





# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA

JÉSSICA VERGER NARDELI  
(ORGANIZADORA)

*2020 by Atena Editora*

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás  
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

C749 O conhecimento científico na química [recurso eletrônico] /  
Organizadora Jéssica Verger Nardeli. – Ponta Grossa, PR:  
Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
 Modo de acesso: World Wide Web.  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-86002-86-7  
 DOI 10.22533/at.ed.867200204

1. Química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger.

CDD 540

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A coleção “O Conhecimento Científico na Química” é uma obra que tem como foco principal a discussão e divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõe seus capítulos. A coleção abordará de forma categorizada trabalhos, pesquisas que transitam nos vários caminhos da química de forma aplicada, contextualizada e didática.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a identificação de inibidores do vírus do Zika; caracterização/ análise química e antioxidante de plantas com forte potencial de ser aplicado como antioxidante comercial; desenvolvimento de emulsões de maior estabilidade; pesquisas associadas a característica e aplicação da técnica de Raios-X; estudos que exploram propriedades dos óleos essenciais; apresentação de métodos concordantes com os princípios da química verde e metodologia no ensino da química desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, otimização de procedimentos e metodologias, dentre outras abordagens importantes na área de química, ensino e engenharia química. O avanço das pesquisas e divulgação dos resultados tem sido um fator importante para o desenvolvimento do conhecimento científico na química.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de química tecnológica, bacharel e licenciatura. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, aplicações de processos, caracterização com diferentes técnicas (microscopia, titulação, espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier e raios-X) substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Deste modo a obra “O Conhecimento Científico na Química” apresenta estudos fundamentados nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica por meio da publicação de trabalhos, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores explorarem e divulgarem seus resultados.

Jéssica Verger Nardeli

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS INIBIDORES DA PROTEASE NS2B-NS3 DO VÍRUS DO ZIKA POR DOCKING MOLECULAR	
Alessandra Bernardo de Oliveira Andreia do Socorros Silva da Costa Sebastião Gomes Silva Elaine Cristina Medeiros da Rocha João Augusto da Rocha Diego Raniere Nunes Lima Renato Araújo da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8672002041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
AGREGAÇÃO DE VALOR A PLANTA DA REGIÃO DO LITORAL, <i>Ouratea fieldingiana</i> (GARDNER) ENGL.): ANÁLISE QUÍMICA E ANTIOXIDANTES	
Ana Raquel Araujo da Silva Israel Bezerra Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8672002042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE NANOEMULSÕES A BASE DE QUITOSANA COM ÓLEO ESSENCIAL DE <i>cymbopogon winterianus</i> .	
Daniele Silva de Lisboa Henety Nascimento Pinheiro Ernandes Sávio Negreiros de Alcantara Micaele Ferreira Lima Emanuela Feitoza da Costa João Lucas Isidio Oliveira de Almeida Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8672002043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
DETERMINAÇÃO DE CÁDMIO, COBALTO E NÍQUEL EM AMOSTRAS DE ALFACE APÓS PRÉ CONCENTRAÇÃO COM MICROEXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO DISPERSIVA COM SOLIDIFICAÇÃO DA GOTA ORGÂNICA SUSPensa (DLLME-SFO)	
Dilaine Suellen Caires Neves Valfredo Azevedo Lemos Marcos de Almeida Bezerra Rosivan dos Santos de Assis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8672002044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
RADIAÇÃO X: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES	
Otavio Augusto Artifon Zanatta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8672002045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>64</b>
COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E CITOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ARACÁ MIRIM ( <i>Psidium guineense</i> )	
Edimara Lima dos Santos Ananda Michelle Lima Jamile Silva da Costa	

Adenilson de Sousa Barroso  
Vilmara Fabrícia dos Santos Moura  
Laine Celestino Pinto  
Raquel Carvalho Montenegro  
Joyce Kelly do Rosário da Silva  
Rosa Helena Veras Mourão  
José Guilherme Soares Maia  
Pablo Luis Baia Figueiredo

**DOI 10.22533/at.ed.8672002046**

**CAPÍTULO 7 ..... 73**

IMPACTO DA APLICAÇÃO DE VÍDEO SOBRE ENSINO DE CIÊNCIAS PARA SURDOS COM ALUNOS DE ENSINO BÁSICO EM COLÉGIOS ESTADUAIS

Cristiana de Barcellos Passinato

**DOI 10.22533/at.ed.8672002047**

**CAPÍTULO 8 ..... 83**

PROEJA: PERCEPÇÕES E INTERVENÇÕES PARA OTIMIZAÇÃO DO ENSINO-APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA NO TÉCNICO EM AGROINDÚSTRIA

Rogério Pacheco Rodrigues

Danielle Ferreira Tizzo

Waldiclécio Ribeiro Farias

Bárbara Nascimento Aud

Anne Kamille Silva

Jéssica Campos Silva

Lucas Miranda Vieira

Jordana Américo Zei Andrade

Lucilene Cândida dos Santos

Caroline Pâmella Ferreira Drigo

Reginaldo Ferreira da Silva

Natalia Lázara Gouveia

**DOI 10.22533/at.ed.8672002048**

**CAPÍTULO 9 ..... 94**

OBTENÇÃO DE CRISTAIS DE ALÚMEN DE CROMO E POTÁSSIO, TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE Cr(VI) E SUA REUTILIZAÇÃO NA ESMALTAÇÃO DE CERÂMICAS COMO PROPOSTA DE EXPERIMENTO NA GRADUAÇÃO

