promover a aprendizagem, isto significa que todo indivíduo tem a sua modalidade de aprendizagem, ou seja, são criados meios e condições do educador promover a aprendizagem incentivando as habilidades dos seus aprendizes.

O emprego de materiais na área de sustentabilidade e das atividades experimentais voltadas para área de meio ambiente e energia, caracteriza atividade criativa e informa ao aluno sobre alguns dados que o ambiente inclui na sua percepção, como cores, formas, texturas, odores, ou mesmo informações abstratas como integração/desintegração, soma/subtração, entre outras.

Enquanto instrumento pedagógico, as atividades na área de sustentabilidade ou a atividade que tem como intenção ensinar ou introduzir novas informações com finalidade de instruir ou desenvolver algum tipo de potencial do educando não garante, por seu simples uso ou manuseio, que o mesmo esteja criando, ou sendo criativo naquela área.

Deste modo, o presente estudo tem por objetivo geral enfatizar a importância da implementação das atividades experimentais e da ludicidade no processo ensino aprendizagem do aluno no que diz respeito ao ensino de química experimental como recurso de socialização no contexto da educação e da inclusão, evidenciando um ensino diferenciado a partir do momento em que o aluno é retirado da sala de aula e levado a uma interação experimental diferente do habitual.

Sendo assim a intenção desse projeto é colaborar com a interação social, ambiental e inclusiva, estimulando o aprendizado e a união entre os alunos e sociedade utilizando assim elementos fundamentais dessa linguagem ecologia, sustentável e experimental que tem sido pouco introduzida no campo da educação em química.

## 2 | UM BREVE ENFOQUE SOBRE EDUCAÇÃO

O conhecimento deve ser visto como um instrumento de cooperação, criatividade e criticidade, o qual estimula a liberdade e a coragem para transformar, sendo que o aprendiz se torna no sujeito ator como protagonista da sua aprendizagem. O professor exerce a sua habilidade de mediador das construções de aprendizagem. Mediar é intervir para promover mudanças. A participação do professor, por inteiro, (corpo, organismo, inteligência e desejo) nessa relação, na sala de aula, no processo ensino-aprendizagem demanda a participação dos alunos também por inteiro.

Todas as ações apontam para o aluno que é o agente principal e responsável pela aprendizagem. Com isto, o professor se preocupa com que o aluno precisa aprender para se formar como cidadão, como o aluno aprenderá melhor que técnicas favorecerão a aprendizagem do aluno e como será feita a avaliação visando o incentivo constante ao seu aprendizado.

A forma como se dar na interação dos elementos: professor, aluno e planejamento revelará, por exemplo, a concepção que o professor tem de aprendizagem e do processo de ensino aprendizagem; de seu papel nele, do papel que cabe ao aluno de sua visão de mundo e da sociedade contemporânea, de sua competência pedagógica e política. (BRANDÃO, 2010, p. 87).

Cada sujeito apresenta sua modalidade de aprendizagem assim como suas dificuldades são características individuais, que estão relacionadas aos seus, meios, condições e limites para conhecer. Cada ser humano é uma criação única, possuem uma série de talentos, capacidades e maneiras de aprender.

O domínio da língua adquire importância enquanto instrumento de comunicação e expressão de ideias, pensamentos, sentimentos, bem como de acesso às informações, construção de visões de mundo e produção de conhecimento.

Quando falamos de educação devemos lembrar que ela pressupõe um movimento de dentro para fora, mais precisamente no gênero humano. Daí a necessidade de

investimentos nas nossas potencialidades internas( BARRETO, 2004, p. 12)

As escolas são vistas nos dias de hoje como um local onde os cidadãos sairão alfabetizados, elas assumem um papel na sociedade de modo que o processo de aprendizagem vai além do simples aprender a ler. É importante que se tenha ciência do uso social da leitura e da escrita no seu dia a dia.

O processo de aprender é algo prazeroso e surpreendente pois cada sujeito contribui de sua maneira e forma no processo de aprendizagem do outro. Não se pode ensinar liberdade através de didáticas centradas na figura do eu, pois cada sujeito é único e possuem as suas próprias habilidades e podem aprender.

## 2.1 Atividade Experimental e a escola

A escola é o ambiente que deveria possibilitar o desenvolvimento de potencialidades dos indivíduos, mas esse desenvolvimento não é acessível para todos, muitas vezes o que se constata no dia a dia escolar é um desenvolvimento muito aquém do que poderia ser alcançado.

É necessário melhorar a maneira como esses alunos vem sendo ensinados, ou seja, é necessário melhorar o que se ensina, do que se aprende e como essa informação é apreendida.

O que deve ser observado nesse contexto é o que está sendo ensinado e como, se o aluno está realmente aprendendo e como está aprendendo. Não adianta ir passando o aluno de série em série, com facilidades, porque o prejuízo é grande e ele senti isso, quando termina os estudos, e quer arrumar um emprego, ou fazer uma faculdade (FEIJO, 2003, p. 103).

Mudar essa situação só poderá ser feita se o processo de ensino, a forma de aprendizagem for analisada, por esse motivo é fundamental a implementação de práticas experimentais na área de natureza em especial no ensino de química, pois quando o aluno se depara com uma situação nova, onde ele é desafiado a realizar algo novo dentro de tudo que ele aprendeu em sala de aula, isso gera um estímulo significativo nele, de maneira tal que o mesmo sente-se motivado a realizar a tarefa proposta, fazendo uso de sua criatividade e pensamento crítico científico, pois o mesmo agora terá a comprovação que tudo que ele aprendeu de forma teórica é comprovado e faz todo sentido na parte experimental, daí a importância do ensino da química experimental no processo de aprendizagem do aluno. Logo podemos analisar a pessoa a quem é transmitido o conhecimento bem como suas dificuldades nesse processo. Para que exista eficácia no processo de aprendizagem é importante que aspectos como o cognitivo, afetivo, social sejam observados em todas as práticas pedagógicas.

Compreende-se que a atividade experimental promove no aluno um desenvolvimento espontâneo e criativo, sendo um aliado no processo da educação, ajudando na formação da personalidade, do cognitivo e do afetivo, uma vez que essas atividades são realizadas

em grupo, promovendo uma maior interação entre os alunos.

O caráter experimental não se associa apenas ao laboratório em si, mas em todas as atividades que promova a curiosidade, criatividade e utilização de materiais que possam ser utilizados na complementação da parte teórica, até mesmo jogos e outras diversificadas atividades, entretanto, uma convenção associar o imaginário subjetivo ao lúdico, porque na verdade, a aprendizagem e a criação podem ocorrer na presença de atividades experimentais ou mesmo nas atividades que originalmente não tem essa função. Por exemplo, o trabalho pode ser fonte de real prazer para um indivíduo, a tal ponto que a atividade ligada a ele tem caráter lúdico-experimental, porque elevam o sujeito ao estado de criatividade que ocorre também nas tarefas livres e lúdicas.

Portanto instrumentos pedagógicos, que estimulam a criatividade e desenvolvimento crítico do aluno como atividades experimentais tem como intenção ensinar ou introduzir novas informações com finalidade de instruir ou desenvolver algum tipo de potencial no aluno de maneira que o mesmo possa sair da bolha que o acompanha em toda sua caminhada acadêmica.

## 2.2 Educação Ambiental

Cada sujeito apresenta sua modalidade de aprendizagem assim como suas dificuldades são características individuais, que estão relacionadas aos seus, meios, condições e limites para conhecer. Cada ser humano é uma criação única, possuem uma série de talentos, capacidades e maneiras de aprender.

O domínio da língua adquire importância enquanto instrumento de comunicação e expressão de ideias, pensamentos, sentimentos, bem como de acesso às informações, construção de visões de mundo e produção de conhecimento.

O desenvolvimento escolar segundo Vygotsky (1998) precisa levar em conta as necessidades do aluno e os incentivos que são eficazes para colocá-las em ação. O seu avanço está ligado a uma mudança nas motivações e incentivos, por exemplo: aquilo que é de interesse para um bebê não o é para uma criança um pouco maior.

Educação Especial: é uma categoria de aborda a história e os conceitos de educação especial, como uma educação especializada, mas, também, que nasceu de uma concepção ainda segregada a. Esse conteúdo é previsto nas disciplinas de Educação Especial Inclusiva, Libras e Educação Inclusiva (SAMPAIO, 2017).

Segundo a filosofia do Erudito, na hora de criar um jogo, o autor deve, em princípio, fazer um mapeamento do desenho curricular com a estrutura do jogo, segundo a metáfora. (MORENO E MURILO, 2018)

Quando falamos de educação ambiental devemos lembrar que ela pressupõe um movimento de dentro para fora, onde cada um deve fazer uma reflexão de certas atitudes individuais que possam influenciar direta ou indiretamente no meio. Dai a necessidade de

investimentos nas nossas potencialidades internas. (BARRETO, 2004, p. 12)

O processo de aprender é algo prazeroso e surpreendente pois cada sujeito contribui de sua maneira e forma no processo de aprendizagem do outro. No caso da educação ambiental é algo que além de aprender como lidar com o meio ambiente os alunos vai ter autonomia de criar intervenções, para melhorar não só o meio ambiente, mas principalmente as pessoas que vivem nele, por meio das práticas experimentais, aulas teóricas, pesquisas e vivência direta com o meio os alunos se tornarão protagonistas na educação ambiental, mostrando para todos que o papel de preservação e sustentabilidade é para todos.

## **3 | METODOLOGIA**

### **3.1 Contexto da pesquisa**

O trabalho foi desenvolvido em turmas que participam da disciplina eletiva de química ambiental e experimental da EREM Professor Epitácio André Dias, para que por meio e uso das práticas experimentais com enfoque na sustentabilidade e reciclagem de materiais. O trabalho foi desenvolvido em etapas para que possamos analisar a desenvoltura e evolução dos alunos com as técnicas desenvolvidas e utilizadas por eles.

O trabalho contará com a participação efetiva dos alunos para todas as práticas experimentais com finalidades sustentáveis. Esse trabalho terá valor teórico e experimental, pois os alunos participarão de ciclos de palestras, aulas teóricas, visitas de locais com impactos ambientais, mesa redonda e outros... Afim de gerar um sentimento crítico e investigativo nos alunos antes de irem para as práticas experimentais, para quando chegarem na experimentação com uma bagagem forte e fundamentada na teoria que outrora estudaram, gerando assim um sentimento de autonomia e protagonismo. Na parte experimental teremos algumas fases e uma delas será a fase de recolhimento dos materiais que serão reciclados no caso de nosso experimento serão as garrafas (PET) politereftalato de etileno, que será feita a hidrólise alcalina do material em questão, para sua reciclagem e estudo geral de seu tempo reacional. Onde será utilizada estratégias didáticas para aplicação desta metodologia, para que os alunos possam acompanhar todo o processo e etapas que permeiam esse experimento.

### **3.2 Sujeitos investigados e metodologia para análise**

Os estudantes que participaram do projeto foram os estudantes que participaram da eletiva de química promovida pelo professor Francisco Coutinho, onde foi feita uma investigação sobre objetos e seus respectivos tempos de decomposição, onde será analisada a garrafa (PET) incolor, onde será feita a hidrólise alcalina da garrafa (PET) analisaremos seu tempo reacional em várias concentrações e realizaremos um estudo de

caso sobre a experimentação e suas vertentes na área de sustentabilidade, dentro do mesmo contexto faremos o produto educacional. E por meio de algumas avaliações prévias e comparativas, vamos identificar o grau de desenvolvimento e evolução dos alunos que participaram de todas as etapas do projeto com alunos que não participaram do projeto, também foram avaliados dentro do produto educacional que foi projetado. Produzimos um jogo digital voltado para área de sustentabilidade e química ambiental, o uso do jogo digital, também fará parte da etapa avaliativa.

### **3.3 Desenvolvimento e Aplicação da tecnologia com a metodologia ativa**

O jogo foi desenvolvido em um estilo de gênero já tradicional e reconhecido por muitos alunos em um estilo tal como Mario, Sonic... Em um total de 10 níveis em ordem crescente de assuntos e dificuldade, seguindo a grade curricular de química no ensino médio na área de sustentabilidade. Dos 10 níveis 5 serão atribuídos ao estudo do meio ambiente e preservação ambiental e os outros cinco voltados para área de química e intervenção socioambiental, de forma tal que possamos contemplar todo o projeto do início ao fim dentro do produto educacional.

Dentre vários estilos que serão colocados no jogo, teremos os puzzles (quebra cabeças ou enigmas), práticas experimentais, e atividades teóricas que estão presentes no dia a dia do aluno.

O jogo rodará nos grandes navegadores (Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera e suas variações) de forma totalmente off-line, não precisará de internet pra jogar, apenas para baixar.

O jogo inicialmente foi testado nos sistemas MS Windows (do XP ao 10). Em termos de Jogabilidade o jogo tem vários Quebra-Cabeças, como encaixe, Quizes (Perguntas e Respostas).

Para construção do jogo, foi preciso conhecimentos em lógica matemática, arte digital, e informática básica onde os próprios alunos participaram da produção do produto educacional. O jogo foi realizado com ajuda de alunos do projeto da eletiva e ex-alunos como monitores.

Os motores Gráficos/Aplicativos que serão utilizados será construct 2, ela é freemium, versão gratuita com funções que podem ser compradas. Foi analisada também uma alternativa totalmente gratuita que é o G-Develop, esses aplicativos usam linguagem html, Java e NodewebKit. Dessa forma finalizamos o desenvolvimento e aplicabilidade das novas tecnologias em conjunto de metodologias ativas no ensino de química com ênfase na sustentabilidade, um trabalho altamente interdisciplinar, onde contempla, várias áreas do conhecimento de forma ativa e dinâmica, afim de uma maior absorção do conteúdo dentro do ensino de ciências da natureza.

## REFERÊNCIAS

**BARRETO**, Fernando Gomes. *Jogo e educação*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2004

**BRANDÃO**. Maísa Gomes. *Relação professor aluno*. Maceió: UFAL, 2010;

**CORDEIRO**, Daniela Cristina de Lima. *Memória, Alfabetização e qualidade de vida*. Belo Horizonte: Universidade de Ciências humanas, sociais. 2013.

**CURCINO**, Francisco Coutinho de Assis. *Desenvolvimento e aplicação de jogos no ensino de química*. Recife: UFPE, 2017

**MORENO**, Julián. *Uma estratégia didática para o ensino de química orgânica para propiciar a inclusão de estudantes de ensino médio com deficiências diversas*. 2018

**SAMPAIO**, Laura Firmo. *Uma proposta de ação na licenciatura em química*. Brasília: UnB, 2017

**SANTOS**, Carmen Myrella Aparecida. *Processo de reciclagem química de PET em meio alcalino: efeito da concentração do íon hidróxido, da cor do PET e do tempo de reação.*; revista matéria; v 23, p. 04, 2018

## CAPÍTULO 4

# IDENTIFICACIÓN DE LOS ANALGÉSICOS MÁS UTILIZADOS EN MÉXICO, POR MEDIO DE REACCIONES DE IDENTIFICACIÓN Y DE LA CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA

*Data de aceite: 02/01/2023*

### **Fernando León Cedeño**

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Química, División de Estudios de Posgrado, Departamento de Química Orgánica

### **Patricia Elizalde Galván**

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Química, División de Estudios de Posgrado, Departamento de Química Orgánica

### **José M. Méndez Stivalet**

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Química, División de Estudios de Posgrado, Departamento de Química Orgánica

### **Martha Menes Arzate**

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Química, División de Estudios de Posgrado, Departamento de Química Orgánica  
Facultad de Medicina, Departamento de Farmacología  
Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, México

### **Gloría Pérez Cendejas**

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Química, División de Estudios de Posgrado, Departamento de Química Orgánica

**RESUMEN:** Dentro del Programa Olimpiadas de la Ciencia, organizadas por la Academia Mexicana de Ciencias y la Facultad de Química de la UNAM, se realizó la XI Olimpiada Nacional de Química. Dentro de los exámenes que realizaron los alumnos de nivel medio superior, se llevó a cabo un experimento a través del cual tuvieron que identificar por medio de pruebas a la gota tres compuestos patrones, desconocidos para ellos y los cuales eran el ácido acetilsalicílico, el paracetamol y la cafeína. Una vez que identificaron estos compuestos, tuvieron que deducir por medio de un análisis por Cromatografía en Capa Fina, cuáles fueron las dos muestras problemas que se les entregaron, siendo una de ellas la Aspirina (**ácido acetilsalicílico**) o el Panadol (**paracetamol**). La otra muestra podría ser la Cafiaspirina (**ácido acetilsalicílico +**

**cafeína**) o el Saridón (**paracetamol + cafeína**). Los resultados obtenidos por los alumnos fueron muy satisfactorios.

**PALABRAS CLAVE:** Analgésicos, pruebas a la gota, cromatografía en capa fina, olimpiada química.

## IDENTIFICAÇÃO DOS MEDICAMENTOS ANALGÉSICOS MAIS USADOS NO MÉXICO, ATRAVÉS DE REAÇÕES DE IDENTIFICAÇÃO E CROMATOGRAFIA DE CAMADA FINA

**RESUMO:** Dentro do Programa das Olimpíadas de Ciências, organizado pela Academia Mexicana de Ciências e pela Faculdade de Química da UNAM, foi realizada a XI Olimpíada Nacional de Química. Dentro dos exames realizados pelos alunos do ensino médio, foi realizado um experimento no qual eles tiveram que identificar por meio de testes de queda três compostos padrão, desconhecidos por eles e que eram o ácido acetilsalicílico, o paracetamol e a cafeína. Uma vez identificados estes compostos, tiveram de deduzir, através de uma análise por Cromatografia em Camada Fina, quais foram as duas amostras problemáticas que lhes foram dadas, sendo uma delas Aspirina (ácido acetilsalicílico) ou Panadol (paracetamol). A outra amostra poderia ser Cafiaspirina (ácido acetilsalicílico + cafeína) ou Saridon (paracetamol + cafeína). Os resultados obtidos pelos alunos foram muito satisfatórios.

**PALAVRAS-CHAVE:** Analgésico, testes de gota, cromatografia de camada fina, olimpíadas químicas.

## IDENTIFICATION OF THE MOST USED ANALGESIC DRUGS IN MEXICO, THROUGH IDENTIFICATION REACTIONS AND THIN-LAYER CHROMATOGRAPHY

**ABSTRACT:** Within the Programa Olimpíadas de la Ciencia, organized by Academia Mexicana de Ciencias y la Facultad de Química at UNAM, the XI National Chemistry Olympiad was held. Among the tests performed students of high school level, it was conducted an experiment through which they had to identify by testing to drop three compounds patterns, unknown to them and which were aspirin, paracetamol and caffeine. Once identified these compounds, they had deduced through analysis by Thin Layer Chromatography, what were the two samples problems were given, one of which aspirin (acetylsalicylic acid) or Panadol (paracetamol). The other sample could be Cafiaspirina (acetylsalicylic acid + caffeine) or Saridon (paracetamol + caffeine). The results obtained by the students were very satisfactory.

**KEYWORDS:** Analgesic, drop tests, thin layer chromatography, chemical olympics.

### 1 | ANTECEDENTES

Dentro del Programa Olimpíadas de la Ciencia, organizadas por la Academia Mexicana de Ciencias y la Facultad de Química de la UNAM, hasta el momento se han realizado 25 Olimpíadas Nacionales de Química. Estos eventos académicos han permitido seleccionar a los 15 mejores alumnos de nivel medio superior de todo México, para integrar

la selección mexicana que representó y/o va a representar a México en las Olimpiada Internacionales de Química en las que participa México, la International Chemistry Olympiad (IChO) y la Olimpiada Iberoamericana de Química. En tres de ellas: a) La XI en la Ciudad de Xalapa, Veracruz en 2002. b) La XVII en la Ciudad de Oaxaca, Oaxaca en 2008 y c) La XXV en la Ciudad de Guanajuato, Guanajuato, en 2016, dentro de los exámenes que realizaron los alumnos, se llevó a cabo un experimento a través del cual tuvieron que identificar por medio de pruebas a la gota tres compuestos patrones, desconocidos para ellos y los cuales eran el ácido acetilsalicílico, el paracetamol y la cafeína. Una vez que identificaron estos compuestos, tuvieron que deducir por medio de un análisis por Cromatografía en Capa Fina, cuales fueron las dos muestras problema que se les entregaron, siendo una de ellas la Aspirina (ácido acetilsalicílico) o el Panadol (Tylenol o paracetamol). La otra muestra podría ser Cafiaspirina (ácido acetilsalicílico + cafeína) o Saridón (paracetamol + cafeína) (León-Cedeño, 2002).

En la actualidad entre los analgésicos que más se utilizan en México y que se encuentran en cualquier farmacia de México, contienen en su formulación alguno de los siguientes compuestos:

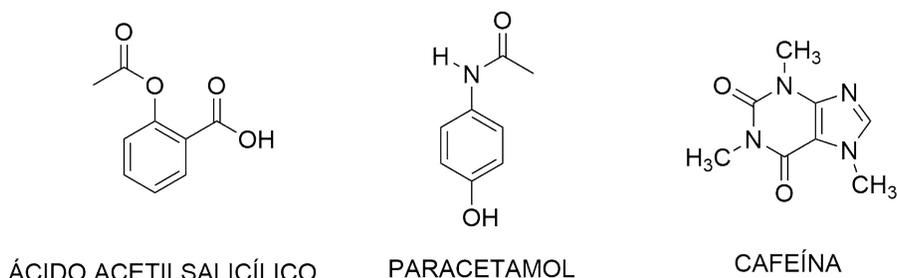


Figura 1. Estructura de los tres compuestos activos que forman parte de las formulaciones de los analgésicos

Dentro de las marcas comerciales que se pueden encontrar en estos momentos en México, se muestran en la tabla 1.

NOMBRE COMERCIAL	PRODUCIDO POR:	COMPOSICIÓN POR TABLETA:
ASPIRINA	Bayer de México, S.A. de C.V.	ÁCIDO ACETILSALICÍLICO 500 mg
CAFIASPIRINA	Bayer de México, S.A. de C.V.	ÁCIDO ACETILSALICÍLICO 500 mg CAFEÍNA 30 mg
PANADOL	SmithKline Beecham, México, S.A. de C.V.	PARACETAMOL 500 mg
TYLENOL	Janssen Cilag, S.A. de C.V	PARACETAMOL 500 mg
XL-DOL	Selder, S.A. de C.V.	PARACETAMOL 500 mg

SARIDÓN	Productos Roche, S.A. de C.V.	PARACETAMOL CAFEÍNA	500 mg 30 mg
---------	-------------------------------	------------------------	-----------------

Tabla 1. Nombres comerciales de los principales analgésicos utilizados en México y composición de los mismos

En todas las presentaciones se utiliza como excipiente al almidón o bien la metilcelulosa, en la cantidad suficiente para formar la tableta (cbp).

## 2 I OBJETIVOS

- (1) Que el alumno identifique por medio de pruebas a la gota, los siguientes grupos funcionales: un ácido carboxílico, un fenol y por pruebas de solubilidad en medio ácido un grupo amino.
- (2) Que conozca y aplique la técnica de Cromatografía en Capa Fina, para realizar un análisis cualitativo con el fin de identificar 2 muestras problema.
- (3) Que el alumno compruebe que, en los analgésicos de uso común, y que muy probablemente él ha llegado a utilizar, se encuentran los principios activos ya mencionados.

## 3 I PARTE EXPERIMENTAL (PAVIA, 1988; MAYO, 2000)

En este experimento, el alumno tuvo que identificar, por medio de reacciones características de un grupo funcional (pruebas a la gota), pruebas de solubilidad y un análisis por cromatografía en capa fina, los 5 sólidos que se encontraban en su mesa de trabajo, en los recipientes de plástico que tenían las letras **A, B, C, D y E**.

Los compuestos **A, B y C**, se encontraban puros y podrían ser cualquiera de los ya indicados en la figura 1.

El sólido **D** era una tableta, que podría ser de Aspirina o Panadol.

Y finalmente el sólido **E** era una tableta que podría ser de Saridón o Cafiaspirina.

### 3.1 Primera parte

#### IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPUESTOS **A, B y C**:

El alumno siguió cada uno de los siguientes pasos, para que tuviera las evidencias necesarias para que pudiera identificar a los compuestos **A, B y C** (Shriner, 1995).

Para lograr lo anterior, el alumno colocó una pequeña cantidad de cada uno de compuestos, por ejemplo, del compuesto **A**, en tres tubos de ensayo (tubos 1, 2 y 3) y se le pidió que anotara sus observaciones y completara con ellas la tabla 2.