Alfredo Alberto Muxel

Yara Karolini Cirilo

**DOI 10.22533/at.ed.8672002049**

**CAPÍTULO 10 ..... 100**

DIALÉTICA EDUCATIVA ENTRE TICs E EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: ABORDAGEM CTS

Eleonora Celli Carioca Arenare

Maria de Fátima Vilhena da Silva

Francisco Hermes Santos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.86720020410**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 117**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 118**

## IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS INIBIDORES DA PROTEASE NS2B-NS3 DO VÍRUS DO ZIKA POR DOCKING MOLECULAR

*Data de aceite: 27/03/2020*

### **Alessandra Bernardo de Oliveira**

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Pará – Campus Parauapebas – Pará.

### **Andreia do Socorros Silva da Costa**

Universidade Federal do Pará, UFPA, Belém – Pará.

### **Sebastião Gomes Silva**

Secretaria de Educação do Estado do Pará – Abaetetuba - Pará

### **Elaine Cristina Medeiros da Rocha**

Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Capanema – Pará.

### **João Augusto da Rocha**

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Pará – Campus Bragança –Pará.

### **Diego Raniere Nunes Lima**

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Pará – Campus Parauapebas – Pará.

### **Renato Araújo da Costa**

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Pará – Campus Parauapebas – Pará.

**RESUMO:** O recente surto de infecções por vírus Zika (ZIKV) nas Américas representa uma séria ameaça à saúde pública global. A protease

viral NS2B-NS3 processa a poliproteína viral e é essencial para a replicação do vírus, tornando-o um atraente alvo de drogas antivirais. Os inibidores de protease derivados de substrato foram investigados, mas continua sendo um desafio desenvolvê-los em drogas. Análogos nucleosídeos são uma classe importante de agentes antivirais atualmente comumente usados como agentes terapêuticos para infecções virais humanas. Este trabalho relata um estudo de docagem molecular de cinco análogos de nucleosídeos contra a protease ZIKV NS2B-NS3, com o objetivo de analisar as interações e identificar candidatos promissores a inibidores dessa enzima. Nossos resultados demonstraram que os inibidores apresentaram ligações de hidrogênio com os resíduos His51 e Ser135 pertencentes a tríade catalítica da enzima, além dos resíduos Asp129, Tyr130, Tyr150, Tyr161 pertencentes ao subsítio S1 e Gly151, Asn152, Gly153 pertencentes ao subsítio S2 que são resíduos chaves no processo de inibição desse alvo, tornando-os candidatos promissores para ensaios biológicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Zika. NS2B-NS3. Nucleosídeos e docagem molecular

IDENTIFICATION OF POTENTIAL

**ABSTRACT:** The recent outbreak of Zika virus (ZIKV) infections in the Americas poses a serious threat to global public health. Viral protease NS2B-NS3 processes viral polyprotein and is essential for virus replication, making it an attractive target for antiviral drugs. Substrate-derived protease inhibitors have been investigated, but it remains a challenge to develop them into drugs. Nucleoside analogs are an important class of antiviral agents currently commonly used as therapeutic agents for human viral infections. This paper reports a molecular docking study of five nucleoside analogues against the ZIKV NS2B-NS3 protease with the aim of analyzing interactions and identifying promising candidate inhibitors of this enzyme. Our results showed that the inhibitors showed hydrogen bonding with the residues His51 and Ser135 belonging to the enzyme catalytic triad, as well as residues Asp129, Tyr150, Tyr161 belonging to S1 and Gly151, Asn152, Gly153 subsitium residues which are residues key in the inhibition process of this target, making them promising candidates for biological assays.

**KEYWORDS:** Zika NS2B-NS3. Nucleosides and molecular docking

### 1 | INTRODUÇÃO

O vírus Zika é um flavivírus transmitido por mosquitos, conhecido desde 1947, mas historicamente só causou sintomas leves como febre em cerca de 20% dos indivíduos infectados e raramente causava complicações graves (HEYMANN et al., 2016). A preocupação do público mudou drasticamente durante a epidemia de 2015 na América do Sul, onde vários relatos de distúrbios neurológicos e microcefalia foram relatados (RUSSELL, 2016). A infecção pelo zika tem sido associada a vários efeitos, incluindo microcefalia congênita, defeitos cardíacos e síndrome de Guillain (MLAKAR et al., 2016; WILDER-SMITH et al., 2017). Desde a onda de surtos recentes, várias vacinas estão avançando no processo clínico (FERNANDEZ; DIAMOND, 2017). No entanto, espera-se que haja desafios significativos associados à vacina contra o zika, uma vez que os flavivírus têm um histórico de promoção da melhora da infecção mediada por anticorpos (MALONE et al., 2016). Até o desenvolvimento de uma vacina, a terapêutica de pequenas moléculas é um candidato promissor tanto como tratamento quanto como profilático.

O vírus Zika contém um genoma de RNA de fita única de sentido positivo que codifica um único polipeptídeo de 3419 aminoácidos de comprimento, que é clivado para formar três proteínas estruturais (capsídeo, pré-membrana e envelope) e sete proteínas não estruturais ( NS1, NS2A, NS2B, NS3, NS4A, NS4B e NS5) (COX; STANTON; SCHINAZI, 2015). O NS3 contém a tríade catalítica e, juntamente com a transmembrana NS2B (que ancora o NS3 ao retículo endoplasmático), juntos formam a protease NS2B-NS3, que é crítica para a replicação e sobrevivência viral

(KANG; KELLER; LUO, 2017). Dado o papel crítico desempenhado pelo NS2B-NS3, é um alvo atraente para inibidores de pequenas moléculas. Embora alguns inibidores tenham sido avaliados, até o momento nenhum deles apresentava perfis aceitáveis de avanço por meio de ensaios pré-clínicos, ressaltando a necessidade crítica da descoberta de novos fármacos ou vacinas (BOWEN et al., 2019; LEI et al., 2016; LI et al., 2018).

Um estudo recente teve como alvo a enzima NS2B-NS3 e eles identificaram certos compostos como o inibidor da protease (SHIRYAEV et al., 2017). No entanto, os compostos identificados são altamente solúveis em água e hospedam parâmetros farmacocinéticos desfavoráveis. Os autores sugeriram estudos adicionais para identificar inibidores com parâmetros farmacocinéticos favoráveis (SHIRYAEV et al., 2017).

Análogos nucleosídeos são uma classe importante de agentes antivirais atualmente comumente usados como agentes terapêuticos para infecções virais humanas, incluindo infecções por vírus da AIDS e hepatite B, citomegalovírus e vírus do herpes simplex (DE CLERCQ; NEYTS, 2009). Esses agentes são geralmente seguros e bem tolerados, uma vez que direcionam as polimerases virais, mas não celulares, e causam a interrupção prematura da síntese do ácido nucléico viral (DE CLERCQ; NEYTS, 2009).

Eyer e colaboradores (EYER et al., 2016) estudaram uma série de 16 compostos análogos de nucleosídeos quanto a sua capacidade de inibir a replicação de ZIKV em culturas de células, sugerindo que esses compostos podem representar candidatos promissores para o desenvolvimento de antivirais específicos contra o ZIKV.

Sendo assim, no presente estudo, realizamos um estudo teórico de docagem molecular para identificar potenciais candidatos promissores para futuros ensaios biológicos para o desenvolvimento de antivirais específicos contra o Protease NS2B-NS3 do Zika Vírus.

## 2 | MÉTODOLOGIA

### 2.1 Docagem molecular

As estruturas dos ligantes foram extraídas da literatura, Figura 1, (YIN et al., 2009). As moléculas foram desenhadas, otimizadas e, posteriormente, realizada uma análise vibracional para confirmação dos pontos estacionários de acordo com a metodologia proposta por Costa e colaboradores (COSTA et al., 2018).

Para as simulações de docagem molecular utilizou-se o programa Molegro Virtual Docker (MVD) 5.5 (DIAS; DE AZEVEDO JR., 2008).

O Molegro Virtual Docker (MVD) ou MolDock (THOMSEN e CHRISTENSEN,

2006) baseia-se num algoritmo de busca híbrido, chamado evolução diferencial guiada. O algoritmo de evolução diferencial guiada combina a técnica de otimização de evolução diferencial com um algoritmo de previsão cavidade. O uso de previsão de cavidade durante o processo de busca permite uma identificação rápida e precisa de potenciais modos de ligação (conformação) (DE AZEVEDO JR, 2010)

A avaliação de cada solução de docagem é realizada pela função de pontuação MolDock, que utiliza um potencial linear por parte PLP (*piecewise linear potential*), previamente implementada no programa GEMDOCK (YANG e CHEN, 2004), além de um termo referente a direcionalidade da ligação de hidrogênio (THOMSEN e CHRISTENSEN, 2006).

A função de pontuação do MVD corresponde à soma da energia de interação intermolecular entre o ligante e a proteína e a energia de interação intramolecular do ligante. Essa função é representada pela seguinte equação.

$$E_{\text{escore}} = E_{\text{inter}} + E_{\text{intra}} \quad (2)$$

Sendo que  $E_{\text{inter}}$  é a energia de interação entre a proteína e o ligante e  $E_{\text{intra}}$  é a energia interna do ligante (THOMSEN & CHRISTENSEN, 2006).

Na Equação 2,  $E_{\text{inter}}$  corresponde à energia de interação ligante-proteína, representada pela Equação 3.

$$E_{\text{inter}} = \sum_{i \in \text{ligante}} \sum_{j \in \text{ligante}} [E_{\text{PPL}}(r_{ij}) + 332 \frac{q_i q_j}{4r_{ij}^2}] \quad (3)$$

Na Equação 3, a soma é executada em todos os átomos pesados do ligante e da proteína, incluindo os átomos de cofatores e de moléculas de água que possam estar presentes. O primeiro termo,  $E_{\text{PPL}}$ , corresponde ao potencial linear *piece-wise*, enquanto que o segundo termo descreve interações eletrostáticas, já o valor 332 corrige as unidades de energia eletrostática para kcal/mol (THOMSEN & CHRISTENSEN, 2006).