1. Al tubo No. 1 agregó 15 gotas de solución de HCl 5% y agitó.
2. Al tubo No. 2, agregó 15 gotas de solución NaHCO<sub>3</sub> 5% y agitó.
3. Al tubo No. 3, agregó 15 de gotas de agua y adiciona 5 gotas de una solución de

cloruro férrico al 3%. (**NOTA:** un fenol da una coloración azul intensa).

Pruebas de identificación	COMPUESTO (+) se disolvió o dio reacción colorida			OBSERVACIONES
	A	B	C	
a) HCl 5%				
b) NaHCO <sub>3</sub> 5%				
c) Prueba con FeCl <sub>3</sub> (cloruro férrico)				

Tabla 2. Pruebas que tenía que realizar el alumno

## 3.2 Segunda parte

### IDENTIFICACIÓN DE LAS TABLETAS D y E:

#### INTRODUCCIÓN TEÓRICA CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA

No hay que olvidar que de los alumnos que participan en las Olimpiadas Nacionales de Química, son alumnos de Nivel Medio Superior, y que el tema de **CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA** lo pudieron estudiar durante su entrenamiento en su Estado de origen o en el peor de los casos no lo habían visto hasta el día del examen práctico. Por esta razón antes de ir al laboratorio, se les proyectó un video en el que se les daban los fundamentos de esta técnica experimental y se les ilustraba cada uno de los pasos a seguir empleando esta técnica de análisis. Posteriormente pasaron a trabajar en el laboratorio.

Para identificar las **tabletas D y E**, se debe de extraer el principio activo de la tableta problema. Para esto todo el contenido molido de cada una de las dos tabletas **se coloca por separado** en los matraces Erlenmeyer de 50 ml. En cada uno de ellos se adicionan 10 ml de acetona y se agita la mezcla durante 5 minutos. La mezcla se filtra por gravedad por medio de un embudo de vidrio con tallo corto, recibiendo el filtrado de cada tableta en sus respectivos tubos de ensayo (**disoluciones D y E**).

En la parte superior e inferior de la placa se trazan con un lápiz dos líneas a 0.5 cm de los bordes. La línea inferior se divide en 5 partes equidistantes entre sí, se marcan, y sobre las tres primeras marcas se aplican las soluciones de los tres estándares (se le proporcionaron a cada alumno sus disoluciones en acetona) de ácido acetilsalicílico, paracetamol y de cafeína. En los siguientes dos puntos el alumno aplicó las soluciones en acetona de las **tabletas D** y la **E** respectivamente.

Una vez que el alumno aplicó todas las disoluciones sobre la fase estacionaria (tanto de los 3 estándares como las de las dos tabletas), se dejó evaporar la acetona y la placa la introdujo en la cámara de elución (frasco con tapa de 8 cm de alto) el cual contenía una mezcla de hexano-acetona (40:60). Dejó eluir la mezcla de disolventes hasta la parte



## 4 | RESULTADOS OBTENIDOS

De los 60 alumnos que realizaron este experimento, 50 acertaron correctamente cuales eran sus compuestos A, B y C. Y de los mismos 60 alumnos, 40 acertaron correctamente cuales eran sus compuestos D y E.

En cuanto a las pruebas a la gota, el resumen de las pruebas se muestra en la tabla 3.

Pruebas de identificación	COMPUESTO (+) se disolvió o dio reacción colorida			OBSERVACIONES
	A	B	C	
a) HCl 5%			+	Se disolvió
b) NaHCO <sub>3</sub> 5%	+			Desprendimiento de un gas (CO <sub>2</sub> )
c) Prueba con FeCl <sub>3</sub> (cloruro férrico)		+		Coloración azul intensa

Tabla 3. Resultados de las pruebas realizadas por el alumno

Los valores de los R<sub>f</sub> de los 3 compuestos se muestran en la figura 4.

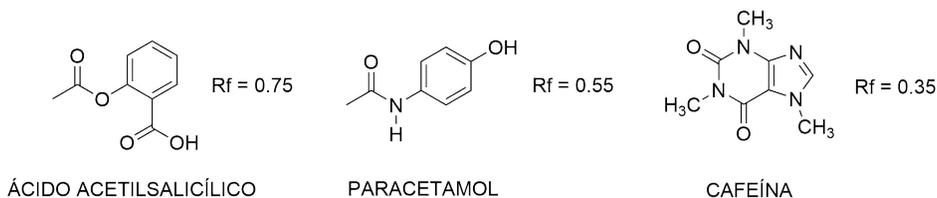


Figura 4. Estructura de los tres compuestos activos y sus respectivos valores de R<sub>f</sub> determinados experimentalmente (ver parte experimental).

## 5 | CONCLUSIONES

Este es un experimento que ha resultado ser interesante para los alumnos. Se hace uso de dos técnicas analíticas, como lo son las pruebas a la gota y el análisis por cromatografía en capa fina. Se les hace patente a los alumnos que en los analgésicos comerciales están los principios activos que ya se mencionaron.

## REFERENCIAS

1. LEÓN-CEDEÑO, F., CERVERA, E.F., JIMÉNEZ, C.C.C.; MÉNDEZ, S.J.M.; PÉREZ, C. G.; RINCÓN, L.S.A; "**Identificación de los analgésicos más utilizados en México por medio de reacciones de identificación y de la cromatografía en capa fina**". Trabajo presentado en el **XXV CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA**, Cancún Quintana Roo, México, el 24 de septiembre del 2002. Memorias Revista de la Sociedad Química de México. Vol. 46, Número Especial, 2002, Resumen: C/83, pág. 373.
2. MAYO, D.W.; PIKE, R.M.; and TRUMPER, P.K.; **Microscale organic laboratory with multistep and multiscale synthesis**, pp. 82-84, 4<sup>th</sup>. Edition, Ed. John Wiley & Sons, New York, N.Y., 2000.
3. PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.; and KRIZ, G.S.; **Introduction to Organic Laboratory Techniques, A contemporary approach**, pp 45-49, 3<sup>rd</sup>. Edition, Ed, Saunders College Publishing, Harcourt Brace College Publishers, Fort Worth, USA, 1988.
4. SHRINER, R.; FUSON, R.C.; CURTIN, D.Y.; and MORRIL, T.C.; **The Systematic Identification of Organic Compounds**, pp 284-289, 348-350, 6th. Edition, John Wiley & Sons, New York, N.Y., 1995.

# SÍNTESE BIOCATALÍTICA DE AMIDAS E AMIDAS-GRAXAS DERIVADAS DO S-MANDELATO DE ETILA E POTENCIAIS APLICAÇÕES COSMÉTICAS

Data de submissão: 22/11/2022

Data de aceite: 02/01/2023

### Rafaely Nascimento Lima

Profa. Dra. - Departamento de Química,  
Universidade Federal do Maranhão, São  
Luís, Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/2858256686664316>

### André Luiz Meleiro Porto

Prof. Dr. - Laboratório de Química  
Orgânica e Biocatálise, Instituto de  
Química de São Carlos, Universidade de  
São Paulo, São Carlos, São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/2689760395534218>

**Nota dos Autores:** Este capítulo foi originado da Tese de Doutorado "Síntese de amidas e amidas-graxas utilizando metodologias aplicadas aos princípios da química verde" da Profa. Dra. Rafaely N. Lima, concluída em 17/08/2018, no Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. <https://doi.org/10.11606/T.75.2018.tde-13112020-175102>.

**RESUMO:** As enzimas vêm desempenhando contribuições cruciais no avanço da biotecnologia, na descoberta de novos agentes terapêuticos e em processos químicos industriais. Nesta perspectiva, estudos de reações biocatalisadas como de aminólise e esterificação, utilizando a

lipase de *Candida antarctica* (CAL-B), têm se tornado uma ferramenta valiosa para a obtenção de compostos de alto valor agregado com procedimentos alinhados aos princípios de Química Verde. Sendo assim, nesse capítulo, foram abordadas algumas metodologias quimioenzimáticas para a síntese de amidas e amidas-graxas derivadas do ácido S-mandélico, um  $\alpha$ -hidroxiácido com larga aplicação comercial e de interesse químico, farmacêutico e cosmético.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ácido mandélico, Química verde, Lipase, Biocatálise

### BIOCATALYTIC SYNTHESIS OF AMIDES AND FATTY-AMIDES DERIVED FROM ETHYL S-MANDELATE: POTENTIAL FOR FUTURE COSMETIC APPLICATIONS

**ABSTRACT:** Enzymes have been playing crucial contributions in the advancement of biotechnology, in the discovery of new therapeutic agents and in industrial chemical processes. In this perspective, studies of biocatalyzed reactions such as aminolysis and esterification, using lipase from *Candida antarctica* (CAL-B), have become a valuable tool for obtaining compounds with high added value with procedures aligned

with the principles of Green Chemistry. Therefore, in this chapter, some chemoenzymatic methodologies for the synthesis of amides and fatty amides derived from *S*-mandelic acid, an  $\alpha$ -hydroxy acid with wide commercial application and of chemical, pharmaceutical and cosmetic interest, were discussed.

**KEYWORDS:** Mandelic acid, Green chemistry, Lipase, Biocatalysis.

## 1 | INTRODUÇÃO

### 1.1 Hidroxiácidos

A preocupação com a beleza e a estética tem cada vez mais se intensificado nos dias atuais. Medicamentos, cosméticos e procedimentos cirúrgicos estão sendo utilizados para melhorar a aparência corporal, como também para auxiliar em tratamentos e prevenção de doenças. São exemplos as aplicações cosméticas para o tratamento cutâneo para acnes, cravos, hiperpigmentação e o fotoenvelhecimento (LEUTHARD e IMHOF, 2020).

Dentre as substâncias empregadas com esse propósito, os  $\alpha$ -hidroxiácidos (ácido glicólico, ácido láctico, ácido mandélico, ácido málico, ácido cítrico e ácido tartárico) são amplamente incorporadas em cremes, loções e até mesmo em medicamentos para tratamentos dermatológicos (**Figura 1**).

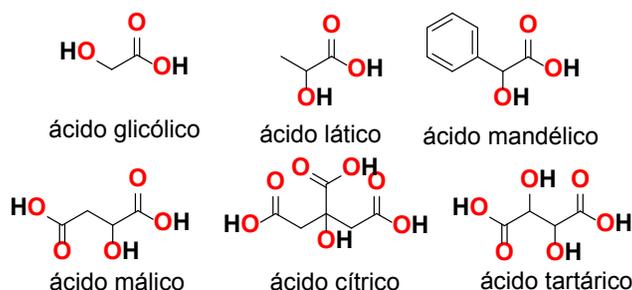


Figura 1. Exemplos de  $\alpha$ -hidroxiácidos usados em tratamentos dermatológicos e em composição cosmética.

Mesmo demonstrando eficácia para os tratamentos epidérmicos, são necessários cuidados para o uso adequado dessas formulações, evitando danos que podem ser causados pelas aplicações indevidas e sem a supervisão de profissionais especializados (DREHER et al., 2022; CLARYS e BAREL, 2009).

Exemplo de efeitos colaterais que podem ser observados são alta sensibilidade, cicatrizes, infecção, hiperpigmentação pós-inflamatória, hipopigmentação pós-inflamatória, eritema persistente, alergias e irritações (DREHER et al., 2022; CLARYS e BAREL, 2009).

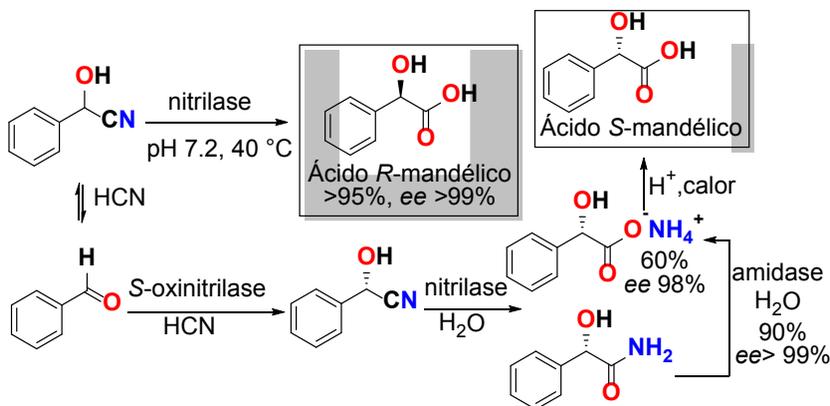
Com o objetivo de expandir a diversidade e disponibilidade de compostos com atividade biológica em tratamentos cutâneos e reduzir os efeitos colaterais observados em

muitos produtos comercializados, a síntese de novos derivados, a partir de  $\alpha$ -hidroxiácidos, têm se intensificado. Por isso, abordaremos a síntese biocatalítica de novas moléculas a partir do ácido *S*-mandélico as quais podem ter potencial para usos e tratamentos cutâneos.