Ainda na Equação 2,  $E_{\text{intra}}$  corresponde à energia interna do ligante, representada pela Equação 4.

$$E_{\text{intra}} = \sum_{i \in \text{ligante}} \sum_{j \in \text{ligante}} E_{\text{PPL}}(r_{ij}) + \sum_{\text{lig.rot}} A [1 - \cos (m * \theta - \theta_0)] + E_{\text{colisão}} \quad (4)$$

Na Equação 4, o somatório duplo referente ao primeiro termo, considera todos os pares de átomos no ligante, excluindo os pares de átomos que estão conectados por duas ligações ou menos. O segundo termo, energia torsional, é parametrizado de acordo com a hibridização dos átomos que definem o ângulo de torção ( $\theta$ ). O último termo,  $E_{\text{colisão}}$ , assinala uma penalidade de 1000 unidades quando a distância entre dois átomos não-ligados é menor do que 2,0 Å, penalizando conformações improváveis do ligante (THOMSEN & CHRISTENSEN, 2006).

Nesse estudo utilizou-se o modelo cristalográfico da enzima protease NS2B/NS3 do Zika vírus de código PDB: 5H4I (<http://www.pdb.org>). O receptor e os ligantes foram preparados, usando um módulo de preparação padrão do MVD. Para cada complexo, átomos de hidrogênio foram adicionados e as cargas atômicas parciais padrões do programa foram atribuídos. Os cálculos de docagem foram efetuados através da função de pontuação MolDock, com uma resolução de grade de 0,3 Å. Os ligantes foram rastreados virtualmente contra o sítio catalítico da protease NS2B/NS3, essa região foi definida como uma região esférica de 15 Å. Para cada complexo, os cálculos foram executados gerando diferentes conformações utilizando o algoritmo MolDock optimizer.

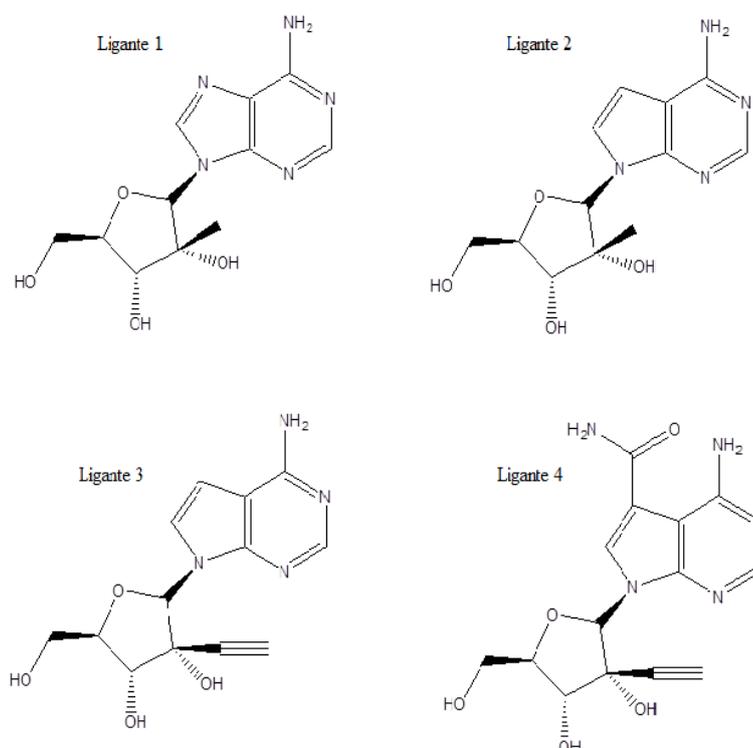


Figura 1: Estrutura utilizadas nesse estudo

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, por meio de uma inspeção visual, verificou-se que todos os quatro ligantes se encaixaram no sítio ativo da protease NS2B-NS3 (Figura 2).

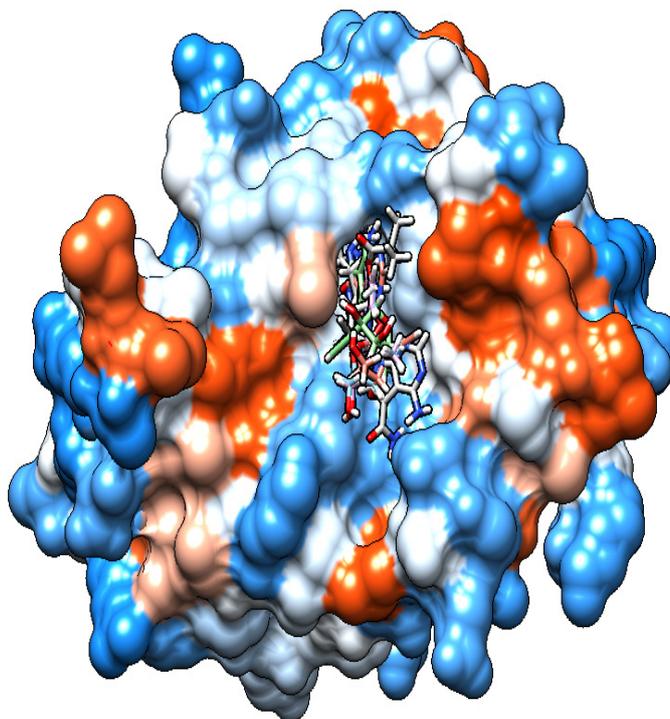


Figura 2: Poses do acoplamento molecular no sitio ativo da enzima NS2B-NS3 do ZIKV.  
 Fonte: Autores

Na tabela 1 são apresentadas as energias de afinidade entre os quatro ligantes e a estrutura cristalina da protease NS2B-NS3 do zika. Percebe-se que os ligantes 1, 2 e 3 apresentam energia bem próxima, por outro lado o ligante 4 apresentou uma melhor energia, o que permite afirmar que esse ligante apresenta uma maior afinidade entre os quatro com a estrutura cristalina da protease NS2B-NS3 do zika.

Ligantes	MolDock Score (Kcal/mol)
Ligante 1	-109.564
Ligante 2	-109.774
Ligante 3	-109.393
Ligante 4	-134.987

Tabela 1: Energia de afinidade, em Kcal/mol, gerada pelo programa MVD

Além das energias de afinidade os cálculos de docagem molecular permitiu que fosse analisada as interações de hidrogênio entre os quatro ligantes com resíduos chaves do sitio catalítico da enzima protease NS2B/ NS3 do Zika vírus, como mostrado na figura 3.

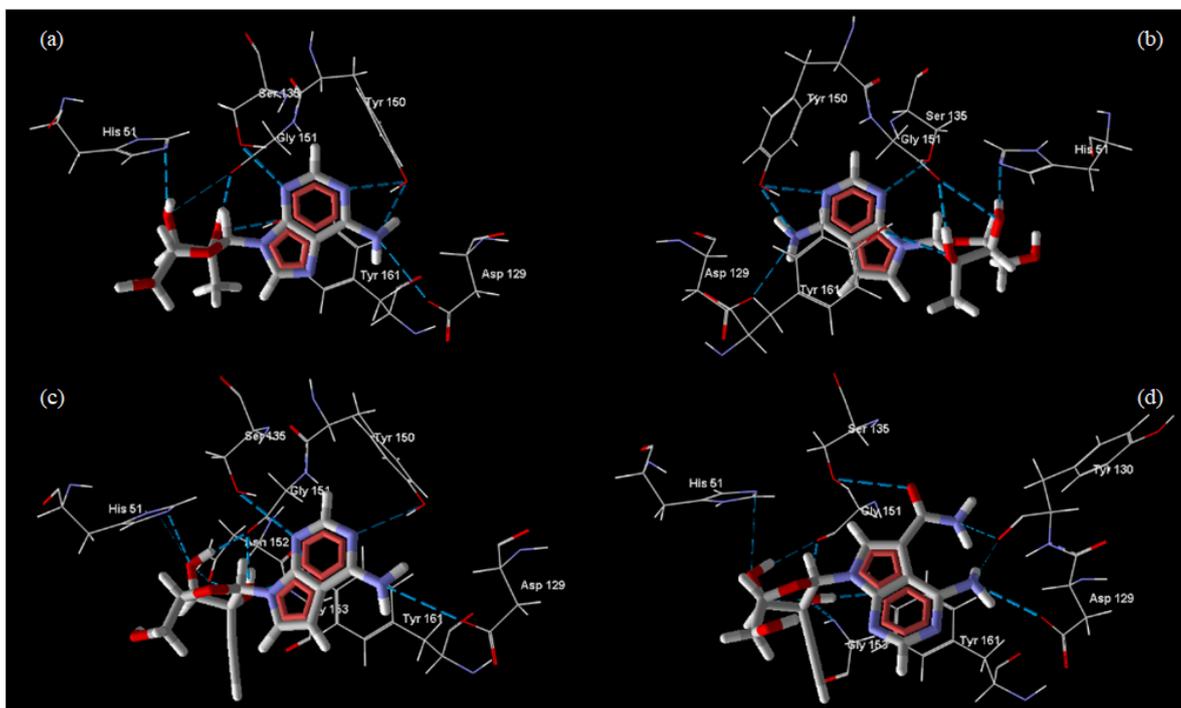


Figura 3: Estrutura cristalina da protease NS2B-NS3 do vírus Zika no complexo com os ligantes 1 (a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d). As interações de hidrogênios são mostradas em linhas tracejadas e azul.

Fonte: Autores

Os ligantes 1, 2, 3 e 4 apresentaram ligações de hidrogênios com os resíduos His51 e Ser135 pertencentes a tríade catalítica da enzima (PHOO et al., 2016), como pode ser observado na figura 3. Li e colaboradores (2017), realizaram um estudo de acoplamento molecular e demonstraram que os resíduos de His51 e Ser135 estabilizam o complexo molecular via ligações de hidrogênios (LI et al., 2017). Já foram relatados na literatura que um inibidor mais eficaz do NS2-NS3 do ZIKV foi capaz de se ligar através de ligação de hidrogênio com os resíduos catalíticos do sítio ativo da enzima His51 e Ser135 (LEI et al., 2016; NITSCHKE et al., 2017; PHOO et al., 2018).