## 1.2 Ácido mandélico

O ácido mandélico é um  $\alpha$ -hidroxiácido (AHA) aromático encontrado em pequenas quantidades em folhas de trigo, uvas, microrganismos (ex. *Penicillium chrysogenum*) e em alguns fitoplânctons, que conseguem converter os compostos naturais L-fenilalanina e o ácido fenilacético em ácido mandélico (PRYDDERCH et al., 2017; VIAFARMA, 2017).

Na indústria, a produção do ácido mandélico é realizada pela hidrólise ácida ou enzimática da mandelonitrila. A produção do ácido *R*-mandélico ocorre pela resolução cinética com a *R*-feniletilamina [Yamakawa Chemical Industry Ltd (Japan)] ou por nitrilases expressas em *E. coli* (**Esquema 1**) (BREUER et al., 2004).



Esquema 1. Síntese biocatalítica dos ácidos *R*- e *S*-mandélico.

A obtenção do ácido *S*-mandélico foi reportado por Mateo et al. (2006), por meio da bioconversão do benzaldeído e adição sequenciada de HCN catalisada por agregados de enzimas (CLEA) contendo *S*-oxinitrilase e nitrilase, obtidas da planta *Manihot esculenta* e da bactéria *Pseudomonas fluorescens* ECB191, respectivamente (**Esquema 1**).

O ácido mandélico é amplamente utilizado como agente antibacteriano, no tratamento de infecções do trato urinário, como antibiótico oral; bem como uma alternativa ao ácido glicólico em produtos de cuidados da pele frente ao tratamento de rugas, cicatrizações, infecções por *Acne vulgaris*, hiperpigmentação, fotoenvelhecimento e *peelings* (TAYLOR, 1999; BRITAIN, 2002; GARG; SINHA; SARKAR, 2009; SKINSTORE, 2016). O ácido *R*-mandélico apresenta propriedades *antifeedant* e inseticida contra a cigarrinha do arroz (*Nilaparvata lugens* Stål) e outros insetos; é utilizado como agente quirais para a resolução cinética de álcoois e aminas racêmicas (SARAVANAN; SINGH, 1998; JIN et al., 2011).

O ácido mandélico também é utilizado como bloco de construção na síntese de algumas cefalosporinas (Cefaloglycina, Cefaclor e Cefalexina) ou penicilinas (*Ampicilina*) semissintéticas, medicamentos reconhecidos por apresentarem potentes atividades antibióticas contra as infecções de pele (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*), respiratórias (*Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *Moraxella catarrhalis*), urogenital (*E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*) e em ossos (*S. aureus* e *P. mirabilis*) (**Figura 2**) (BLUM; BOMMARIUS, 2010; BIEK et al., 2010).

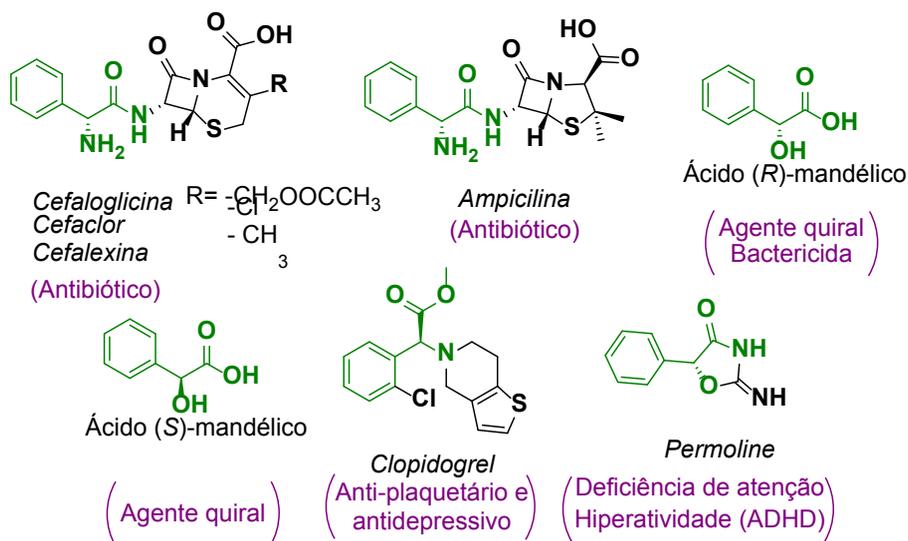


Figura 2. Exemplos de moléculas com propriedades biológicas derivadas do ácido mandélico.

## 2 | BIOCATÁLISE

A exploração crescente dos recursos naturais e a necessidade de se reduzir a poluição e a contaminação ambiental, a biocatálise vem cada vez mais se tornando uma tendência mundial em pesquisas acadêmicas e em aplicações de processos químicos industriais. O avanço da biocatálise engloba a produção e a aplicação de biocatalisadores em diversos tipos de reações químicas, a adaptação de microrganismos ou enzimas em condições reacionais não usuais ao sistema biológico (solventes orgânicos, altas temperaturas) ou frente aos diferentes tipos substratos, imobilização e a alteração da estrutura do sítio catalítico das enzimas por engenharia de proteínas (PERA; BAIGORI; CASTRO, 2015; ARNOLD, 2018; MILLER; ATHAVALE; ARNOLD, 2022; MONTEIRO; SILVA, 2009).

A biocatálise emprega catalisadores (enzimas) renováveis em condições suaves de reações, as quais incluem vários dos princípios da Química Verde, que tem como a objetivo introduzir o uso de ferramentas e metodologias que reduzam ou eliminem a geração de resíduos e/ou subprodutos que são danosos à saúde e ao meio ambiente. A Química

Verde visa o desenvolvimento de processos químicos completamente sustentáveis para a preservação da vida (MELCHERT; REIS; ROCHA, 2012).

Dessa forma, devem-se desenvolver processos químicos que minimizem a produção de resíduos tóxicos, que reduzam o uso de solventes, que as reações sejam realizadas em condições brandas de temperatura, pressão e acidez, com tempos reacionais curtos (eficiência energética), uso de catalisadores ou materiais renováveis, bem como desenvolver reações com menor número de etapas para a obtenção dos produtos com bons rendimentos. Como exemplos, citam-se a biocatalise, a organocatalise, a fotocatalise, as reações multicomponentes em sistema *one-pot*, reações em fluxo contínuo, em reator de micro-ondas, etc.

Muitos desafios estão sendo enfrentados para a produção segura e eficiente de compostos para as indústrias farmacêutica e de química fina que estejam de acordo com os princípios da Química Verde. Vários medicamentos já estão sendo comercializados em sua forma enantiomérica pura, que apresentam o uso de biocatalisadores em uma ou mais etapas de suas produções (LI et al., 2012; GHISLIERI et al., 2013; GHISLIERI; TURNER, 2014).

As enzimas podem exibir alta quimio-, regio- e enantioseletividade frente às reações químicas que catalisam, podem apresentar promiscuidades em relação ao sítio catalítico e aos diversos tipos de substratos xenobióticos, promiscuidade frente aos diferentes tipos de condições reacionais, aumentando cada vez mais o escopo de aplicações em transformações químicas sustentáveis (FABER, 2011; TRINCONE, 2011; PATEL, 2016).

As enzimas também apresentam algumas limitações quando comparadas aos organocatalisadores ou catalisadores metálicos, pois apresentam suas atividades catalíticas acentuadas em meio aquoso, os substratos e/ou produtos podem inibir a atividade da enzima e poucas são termoestáveis, requerendo de condições específicas de operação (MONTEIRO; SILVA, 2009).

Porém, mesmo com algumas desvantagens, atualmente várias dessas limitações estão sendo contornadas via processos de imobilização, pela tecnologia do DNA recombinante, pela engenharia de proteínas e pela descoberta de extremoenzimas. Esses avanços vêm melhorando os aspectos bioquímicos e fisiológicos das enzimas, aumentando as possibilidades de aplicação em transformações químicas não usuais suportando maiores temperaturas de operação e seus reusos (ARNOLD, 2018; MILLER; ATHAVALE; ARNOLD, 2022; CHEN; ARNOLD, 2020; ROCHA et al., 2012).

As Lipases (EC 3.1.1.3) pertencem a classe das Hidrolases (EC 3), enzimas responsáveis por catalisarem reações de hidrólise e síntese de triacilglicerídeos, apresentam um vasto espectro de aplicação, seja na formação ou hidrólise de glicosídeos, anidridos, ésteres, amidas, peptídeos e outras funções contendo a ligação C-N (KAPOOR; GUPTA, 2012).

As lipases podem ser obtidas de bactérias, fungos, animais, algas e plantas.

Dependendo da origem dessas enzimas a região do sítio ativo pode apresentar diferentes flexibilidades e conformações afetando diretamente a reatividade e a especificidade da enzima, podendo essas propriedades serem vantajosas ou não para as reações (PLEISS; FISCHER; SCHMID, 1998).

A lipase de *Candida antarctica* tipo B (CAL-B), também denominada como lipase de *Pseudozyma (Candida) antarctica* (UPPENBERG et al., 1995) é amplamente aplicada em estudos na academia e na indústria, pois apresenta uma ótima atividade catalítica em reações de resolução de álcoois e aminas racêmicas via reações de esterificação, transesterificação, aminólise, aza-Michael, condensação aldólica, dentre outras (GOTOR et al., 1991; GOTOR-FERNÁNDEZ; BUSTO; GOTOR, 2006; JOUBIOUX et al., 2011, JOUBIOUX et al., 2013b; STAVILA; LOOS, 2013; KIM et al., 2015).

A demanda comercial por produtos cosméticos, como os biosurfactantes, para a proteção da pele (protetor solar, anti-câncer) e tratamento da pele (acne, cravos, rugas, fotoenvelhecimento) está levando a indústria cosmética à procura de compostos que melhor permeiam o tecido cutâneo e com propriedades farmacológicas ativas e sem apresentar efeitos indesejáveis (CLARYS; BAREL, 2009).

Uma abordagem é a síntese de derivados amidas e ésteres, tendo como foco metodologias ambientalmente sustentáveis ou métodos que reduzem a formação de resíduos e os custos dos processos (OJEDA-PORRAS; HERNÁNDEZ-SANTANA; GAMBA-SÁNCHEZ, 2015).

O primeiro estudo, em nosso grupo de pesquisa, foi a obtenção de amidas-graxas derivadas do linoleato de etila e do salicilato de etila, as quais foram sintetizadas utilizando a *N*-dodecilamina e a CAL-B. Foram obtidas as amidas graxas com conversões >95%, em 20 h de reação a 65 °C. As amidas graxas sintetizadas podem ser usadas como componentes em ingredientes cosméticos cutâneos e com potencial para serem utilizados no cuidado da pele (MOUAD et al., 2016).

Etanolaminas derivadas de ácidos graxos são conhecidas por seus efeitos biológicos benéficos ao sistema nervoso central, como a araquidonoiletanolamida (anandamida), que atua como um ligante aos receptores endocanabinoides ou a palmitoiletanolamina que apresenta uma boa atividade anti-inflamatória e analgésica (QUINTANA et al., 2016).

Atualmente, as amidas-graxas têm despertado um maior interesse para as indústrias cosméticas e farmacêuticas e os ácidos  $\alpha$ -hidroxilados são comercializados para serem utilizados em procedimentos estéticos. Assim, sintetizar moléculas híbridas destas duas classes químicas, têm potencial para novas formulações cosméticas e em medicamentos, mostrando-se uma abordagem sintética promissora.