Vale ressaltar, também, que além das interações com os resíduos da tríade catalítica, os ligantes apresentaram interações de hidrogênios com os resíduos dos subsítios S1 (Asp129, Tyr130, Tyr150, Tyr161) e S2 (Gly151, Asn152, Gly153), ver figura 3. Interações com resíduos dos subsítios, juntamente com os da tríade catalítica, já foram relatados na literatura mostrando que ajudam na afinidade de ligação e contribuem para as características inibitórias dos compostos (BOWEN et al., 2019; LEI et al., 2016; PHOO et al., 2016, 2018; ZHANG et al., 2016), corroborando com os nossos resultados de acoplamento molecular.

Sendo assim, os cálculos de docagem molecular apresentaram suporte para uma análise das interações dos quatro análogos de nucleosídeos no sítio de ligação da enzima NS2-NS3 do ZIKV, além de estar de acordo com os resultados da

literatura e, com isso, podendo ser utilizadas para futuros ensaios biológicos frente a esse alvo enzimático.

## 4 | CONCLUSÃO

Os cálculos de docagem molecular permitiram identificar que os análogos de nucleosídeos são promissores em agir contra a enzima NS2-NS3 do ZIKV. Os quatro ligantes apresentaram interações com resíduos chave para os processos de reconhecimento molecular e de inibição deste alvo. Além disso, as interações de hidrogênio observadas entre os ligantes e os resíduos do sítio ativo corroboraram com resultados existentes na literatura para o modelo cristalográfico da enzima em estudo que reforça a ideia de que esses compostos podem ser utilizados para futuros ensaios biológicos.

## REFERENCIAS

BOWEN, L. R. et al. Identification of potential Zika virus NS2B-NS3 protease inhibitors via docking, molecular dynamics and consensus scoring-based virtual screening. **Journal of Molecular Modeling**, v. 25, n. 7, p. 194, 17 jul. 2019.

COSTA, R. A. et al. CHEMISTRY Studies of NMR , molecular docking , and molecular dynamics simulation of new promising inhibitors of cruzaine from the parasite Trypanosoma cruzi. **Medicinal Chemistry Research**, 2018.

COX, B. D.; STANTON, R. A.; SCHINAZI, R. F. Predicting Zika virus structural biology: Challenges and opportunities for intervention. **Antiviral Chemistry and Chemotherapy**, v. 24, n. 3–4, p. 118–126, 8 ago. 2015.

DE CLERCQ, E.; NEYTS, J. Antiviral Agents Acting as DNA or RNA Chain Terminators. In: [s.l.: s.n.]. p. 53–84.

DIAS, R.; DE AZEVEDO JR., W. Molecular Docking Algorithms. **Current Drug Targets**, v. 9, n. 12, p. 1040–1047, 1 dez. 2008.

EYER, L. et al. Nucleoside Inhibitors of Zika Virus. **Journal of Infectious Diseases**, v. 214, n. 5, p. 707–711, 1 set. 2016.

FERNANDEZ, E.; DIAMOND, M. S. Vaccination strategies against Zika virus. **Current Opinion in Virology**, v. 23, p. 59–67, abr. 2017.

HEYMANN, D. L. et al. Zika virus and microcephaly: why is this situation a PHEIC? **The Lancet**, v. 387, n. 10020, p. 719–721, fev. 2016.

KANG, C.; KELLER, T. H.; LUO, D. Zika Virus Protease: An Antiviral Drug Target. **Trends in Microbiology**, v. 25, n. 10, p. 797–808, out. 2017.

LEI, J. et al. Crystal structure of Zika virus NS2B-NS3 protease in complex with a boronate inhibitor. **Science**, v. 353, n. 6298, p. 503–505, 29 jul. 2016.

- LI, Y. et al. Structural Dynamics of Zika Virus NS2B-NS3 Protease Binding to Dipeptide Inhibitors. **Structure**, v. 25, n. 8, p. 1242- 1250.e3, ago. 2017.
- LI, Y. et al. Structural Insights into the Inhibition of Zika Virus NS2B-NS3 Protease by a Small-Molecule Inhibitor. **Structure**, v. 26, n. 4, p. 555- 564.e3, abr. 2018.
- MALONE, R. W. et al. Zika Virus: Medical Countermeasure Development Challenges. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 10, n. 3, p. e0004530, 2 mar. 2016.
- MLAKAR, J. et al. Zika Virus Associated with Microcephaly. **New England Journal of Medicine**, v. 374, n. 10, p. 951–958, 10 mar. 2016.
- NITSCHKE, C. et al. Peptide–Boronic Acid Inhibitors of Flaviviral Proteases: Medicinal Chemistry and Structural Biology. **Journal of Medicinal Chemistry**, v. 60, n. 1, p. 511–516, 12 jan. 2017.
- PHOO, W. W. et al. Structure of the NS2B-NS3 protease from Zika virus after self-cleavage. **Nature Communications**, v. 7, n. 1, p. 13410, 15 dez. 2016.
- PHOO, W. W. et al. Structures of Zika virus NS2B-NS3 protease in complex with peptidomimetic inhibitors. **Antiviral Research**, v. 160, p. 17–24, dez. 2018.
- RUSSELL, P. K. The Zika Pandemic - A Perfect Storm? **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 10, n. 3, p. e0004589, 18 mar. 2016.
- SHIRYAEV, S. A. et al. Characterization of the Zika virus two-component NS2B-NS3 protease and structure-assisted identification of allosteric small-molecule antagonists. **Antiviral Research**, v. 143, p. 218–229, jul. 2017.
- WILDER-SMITH, A. et al. Epidemic arboviral diseases: priorities for research and public health. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 17, n. 3, p. e101–e106, mar. 2017.
- YIN, Z. et al. An adenosine nucleoside inhibitor of dengue virus. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 48, p. 20435–20439, 1 dez. 2009.
- ZHANG, Z. et al. Crystal structure of unlinked NS2B-NS3 protease from Zika virus. **Science**, v. 354, n. 6319, p. 1597–1600, 23 dez. 2016.