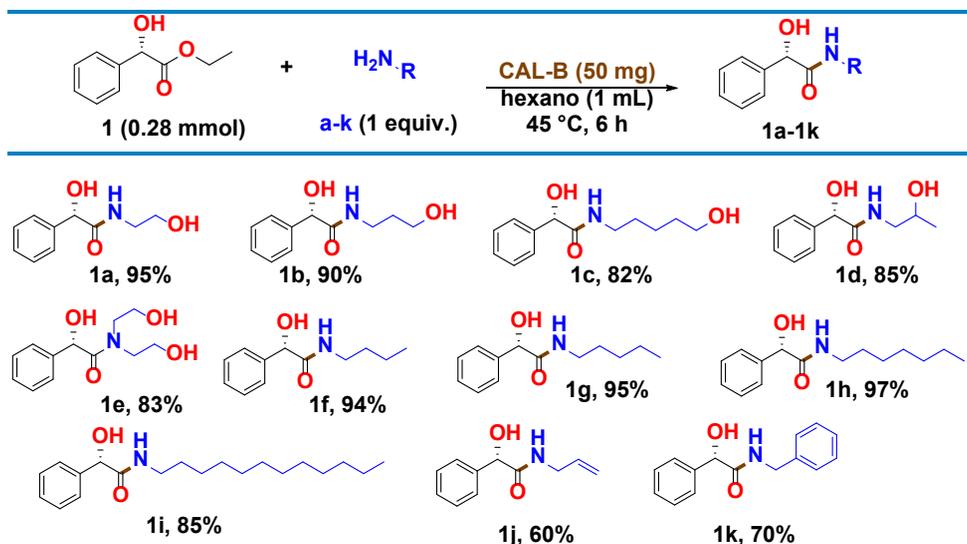
Sendo assim, tendo em vista o potencial farmacológico do ácido mandélico e da necessidade de se aprofundar os estudos com o S-enantiômero, em especial frente às suas possíveis propriedades dermatológicas, apresentamos alguns resultados das sínteses biocatalíticas de amidas e amidas-graxas desenvolvidas por LIMA (2018) e LIMA; PORTO

(2017, 2022).

### 3 | SÍNTESE DE AMIDAS E AMIDAS-GRAXAS POR BIOCATAÁLISE A PARTIR DO S-MANDELATO DE ETILA

Por meio dos estudos realizados por LIMA; PORTO (2017) e LIMA (2018) empregando a enzima CAL-B como biocatalisador para a formação de ligações amídicas, foi possível obter onze amidas derivadas do *S*-mandelato de etila (**1a-1k**) com rendimentos entre 60-97% (**Esquema 2**).

Após a otimização das condições reacionais, as reações foram realizadas a 45 °C por 3 h ou 6 h de reação, empregando hexano como solvente e 50 mg da CAL-B imobilizada (0,72 U). Em adição, foi realizado o estudo de reuso da enzima, empregando a condição da reação de aminólise otimizada entre o *S*-mandelato de etila **1** e a etanolamina **a** para a obtenção da amida **1a** (**Figura 3**).



Esquema 2. Síntese de amidas 1a-1k a partir do *S*-mandelato de etila catalisada pela CAL-B.

A CAL-B apresentou boa estabilidade ao estresse mecânico causado pela agitação magnética (450 rpm) à temperatura de 45°C e ao solvente hexano por até 5 ciclos de reuso. A **Figura 3** mostra que apenas após 5 ciclos foi que houve um decréscimo de 9% na conversão da amida **1a**, demonstrando a eficiência da metodologia desenvolvida. O decréscimo na conversão foi devido a lixiviação de parte da enzima imobilizada provocada pela agitação mecânica e lavagens após cada ciclo de reuso.

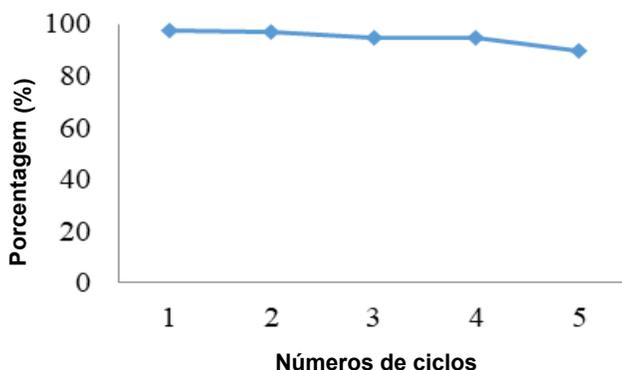
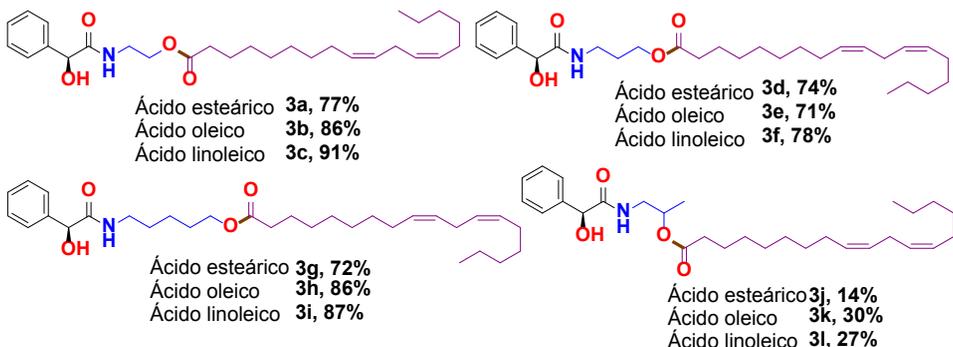
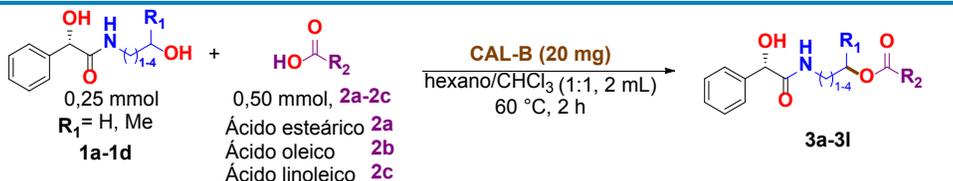


Figura 3. Reuso da CAL-B na síntese da amida **1a**.

Após a obtenção dos resultados promissores para a produção das amidas a partir do *S*-mandelato de etila pela CAL-B, vislumbramos uma ótima oportunidade de expandir a complexidade estrutural das amidas **1a-1d** por meio de uma reação de esterificação com ácidos graxos (estéarico, oleico e linoleico) também por processo biocatalítico (LIMA; PORTO, 2022; LIMA, 2018).

As amidas **1a-1d** sintetizadas têm uma função álcool livre em suas estruturas. Neste caso, a reação de aminólise com a CAL-B foi quimiosseletiva na primeira condição reacional obtida (**Esquema 2**), pois a porção reativa dos aminoálcoois **a-k** utilizados para reagir com o *S*-mandelato de etila foi exclusivamente o grupo amino. Assim, foi idealizado um segundo passo para avaliar a regioseletividade da reação com a CAL-B em catalisar reações de esterificação entre álcoois primários e secundários utilizando como substratos as amidas **1a-1d** aumentando a diversidade estrutural dos compostos sintetizados através de uma metodologia altamente sustentável (**Esquema 3**).

Após os estudos das condições reacionais variando-se os tipos de co-solventes, tempo e quantidade de CAL-B (**Figura 4**) foi possível otimizar a reação de esterificação para 2 h, 20 mg de enzima e uma mistura de solventes (hexano/clorofórmio, 1:1). Essa condição foi aplicada para as amidas **1a-1d** e os ácidos estéarico, oleico e linoleico que forneceram as amidas-graxas **3a-3l** com rendimentos de até 91%.



Esquema 3. Síntese de amidas-graxas **3a-3l** a partir das amidas **1a-1d** catalisada pela CAL-B.

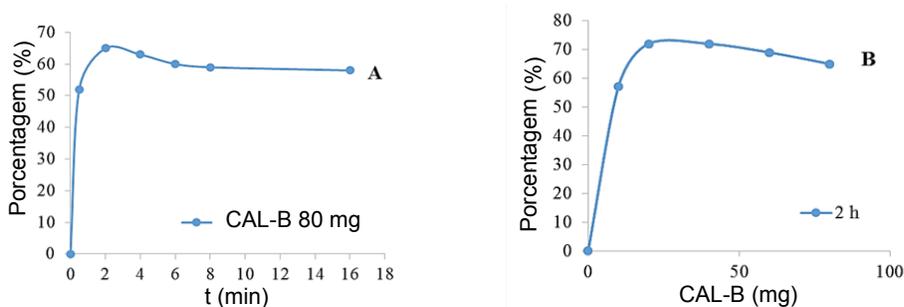
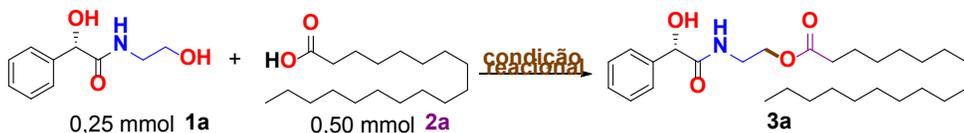


Figura 4. Otimização do tempo reacional para síntese da amida-graxa **3a** (A). Otimização da quantidade de CAL-B para síntese da amida-graxa **3a** (B).

A CAL-B promoveu uma ótima regioseletividade frente à reação de esterificação dos compostos com grupos hidroxílicos primários e secundários (**1a-1d**) empregando os ácidos esteárico, oleico e linoleico como agentes acilantes (72-91%). Porém, houve uma redução dos rendimentos para a reação de esterificação da amida **1d**, que contém dois grupos hidroxílicos secundários em sua estrutura (14-30%). Essa redução da atividade catalítica foi devido ao maior impedimento estérico do grupo hidroxila (**Esquema 3**).

O mecanismo de reação da CAL-B é conhecido como *bi-bi ping-pong* e inicia-se pelo ataque nucleofílico do resíduo de aminoácido serina no centro eletrofílico da carbonila

do éster carboxílico presente no substrato, produzindo um intermediário acil-enzima. Esse intermediário ativa a carbonila do substrato que também é estabilizado por ligações de hidrogênio de resíduos de aminoácidos localizados no sítio catalítico, facilitando o ataque nucleofílico da amina e a consequente formação do produto, regenerando o sítio catalítico da enzima apto para realizar uma nova reação (**Figura 5**) (LAVANDERA et al., 2005; GONZÁLEZ-SABÍN et al., 2006; GOTOR-FERNÁNDEZ; BUSTO; GOTOR; 2006; FABER, 2011).

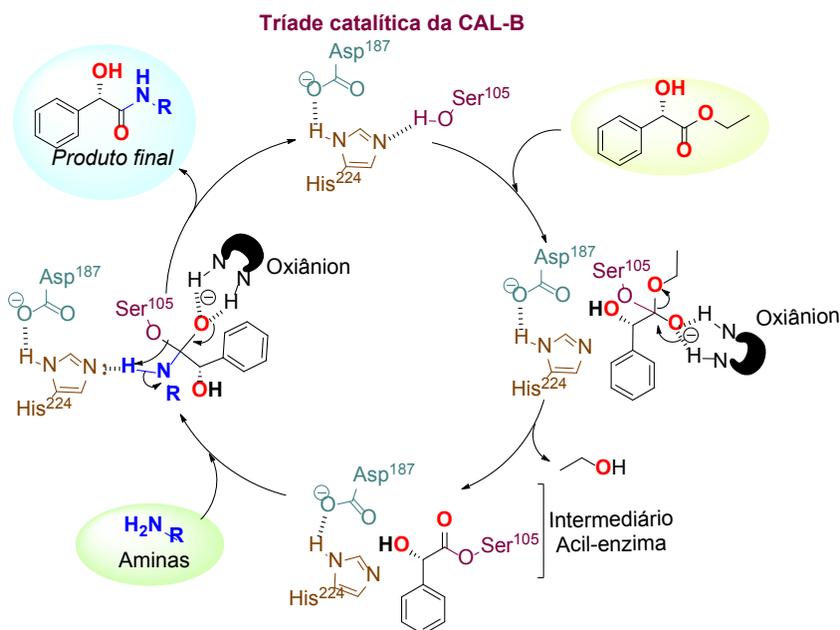


Figura 5. Representação ilustrativa para o mecanismo de reação da CAL-B.

As amidas derivadas de ácidos-graxos não só apresentam potencial para a aplicação em cosméticos ou fármacos, como também há estudos que mostram a atividade de derivados graxos da niacina e do ácido salicílico como potentes inibidores de proteínas relacionadas a regulação e ao metabolismo do colesterol e como potentes agentes anti-inflamatórios (VU et al., 2016).