## AGREGAÇÃO DE VALOR A PLANTA DA REGIÃO DO LITORAL, *Ouratea fieldingiana* (GARDNER) ENGL.): ANÁLISE QUÍMICA E ANTIOXIDANTES

Data de aceite: 27/03/2020

### Ana Raquel Araujo da Silva

Instituto Federal de Educação (IFCE), Paracuru  
Ceará- <http://lattes.cnpq.br/931278873510998>

### Israel Bezerra Silva

Instituto Federal de Educação (IFCE), Paracuru  
Ceará- <http://lattes.cnpq.br/0381598990683461>

**RESUMO:** As plantas produzem diversos compostos orgânicos envolvidos nos processos de crescimento e desenvolvimento. Os metabólitos secundários estão envolvidos nos processos de adaptação dos vegetais e têm a função de protegê-los. Entre os metabólitos secundários temos os compostos fenólicos, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução e na literatura são relatados como potentes agentes antioxidantes. Atualmente, tem crescido o interesse pelos antioxidantes naturais para o emprego em produtos alimentícios ou para uso farmacêutico. A espécie *Ouratea fieldingiana* (Gardner) Engl. conhecida popularmente como batiputá. Essa planta é encontrada em tabuleiros litorâneos do Ceará. O objetivo desse trabalho foi realizar uma avaliação dos compostos pertencentes dessa espécie e a atividade antioxidante *in vitro*. Foi realizado a coleta e preparo dos extratos

das folhas, galhos e sementes, quantificado os fenóis e avaliado a ação antioxidante. O extrato com maior rendimento foi extrato etanólico das sementes (14,14%). A maior quantidade de fenóis foi observado no extrato acetato de etila das folhas (293,33 mg EAG/g) e um maior potencial antioxidante ( $EC_{50}$  402,54 mg/L). Esses resultados mostram que a planta tem forte potencial de ser um antioxidante comercial e assim espera-se agregar valor a essa espécie. **PALAVRAS-CHAVE:** Compostos fenólicos, Antioxidantes, *Ouratea fieldingiana*

### ADDING VALUE TO THE PLANT OF THE COAST REGION, *Ouratea fieldingiana* (GARDNER ENGL.): CHEMICAL ANALYSIS AND ANTIOXIDANTS

**ABSTRACT:** Plants produce several organic compounds involved in their growth and development processes. Secondary metabolites are involved in the adaptation processes of plants and have the function of protecting them. Among the secondary metabolites are phenolic compounds, which are essential for their growth and reproduction in their definition, also are seen as potent antioxidant agents. Currently, the interest in natural antioxidants in food composition or for pharmaceutical use

has increased. The species *Ouratea fieldingiana* (Gardner Engl.) usually known as “batiputá” is found in the coastal of Ceará. The objective of this work is to evaluate if the compounds belonging to this species and their antioxidant activity in vitro. It was collected and prepared from the extracts of leaves, branches, and seeds. It was quantified the phenols and evaluated the antioxidant activity. The extract with the highest yield was ethanol extract from the seeds (14.14%). The highest amount of phenols was observed in the ethyl acetate extract of the leaves (293.33 mg EAG/g) and a greater antioxidant potential ( $EC_{50}$  402.54 mg / L). These results show that the plant has a strong potential to be a commercial antioxidant and is therefore expected to add value to this species.

**KEYWORDS:** Phenolic compounds, Antioxidants, *Ouratea fieldingiana*

## 1 | INTRODUÇÃO

*Ouratea fieldingiana* (Gardner) Engl.) conhecida popularmente por batiputá é uma planta essencialmente arbórea, pertencente ao gênero *Ouratea* sp, da família Ochnaceae, encontrada em tabuleiros litorâneos do Ceará, incluindo cerca de 40 gêneros e 600 espécies. As espécies desse gênero são utilizadas popularmente como tônicas e adstringentes, como antiinflamatório e em doenças da pele e no tratamento de doenças gástricas. De seus frutos pode ser extraído um óleo que é usado tanto na culinária quanto na medicina alternativa como antiinflamatório, cicatrizante e no tratamento de tosse e estados gripais. Vários compostos de plantas são relatados por serem responsáveis por diversas atividades. Alguns estudos realizados com espécies do gênero *Ouratea* tratam de sua composição química e suas atividades medicinais (MBING *et al.*, 2003).