Derivados de ácidos graxos com cisteamina apresentaram a capacidade de ativar a autofagia de células responsáveis pela fibrose cística (VU et al., 2017). Derivados graxos (C<sub>8</sub>-C<sub>22</sub>) do fármaco Taxol<sup>®</sup> foram patenteados por apresentarem atividades citotóxicas superiores ao Taxol<sup>®</sup> quando submetidos aos ensaios com diferentes linhagens de células de câncer (WEBB et al., 2012).

Derivados contendo ácidos ômega-3 também foram patenteados por apresentarem atividade no tratamento e prevenção de vários tipos de cânceres (JILL et al., 2011) e

atividade anti-inflamatória (WILLIAMS-BEY et al., 2014).

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo abordou a importância dos processos biocatalíticos para a obtenção de amidas e amidas-graxas derivadas do éster *S*-mandélico por meio de condições reacionais brandas e eficientes, via reações de aminólise e de esterificação catalisadas pela CAL-B. Essas metodologias enriquecem os processos biotecnológicos, principalmente por empregar uma enzima comercial, compatível com solventes orgânicos e termoestável.

Trata-se de uma ótima perspectiva para a inserção de métodos enzimáticos em processos industriais sustentáveis e inseridos nos princípios de Química Verde, como foi demonstrado nas reações de aminólise e de esterificação seletivas catalisadas por CAL-B na síntese de derivados graxos a partir do éster *S*-mandélico.

## AGRADECIMENTOS

RNL e ALMP agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Finance Code 001) ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/Proc. 301987/2013-0) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP/Proc. 2016/20155-7) pelo financiamento da pesquisa e bolsa de estudos. ALMP agradece ao CNPq pela Bolsa de Pesquisa (Proc. 302528/2017-2).

## REFERÊNCIAS

ARNOLD, F.H. Directed Evolution: Bringing New Chemistry to Life. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 57, p. 4143- 4148, 2018.

BARVE, I.J.; CHEN, L-H; WEI, P.C.P.; HUNG, J-T.; SUN, C-M. Enantioselective synthesis of (-)-(*R*) Silodosin by ultrasound-assisted diastereomeric crystallization. **Tetrahedron**, v. 69, p. 2834-2843, 2013.

BIEK, D.; CRITCHLEY, I. A.; RICCOBENE, T. A.; THYE, D. A. Ceftaroline fosamil: a novel broad-spectrum cephalosporin with expanded anti-gram-positive activity. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 65, p. 9-16, 2010.

BLUM, J. K.; BOMMARIUS, A. S. Amino ester hydrolase from *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, ATCC 33913 for enzymatic synthesis of ampicillin. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 67, p. 21–28, 2010.

BREUER, M.; DITRICH, K.; HABICHER, T.; HAUER, B.; KESSELE, M.; STÜRMER, R.; ZELINSKI, T. Industrial methods for the production of optically active intermediates. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 43, p. 788–824, 2004.

BRITAIN, H. G. Mandelic acid. **Analytical Profiles of Drug Substances and Excipients**, v. 29, p. 179–211, 2002.

CHEN, K.; ARNOLD, F.H. Engineering new catalytic activities in enzymes. **Nature Catalysis**, v. 3, p. 203–213, 2020.

CLARYS, P.; BAREL, A. O. New trends in antiaging cosmetic ingredients and treatments: an overview. In: BAREL, A. O.; PAYE, M.; MAIBACH, H. I. (Ed.) **Handbook of cosmetic science and technology**. USA: Informa Healthcare, 2009, p.291-301.

DREHER, F.; JUNGMAN, E.; SAKAMOTO, K.; MAIBACH, H.I. **Handbook of Cosmetic Science and Technology**, 5th Taylor & Francis eBooks, 2022.

FABER, K. **Biotransformations in organic chemistry**. 6. ed. Berlin Heidelberg: Springer, 2011. 422 p.

GARG, V. K.; SINHA, S.; SARKAR, R. Glycolic acid peels versus salicylic-mandelic acid peels in active *Acne vulgaris* and post-acne scarring and hyperpigmentation: a comparative study. **Dermatologic Surgery**, v. 35, p. 59–65, 2009.

GHISLIERI, D.; GREEN, A. P.; PONTINI, M.; WILLIES, S. C.; ROWLES, I.; FRANK, A.; GROGAN, G.; TURNER, N. J. Engineering an enantioselective amine oxidase for the synthesis of pharmaceutical building blocks and alkaloid natural products. **Journal of the American Chemical Society**, v. 135, p. 10863–10869, 2013.

GHISLIERI, D.; TURNER, N. J. Biocatalytic approaches to the synthesis of enantiomerically pure chiral amines. **Topics in Catalysis**, v. 57, p. 284–300, 2014.

GONZÁLEZ-SABÍN, J.; LAVANDERA, I.; REBOLLEDO, F.; GOTOR, V. Redesigning the mechanism of the lipase-catalysed aminolysis of esters. **Tetrahedron Asymmetry**, v. 17, p. 1264–1274, 2006.

GOTOR, V.; BRIEVA, R.; GONZALEZ, C.; REBOLLEDO, F. Enzymatic aminolysis and transamidation reactions. **Tetrahedron**, v. 47, p. 9207–9214, 1991.

GOTOR, V.; GOTOR-FERNÁNDEZ, V.; BUSTO, E. Hydrolysis and reverse hydrolysis: hydrolysis and formation of amides. In: Yamamoto, H.; Carreira, E. (Ed.) **Comprehensive Chirality**. [s.l.] Elsevier, 2012, p.101-121.

GOTOR-FERNÁNDEZ, V.; BUSTO, E.; GOTOR, V. *Candida antarctica* lipase B: an ideal biocatalyst for the preparation of nitrogenated organic compounds. **Advanced Synthesis and Catalysis**, v. 348, p. 797–812, 2006.

HE, Q.; ROHANI, S.; ZHU, J.; GOMAA, H. Resolution of sertraline with (*R*)-mandelic acid: chiral discrimination mechanism study. **Chirality**, v. 24, p. 119–128, 2012.

IMHOF, L.; LEUTHARD, D. Topical over-the-counter antiaging agents: an update and systematic review. **Dermatology**, v. 237, p. 217–229, 2021.

JILL C. M.; MICHAEL R. J.; JEAN E. B. CHI B. V.; AMAL T. **Bis-fatty acid conjugates and their uses**. USA n. WO2012115695A1, 25 fev. 2011.

JIN, L.; HAO, P. Y.; DONG, S. Z.; BIAN, Y. L.; YU, X. P. Antifeedant and insecticidal effects of mandelic acid on the brown planthopper *Nilaparvata lugens* stal. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 66, p. 499–506, 2011.

- KAPOOR, M.; GUPTA, M. N. Lipase promiscuity and its biochemical applications. **Process Biochemistry**, v. 47, p. 555–569, 2012.
- KIM, Y. J.; CHOI, Y. S.; YANG, S.; YANG, W. R.; JEONG, J. H. Continuous-flow kinetic resolution of ( $\pm$ )-*cis*-1-amino-2-indanol by lipase-catalyzed *N*-acetylation. **Synlett**, v. 26, p. 1981–1984, 2015.
- LAVANDERA, I.; FERNÁNDEZ, S.; MAGDALENA, J.; FERRERO, M.; KAZLAUSKAS, R. J.; GOTOR, V. An inverse substrate orientation for the regioselective acylation of 3',5'-diaminonucleosides catalyzed by *Candida antarctica* lipase B? **ChemBioChem**, v. 6, p. 1381–1390, 2005.
- LI, T.; LIANG, J.; AMBROGELLY, A.; BRENNAN, T.; GLOOR, G.; HUISMAN, G.; LALONDE, J.; LEKHAL, A.; MIJTS, B.; MULEY, S.; NEWMAN, L.; TOBIN, M.; WONG, G.; ZAKS, A.; ZHANG, X. Efficient, chemoenzymatic process for manufacture of the boceprevir bicyclic [3.1.0]proline intermediate based on amine oxidase-catalyzed desymmetrization. **Journal of the American Chemical Society**, v. 134, p. 6467–6472, 2012.
- LIMA, R. N.; PORTO, A. L. M. Biocatalytic aminolysis of ethyl (*S*)-mandelate by lipase from *Candida antarctica*. **Catalysis Communications**, v. 100, p. 157–163, 2017.
- LIMA, R. N.; PORTO, A. L. M. Biocatalytic synthesis of lipophilic amides by the lipase of *Candida antarctica* type B. **Molecular Catalysis**, v. 530, p. 112635-112635, 2022.
- LIMA, R.N. Síntese de amidas e amidas-graxas utilizando metodologias aplicadas aos princípios da química verde”. **Tese de doutorado**, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2018. <https://doi.org/10.11606/T.75.2018.tde-13112020-175102>.
- MATEO, C.; CHMURA, A.; RUSTLER, S.; VAN RANTWIJK, F.; STOLZ, A.; SHELDON, R. A. Synthesis of enantiomerically pure (*S*)-mandelic acid using an oxynitrilase-nitrilase bienzymatic cascade: a nitrilase surprisingly shows nitrile hydratase activity. **Tetrahedron Asymmetry**, v. 17, p. 320–323, 2006.
- MELCHERT, W. R.; REIS, B. F.; ROCHA, F. R. P. Green chemistry and the evolution of flow analysis. A review. **Analytica Chimica Acta**, v. 714, p. 8–19, 2012.
- MILLER, D.C.; ATHVALE, S.V.; ARNOLD, F.H. Combining chemistry and protein engineering for new-to-nature biocatalysis. **Nature Catalysis**, v. 1, p. 18-23, 2022.
- MONTEIRO, V. N.; SILVA, R. D. N. Aplicações industriais da biotecnologia enzimática. **Revista Processos Químicos**, v. 3, p. 9–23, 2009.
- MOUAD, A. M.; TAUPIN, D.; LEHR, L.; YVERGNAUX, F.; PORTO, A. L. M. Aminolysis of linoleic and salicylic acid derivatives with *Candida antarctica* lipase B: a solvent-free process to obtain amphiphilic amides for cosmetic application. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 126, p. 64–68, 2016.
- OJEDA-PORRAS, A.; HERNÁNDEZ-SANTANA, A.; GAMBA-SÁNCHEZ, D. Direct amidation of carboxylic acids with amines under microwave irradiation using silica gel as a solid support. **Green Chemistry**, v. 5, p. 1–44, 2015.
- PATEL, R. N. Future of biocatalysis in the synthesis of organic compounds. In: Animesh G., Jon D. S. (Ed.). **Organic synthesis using biocatalysis**. Amsterdam:Elsevier, 2016. v.1, p. 339-411.

PERA, L. M.; BAIGORI, M. D.; CASTRO, G. R. Biocatalysis. In: PANDEY, A.; HÖFER, R.; TAHERZADEH, M.; NAMPOOTHIRI, K. M.; CHRISTIAN, L. (Ed.). **Industrial biorefineries & white biotechnology**, [s.l.]:Elsevier, 2015. v. 1, p. 391–408.

PLEISS, J.; FISCHER, M.; SCHMID, R. D. Anatomy of lipase binding sites: the scissile fatty acid binding site. **Chemistry and Physics of Lipids**, v. 93, p. 67–80, 1998.

PRYDDERCH, H.; HAIB, A.; SPULAK, M.; QUILTY, B.; KÜMMERER, K.; HEISE, A.; GATHERGOOD, N. Mandelic acid derived ionic liquids: synthesis, toxicity and biodegradability. **RSC Advances**, v. 7, p. 2115–2126, 2017.

QUINTANA, P. G.; GARCÍA LIÑARES, G.; CHANQUIA, S. N.; GOROJOD, R. M.; KOTLER, M. L.; BALDESSARI, A. Improved enzymatic procedure for the synthesis of anandamide and *n*-fatty acylalkanolamine analogues: a combination strategy to antitumor activity. **European Journal of Organic Chemistry**, v. 2016, p. 518–528, 2016.

ROCHA, L. C.; DE SOUZA, A. L.; RODRIGUES FILHO, U. P.; CAMPANA FILHO, S. P.; SETTE, L. D.; PORTO, A. L. M. Immobilization of marine fungi on silica gel, silica xerogel and chitosan for biocatalytic reduction of ketones. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 84, p. 160–165, 2012.

SAKAI, K.; SUKURAI, R.; YUZAWA, A.; KOBAYASHI, Y.; SAIGO, K. Resolution of 3-(methylamino)-1-(2-thienyl)propan-1-ol, a new key intermediate for duloxetine, with (*S*)-mandelic acid. **Tetrahedron: Asymmetry**, v.14, p. 1631-1636, 2003.

SARAVANAN, P.; SINGH, V. K. An efficient synthesis of chiral nonracemic diamines: application in asymmetric synthesis. **Tetrahedron Letters**, v. 39, 1998.

SKINSTORE. **Mandelic Acid**. Disponível em: <<http://www.skinstore.com/mandelic-acid.aspx>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

TAYLOR, M. B. Summary of mandelic acid for the improvement of skin conditions. **Cosmetic Dermatology**, [s.v.], p. 26–28, 1999.

TRINCONE, A. Marine biocatalysts: enzymatic features and applications. **Marine Drugs**, v. 9, p. 478–499, 2011.

UPPENBERG, J.; OEHRNER, N.; NORIN, M.; HULT, K.; KLEYWEGT, G. S.; PATKAR, S.; WAAGEN, V.; ANTHONSEN, T.; JONES, T. A. Crystallographic and molecular-modeling studies of lipase B from *Candida antarctica* reveal a stereospecificity pocket for secondary alcohols. **Biochemistry**, v. 34, p. 16838–16851, 1995.

VIAFARMA. **Ácido mandélico**. Disponível em: <<http://viafarmanet.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Ácido-Mandélico.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

VU, C. B.; BRIDGES, R. J.; PENA-RASGADO, C.; LACERDA, A. E.; BORDWELL, C.; SEWELL, A.; NICHOLS, A. J.; CHANDRAN, S.; LONKAR, P.; PICARELLA, D.; TING, A.; WENSLEY, A.; YEAGER, M.; LIU, F. Fatty acid cysteamine conjugates as novel and potent autophagy activators that enhance the correction of misfolded  $\Delta 508$ -cystic fibrosis transmembrane conductance regulator (CFTR). **Journal of Medicinal Chemistry**, v. 60, p. 458–473, 2017.

WEBB, N. L.; BRADLEY, M. O.; SWINDELL, C. S.; SHASHOUA, V. E. **Fatty acid-pharmaceutical agent conjugates**. USA n. US8314077B2, 20 nov. 2012.

WILLIAMS-BEY, Y.; BOULARAN, C.; VURAL, A.; HUANG, N.-N.; HWANG, I.-Y.; SHAN-SHI, C.; KEHRL, J. H. Omega-3 free fatty acids suppress macrophage inflammasome activation by inhibiting nf-kb activation and enhancing autophagy. **PLoS ONE**, v. 9, p. e97957, 2014.

## CAPÍTULO 6

# ESTUDO DA REDUÇÃO DE REAGENTES NA DETERMINAÇÃO DE NITRITO EM ALIMENTOS

*Data de aceite: 02/01/2023*

**Daiane Einhardt Blank**

Universidade Federal de Viçosa-  
Departamento de Química  
Viçosa-MG

**Gleisson Antonio de Almeida**

Universidade Federal de Viçosa-  
Departamento de Química  
Viçosa-MG

**Marcelo Henrique dos Santos**

Universidade Federal de Viçosa-  
Departamento de Química  
Viçosa-MG

**Antonio Jacinto Demuner**

Universidade Federal de Viçosa-  
Departamento de Química  
Viçosa-MG

**Cristiane Isaac Cerceau**

Universidade Federal de Viçosa-  
Departamento de Química  
Viçosa-MG

**Iara Fontes Demuner**

Universidade Federal de Viçosa-  
Departamento de Engenharia Florestal  
Viçosa-MG

**Marcela Ribeiro Coura**

Universidade Federal de Viçosa-  
Departamento de Engenharia Florestal  
Viçosa-MG

**Maria José Magalhães Firmino**

Universidade Federal de Viçosa-  
Departamento de Química  
Viçosa-MG

**Tainá Figueiredo**

Universidade Federal de Viçosa-  
Departamento de Química  
Viçosa-MG

**Vanusa Baeta Figueiredo Peres**

Universidade Federal de Viçosa-  
Departamento de Química  
Viçosa-MG

**RESUMO:** A determinação de nitrito em alimentos tem sido realizada devido aos problemas causados pela ingestão excessiva desses aditivos químicos. Os métodos analíticos para o monitoramento do nível de nitrito nas amostras de alimentos utilizam reagentes de custo elevado. No entanto, esses reagentes são necessários para as determinações, evidenciando uma necessidade de reduzir o volume de reagentes nas análises. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi propor a redução da quantidade de reagente utilizados e resíduos gerados nessa análise química, além dos custos operacionais. A

metodologia consistiu em quatro etapas, a primeira foi o preparo das soluções reduzindo volume de reagente. A segunda etapa foi a construção da curva analítica, a terceira etapa foi o preparo das amostras de alimentos, a quarta etapa foi a determinação de nitrito nas referidas amostras utilizando equipamentos baratos e de fácil acesso. Com esse método reduzindo o volume de reagente foi possível a determinação de nitrito nas amostras do presente estudo, com alto grau de confiabilidade quando comparado aos métodos tradicionais. Tal ponto vai ao encontro à química verde, que ainda é desvalorizada em muitos laboratórios de ensino e pesquisa. A química verde busca fazer com o que a indústria elimine ou atenuar os impactos de seus processos e produtos, tornando os processos químicos ambientalmente mais eficientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nitrito, matrizes alimentares, baixo custo, química verde.

## STUDY OF THE REDUCTION OF REAGENTS IN THE DETERMINATION OF NITRITE IN FOOD

**ABSTRACT:** The determination of nitrite in food has been performed due to the problems caused by excessive ingestion of these chemical additives. Analytical methods for monitoring the nitrite level in food samples use high-cost reagents. However, these reagents are necessary for the determinations, evidencing a need to reduce the volume of reagents in the analyses. Thus, the objective of this work was to propose the reduction of the amount of reagent used and residues generated in this chemical analysis, in addition to the operational costs. The methodology consisted of four steps, the first was the preparation of solutions reducing reagent volume. The second stage was the construction of the analytical curve, the third stage was the preparation of food samples, the fourth step was the determination of nitrite in these samples using cheap and easily accessible equipment. With this method reducing the volume of reagent it was possible to determine nitrite in the samples of the present study, with a high degree of reliability when compared to traditional methods. This point is in line with green chemistry, which is still devalued in many teaching and research laboratories. Green chemistry seeks to make the industry eliminate or attenuate the impacts of its processes and products, making chemical processes more environmentally efficient.

**KEYWORDS:** Nitrite, food matrices, low cost, green chemistry.

## 1 | INTRODUÇÃO

Determinação de nitrito é assunto importante e atual, uma vez que ele é um aditivo alimentício muito usado na conservação de carnes e cura de embutidos (Cartaxo, 2015). Além disso, o nitrito também é um potencial agente poluidor de águas naturais (Monser et al., 2002).

No entanto, a determinação de nitrito em diversas matrizes analíticas, utilizam grandes quantidades de reagentes químicos, envolvendo técnicas cromatográficas (Helaleh e Korenaga, 2000; Kodamatani, 2011), eletroquímicas (Manea, 2010), eletroforese capilar (Erdogan e Onar, 2011), espectrofotométricas (Ayala, 2012) e fluorimetria (Huang, 2006).

Nesse sentido, algumas determinações químicas vem adequando-se à realidade

de “química verde”, buscando sustentabilidade, com o intuito de substituir ou diminuir a quantidade de reagentes utilizados, ou ainda, modificar procedimentos analíticos (Simeone, 2005; Lenardão et al., 2008).

Visando diminuir resíduos gerados e custos operacionais, este trabalho teve como objetivo a redução na quantidade de reagente para a determinação de nitrito em matrizes alimentares adquiridas comercialmente nos mercados de Viçosa-MG.

## 2 | METODOLOGIA

A metodologia seguiu etapas de preparo das soluções, redução de volume de reagente, preparo da amostra, determinação de nitrito no extrato das referidas amostras por PhotoMetrix® e por espectrofotometria no UV-Vis de acordo com Oliveira et al. (2017) e com Bazani et al. (2021).

Os reagentes utilizados foram Nitrito de sódio P.A. adquirido da Vetec (Rio de Janeiro, Brasil), kit de testes para nitrito da Labcon Test contendo solução Reagente 1 (ácido sulfanílico, ácido acético e água destilada) e solução Reagente 2 (alfa-naftilamina e álcool etílico) adquiridos da Alcon (Camboriú, Brasil).

Preparo das soluções usadas nesta determinação:

Solução tetraborato de sódio decaidratado a 5% m/v: foram dissolvidas 0,5 g de tetraborato de sódio em água destilada. A seguir, o conteúdo foi transferido para um balão volumétrico de 10 mL e o volume completado com água destilada. Solução de ferrocianeto de potássio triidratado a 15% m/v: 1,5 g de ferrocianeto de potássio foram dissolvidas em água destilada, transferidas para um balão volumétrico de 10 mL e o volume completado com água destilada. Solução acetato de zinco diidratado a 30% m/v: 3 g de acetato de zinco foram dissolvidas em 0,3 mL de ácido acético glacial e 5 mL de água destilada. A seguir, o volume foi completado para 10 mL com água destilada.

Redução dos reagentes: Para redução da concentração dos reagentes, o volume final das amostras foi reduzido para 1 mL e a solução Reagente 1 (ácido sulfanílico, ácido acético e água destilada) e solução Reagente 2 (alfa-naftilamina e álcool etílico) foi diluído 10 vezes.

Preparo das amostras: As amostras foram adquiridas de estabelecimentos comerciais da cidade de Viçosa-MG e região. Foram analisadas 3 amostras de salsichas, 1 amostra de linguiça defumada, 1 amostra de mortadela e 1 amostra de salami totalizando, assim, uma quantidade de 6 amostras de diferentes marcas de produtos cárneos identificadas por (A, B, C, D, E e F). Aproximadamente 1 g de cada amostra foi submetida à trituração com auxílio de garl e pistilo e colocada em um béquer de 200 mL ao qual foram adicionados 5 mL de solução aquosa de tetraborato de sódio a 5% e 50 mL de água destilada. A seguir a solução foi homogeneizada e submetida à aquecimento em banho-maria a 80 °C por 20 minutos sob agitação constante, com auxílio de bastão de vidro. Procedeu-se da mesma

forma com um branco (sem a adição de amostra). A seguir, com o auxílio de um funil e bastão de vidro, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 200 mL, onde foram adicionados 5 mL de ferrocianeto de potássio 15% e 5 mL de solução acetato de zinco 30%, tendo o sistema sido submetido a agitação após adição cada de reagente, e o volume foi completado com água destilada para 200 mL. Após 15 minutos, a solução foi filtrada em papel filtro. O procedimento foi realizado em triplicata.

Determinação de nitrito: foi adquirido o aplicativo PhotoMetrix® para smartphones gratuitamente no Play Store. O recurso “análise univariada” foi utilizado. Na sequência, com opções para a coleta de dados Vector RGB (vetor RGB). Executando Multiple Channels, abre-se automaticamente opções Calibration (calibração) e Sampling (amostragem). Na opção Calibration, foi adicionado o número de amostras usadas para a construção da curva analítica. Executando a opção Capture Images (captura de imagens) foi informada a concentração das soluções preparadas para construção da curva analítica. Então, foi realizada a medida colorimétrica dessas soluções que foram colocadas uma a uma na cabine coletora de dados. Em seguida, foi executada a opção save (salvar) e o programa gerou a curva analítica. A seguir, foi executada a opção sampling (amostragem) e realizadas as medições dos analitos de interesse nas matrizes alimentares avaliadas, de forma semelhante às realizadas com as soluções padrões em diferentes concentrações. Para finalizar, a curva analítica foi selecionada, permitindo a conversão do sinal obtido na análise em concentração do analito de interesse.

O volume de 10 mL da amostra preparada e filtrada foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL ao qual foram adicionadas 2 gotas do reagente de 1. O sistema foi deixado em repouso e, após 5 minutos, foram adicionadas 2 gotas do reagente 2. Foi observada uma variação de cor. O volume do balão foi completado com água destilada e a solução foi homogeneizada. Após 15 minutos, foi feita a leitura em espectrofotômetro a 540 nm e no smartphone utilizando o aplicativo PhotoMetrix® acoplado a uma caixa-escura contendo lâmpada LED. A curva analítica foi construída com concentrações de nitrito variando de 0 a 10 ppm (n = 7 pontos). Também foi utilizada a placa de porcelana para verificação de variação de cores.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível reduzir a quantidade de gotas do reagente para determinação de nitrito nas amostras do presente trabalho. Os valores das concentrações de nitrito (0 a 10 ppm) utilizadas na construção da curva analítica e suas respectivas intensidades de cores obtidas nos canais RGB usando o programa PhotoMetrix® estão representados na Tabela 1 e a curva padrão do íon nitrito está representada na Figura 1.

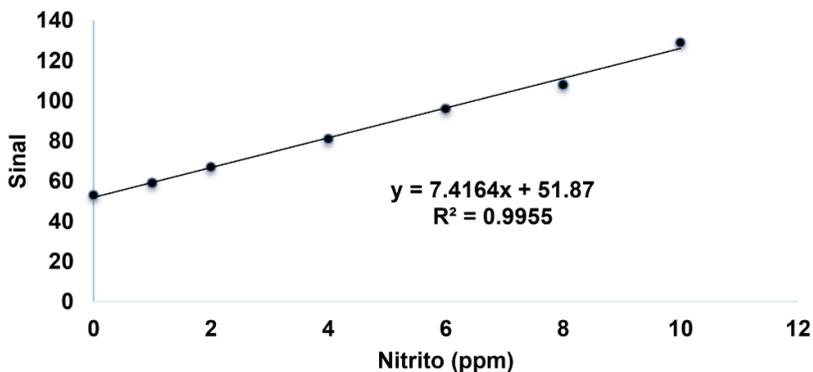


Figura 1. Curva analítica obtida no canal red (R) para o padrão nitrito

Nitrito (ppm)	RED
0	202
1	196
2	188
4	174
6	159
8	147
10	126

Tabela 1. Concentração de nitrito (ppm) e intensidade de cor obtida no canal RED usado para construção da curva analítica.

Também foi obtida uma curva analítica para determinação de nitrito usando o tradicional método de espectrofotometria no UV-Vis. Para isso, foi plotado um gráfico utilizando no eixo x a concentração de nitrito (ppm) e no eixo y as absorvâncias obtidas no UV-Vis em  $\lambda = 540 \text{ nm}$  (Figura 2).

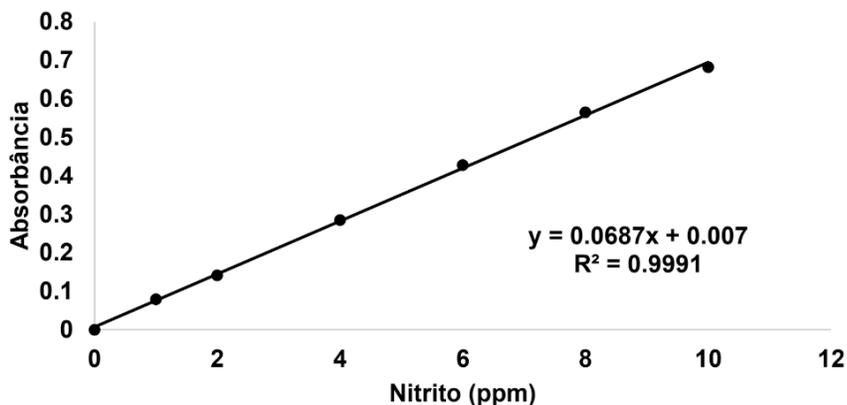


Figura 2. Curva analítica com padrão nitrito obtida no UV-Vis

Na captura de imagens digitais, foram registrados valores de intensidade de cores nos canais RGB para cada amostra avaliada. Esses valores (Tabela 2) foram utilizados para determinar o sinal referente ao teor de nitrito nas amostras.

Amostra	Intensidade de cor		
	Red (R)	Green (G)	Blue (B)
A	193	190	186
B	191	187	185
C	188	185	181
D	183	179	177
E	182	178	175
F	185	182	178

A: linguiça defumada, B: salsicha, C: mortadela, D: salsicha, E: salamito, F: salsicha

Tabela 2. Intensidade de cores obtidas na leitura na amostra A, B, C, D, E, e F

Os resultados das concentrações de nitrito nas amostras de embutidos cárneos avaliadas reduzindo o volume de reagente pode ser observado na Tabela 3.

Amostra	Peso (g)	Red	Green	Blue	Nitrito (mg/kg)
D	1,02	183	179	177	118,14 ± 0,05
C	0,99	188	185	181	86,87 ± 0,07
E	1,05	182	178	175	121,43 ± 0,18
F	1,04	185	182	178	102,88 ± 0,36
B	1,01	191	187	185	64,85 ± 0,04
A	0,98	193	190	186	52,55 ± 0,31

Valores expressos em mg/Kg de amostra (média ± desvio padrão).

Tabela 3. Teor de nitrito nas amostras analisadas por PhotoMetrix®

Convém destacar que os resultados apresentados na Tabela 3 foram semelhantes aos obtidos no estudo da determinação de nitrito utilizando maior quantidade de reagente. No entanto, reduzindo o volume dos reagentes utilizados na análise, tem-se uma diminuição de custos com produtos químicos e uma conseqüente economia financeira nas análises para determinação de nitrito em embutidos cárneos. Esse experimento foi utilizado como exemplo para demonstração de simples procedimentos adotados e que resultaram numa melhoria significativa no aprendizado dos alunos, na redução de gastos de reagentes e materiais e no cuidado com o meio ambiente.

## 4 | CONCLUSÃO

O volume dos reagentes foram reduzidos dez vezes, assim o método proposto apresentou custo baixo nas determinações de nitrito em amostras de alimentos, sendo uma alternativa viável na quantificação de nitrito em embutidos cárneos visto que diferentes fontes desses alimentos foram analisadas com sucesso, além de ser um método simples, rápido, portátil e preciso. Os resultados mostram a determinação de nitrito minimizando o consumo de reagentes e a geração de resíduos. Tal ponto vai de encontro à química verde, que ainda é desvalorizada em muitos laboratórios de ensino e pesquisa. A química verde busca fazer com o que a indústria elimine ou atenuar os impactos de seus processos e produtos, tornando os processos químicos ambientalmente mais eficientes. Os resultados encontrados para os teores de nitrito em amostras de embutidos cárneos pelo método proposto foram abaixo dos limites máximos permitidos pela legislação brasileira e compatíveis com os resultados encontrados pelas metodologias de referência (UV-Vis).

## REFERÊNCIAS

- Ayala, A.; Leal, L. O.; Ferrer, L.; Cerda, V. **Multiparametric automated system for sulfate, nitrite and nitrate monitoring in drinking water and wastewater based on sequential injection analysis.** *Microchemical Journal*, v. 100, p. 55-60, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2011.09.004>
- Bazani, E. J. O.; Barreto, M. S.; Demuner, A. J.; Santos, M. H.; Cerceau, C. I.; Blank, D. E.; Firmino, M. J. M.; Souza, G. S. F.; Franco, M. O. K.; Suarez, W. T.; Stringheta, P. C. **Smartphone application for total phenols content and antioxidant determination in tomato, strawberry, and coffee employing digital imaging.** *Food Analytical Methods* v. 14, p. 631-640, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12161-020-01907-z>
- Cartaxo, J. L. S. (2015). **Riscos associados aos níveis de nitritos em alimentos: uma revisão (30f).** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- Erdogan, B. Y.; Onar, A. N. **Determination of nitrates, nitrites and oxalates in kale and sultana pea by capillary electrophoresis.** *Journal of Animal and Veterinary Advances*, v. 10, n. 15, p. 2051-2057, 2011. 10.3923/javaa.2011.2051.2057
- Helaleh, M. I. H.; Korenaga, T. **Ion chromatographic method for simultaneous determination of nitrate and nitrite in human saliva.** *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, v. 744, n. 2, p. 433-437, 2000. 10.1016/s0378-4347(00)00264-4
- Huang, K. J.; Wang, H.; Guo, Y. H.; Fan, R. L.; Zhang, H. S. **Spectrofluorimetric determination of trace nitrite in food products with a new fluorescent probe 1,3,5,7-tetramethyl-2,6-dicarboxy-8(3',4'-diaminophenyl)-difluoroboradiazas-indacene.** *Talanta*, v. 69, n. 1, p. 73-78, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2005.08.062>
- Kodamatani, H.; Yamazaki, S. Saito, K.; Komatsu, Y.; Tomiyasu, T. **Rapid Method for Simultaneous Determination of Nitrite and Nitrate in Water Samples Using Short-Column Ion-Pair Chromatographic Separation, Photochemical Reaction, and Chemiluminescence Detection.** *Analytical Sciences*, v. 27, n. 2, p. 187-192, 2011. DOI: 10.2116/analsci.27.187

Lenardão, E. J.; Freitag, R. A.; Dabdoub, M. J.; Batista, A. C. F.; Silveira, C. C. **“Green chemistry”:** os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. Química Nova, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

Manea, F.; Remes, A.; Radovan, C.; Pode, R.; Picken, S.; Schoonman, J. **Simultaneous electrochemical determination of nitrate and nitrite in aqueous solution using Ag-doped zeolite-expanded graphite-epoxy electrode.** Talanta, v. 83, n. 1, p. 66-71, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.08.042>

Monser, L.; Sadok, S.; Greenway, G. M.; Shah, I.; Uglow R.F. **A Simple Simultaneous Flow Injection Method Based on Phosphomolybdenum Chemistry for Nitrate and Nitrite Determinations in Water and Fish Samples.** Science Direct, Talanta, n. 57, p. 511, Tunísia, 2002.

Oliveira, J. F.; Silva, U. R.; Pastore, V. A. A.; Azevedo, E. C.; Campos, G. M.; Silva, F. C. G.; Raghianti, F.; Martins, O. A. **Determinação espectrofotométrica de nitrito em produtos cárneos embutidos.** Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v. 11, n. 1, p. 19-31, 2017. <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.201703>

Simeone, M. L. **Implementação de um programa de gerenciamento de resíduos em laboratórios.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE METODOLOGIAS DE LABORATÓRIOS DA EMBRAPA, 10., São Carlos, 2005. Resumos... São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA** - Técnico em Química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Bacharel 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 2019 a junho de 2021) 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 sua segunda Prática de Pós-Doutorado (julho de 2021 - atual) na UFU na mesma linha de pesquisa. Atuei 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 de efluentes. 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**

- Ácido acetilsalicílico 26, 27, 28, 30  
Ácidos e bases 10, 12, 14  
Aditivos químicos 49  
Aluno 1, 4, 5, 6, 7, 11, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25  
Analgésicos 26, 27, 28, 29, 32, 33  
Atividade lúdica 1, 4, 6, 8  
Atividades experimentais 17, 19, 20, 22

**B**

- Base Nacional Comum Curricular (BNCC) 2  
Biocatálise 34, 37, 38, 40

**C**

- Cafeína 26, 27, 28, 29, 30  
*Candida antarctica* 34, 39, 45, 46, 47  
Ciências da natureza 24  
Contaminação ambiental 37  
Crianças 3  
Cromatografia em capa fina 27  
Cromatoplaça 31  
Curva analítica 50, 52, 53

**E**

- Educação ambiental 22, 23, 57  
Educação ecológica 18, 19  
Educação especial 10, 12, 14, 16, 22  
Educador 3, 11, 19  
Ensino de Química 1, 2, 6, 9, 10, 16, 17, 18, 20, 21, 24, 25, 57  
Enzimas 34, 36, 37, 38, 39  
Escolas 21  
Espectrofotometria 51, 53

**F**

- Frutas 10, 12, 13, 14, 15, 16

**J**

Jogo 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 22, 24, 25

**L**

Lipase 34, 35, 39, 45, 46, 47

**M**

Matrizes analíticas 50

Meio ambiente 18, 19, 23, 24, 37, 54

Métodos analíticos 49

Microorganismos 36, 37

**N**

Nitrito 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

**O**

Olimpíadas de Ciências 27

**P**

Paracetamol 26, 27, 28, 29, 30

Preparo da amostra 51

Principios activos 29, 32

Processo de ensino e aprendizagem 18, 19

Professor 1, 2, 5, 6, 7, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 25

**Q**

Química fina 38

Química verde 34, 37, 38, 44, 46, 50, 51, 55, 56

**R**

Reagente 49, 50, 51, 52, 54

Resíduos tóxicos 38

**S**

Sala de aula 4, 8, 9, 11, 17, 20, 21

Sustentabilidade 18, 19, 23, 24, 51

SXF (Síndrome do X Frágil) 12

**T**

TEA (Transtornos do Espectro Autista) 10, 12, 13, 16



# Princípios de química

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# 2

# Princípios de química

# 2

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