A fitoquímica estuda e identifica princípios ativos ou metabólitos secundários (MS) presentes nas plantas. Os MS são responsáveis por desempenhar papel fundamental na estrutura da planta, como por exemplo: combater a herbivoria e propiciar a atração de animais polinizadores, isto devido aos seus constituintes químicos que favorecem a atividade biológica então, podem ser isolados para o desenvolvimento de fitofármacos, pois desempenham importante função (AVELLO & CISTERNAS, 2010).

Substâncias antioxidantes são fundamentais para combater os radicais livres, ou seja, elas perdem elétrons e continuam com estabilidade. Estas substâncias compreendem vitaminas, minerais, compostos provenientes de material vegetal (LAYALI *et al.*, 2015). Os antioxidantes por serem fundamental para saúde humana, são amplamente estudados e frequentemente localizados em fontes vegetais (KRISHNAIAH; SARBATLY; NITHYANANDAM, 2011).

O objetivo desse trabalho foi avaliar os diferentes compostos dessa planta,

bem como, quantificar os fenóis e sua ação antioxidante pelo método do radical livre DPPH.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Amostra vegetal

A planta foi coletada em janeiro de 2019 na região litoral de Paracuru (Ceará), (3°26'31,6"S; 39°02'11,4"W).

### 2.2 Preparação do extrato

Foi realizado a coleta de suas partes (folhas, galhos e sementes) em janeiro de 2019 e realizado a extração a frio com os solventes: hexano, acetato de etila e álcool 70% por 7 dias em cada solvente. Após o tempo, o solvente foi filtrado e colocado em banho-Maria (55°C) até evaporação e calculado o rendimento. A metodologia empregada para preparação do extrato foi descritas por Silva *et al.*, (2012), com adaptações.

### 2.3 Testes fitoquímicos

Análise fitoquímica dos extratos de *Ouratea fieldingiana* (Gardner) Engl. foi realizada conforme metodologia adotada por Matos (2007). Preparou-se a solução mãe dos extratos de cada parte da planta. Esses testes são baseados em mudança de cor de formação de precipitado.

### 2.4 Quantificação de fenóis totais

Os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método espectrofotométrico de *Folin-Ciocalteu*, que utiliza o ácido gálico como padrão de referência (SOUZA *et al.* 2007). Os extratos das diversas partes da planta foram dissolvido em metanol para preparar solução de 150 ppm (conforme metodologia). Em uma alíquota de 100 µL dessa solução, adicionou-se 500 µL do reagente de *Folin-Ciocalteu*, 6 mL de água destilada e 2 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 15%, e então o volume foi aferido para 10 mL. Para determinar o teor de fenóis totais na solução preparada anteriormente foi necessária a construção de uma curva padrão de ácido gálico nas concentrações de 10 a 450 ppm e e os resultados expressos em mg de EAG/g (equivalentes de ácido gálico por grama) de extrato. Todas as soluções ficaram em repouso por duas horas e, em seguida foi realizada a leitura das absorvâncias a 750 nm. No branco havia apenas metanol e reagentes. Após realizar as leituras plotou-se um gráfico de regressão linear, encontrando mg de EAG/ g de extrato.

## 2.5 Atividade antioxidante pelo método DPPH

A atividade antioxidante da amostra foi realizada através do ensaio *in vitro*, pelo método de varredura de radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil) em solução metanólica, baseando-se em metodologia proposta por Yepez *et al.* (2002). Neste ensaio, em um tubo de ensaio serão adicionados 3,9 mL de uma solução metanólica ( $6,5 \times 10^{-5} \text{M}$ ) do radical livre DPPH e 0,1 mL da solução metanólica da amostra (extratos) em teste nas concentrações de 10.000, 5.000, 1.000, 500, 100, 50, 10 e 5  $\mu\text{g/mL}$ . O teste foi realizado em triplicata para cada concentração e como padrões foram utilizados quercetina e BHA nas mesmas concentrações do extrato. Após o intervalo de 60 minutos foram medidas a absorbância em espectrofotômetro UV-Vis a 515 nm.

Os resultados foram utilizados para se calcular o Índice de Varredura da amostra em percentual (IV%), usando-se a equação:

$$\text{IV\%} = (A_{\text{DPPH}} - A_{\text{AMOSTRA}} / A_{\text{DPPH}}) \times 100$$

Onde  $A_{\text{DPPH}}$  corresponde à absorbância da solução do radical livre isento da amostra e  $A_{\text{AMOSTRA}}$  corresponde à absorbância das amostras ao final dos 60 minutos.

Os valores de IV% e suas respectivas concentrações foram aplicados no programa GraphPadPrism (versão 5.0) para o cálculo da concentração eficiente que inibe 50% dos radicais livres no sistema teste ( $\text{CE}_{50}$ ). As médias e os respectivos desvios padrão foram submetidos à análise de variância (ANOVA).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os rendimentos dos extratos de batituta (*Ouratea fieldingiana*) foram calculados e expressos em percentagem (gráfico 1). Os extratos que obtiveram melhores rendimentos foram, o extrato etanólico das sementes (14,14%), extrato etanólico das folhas (7,82%) seguido pelo extrato acetato de etila das sementes (4,62%).

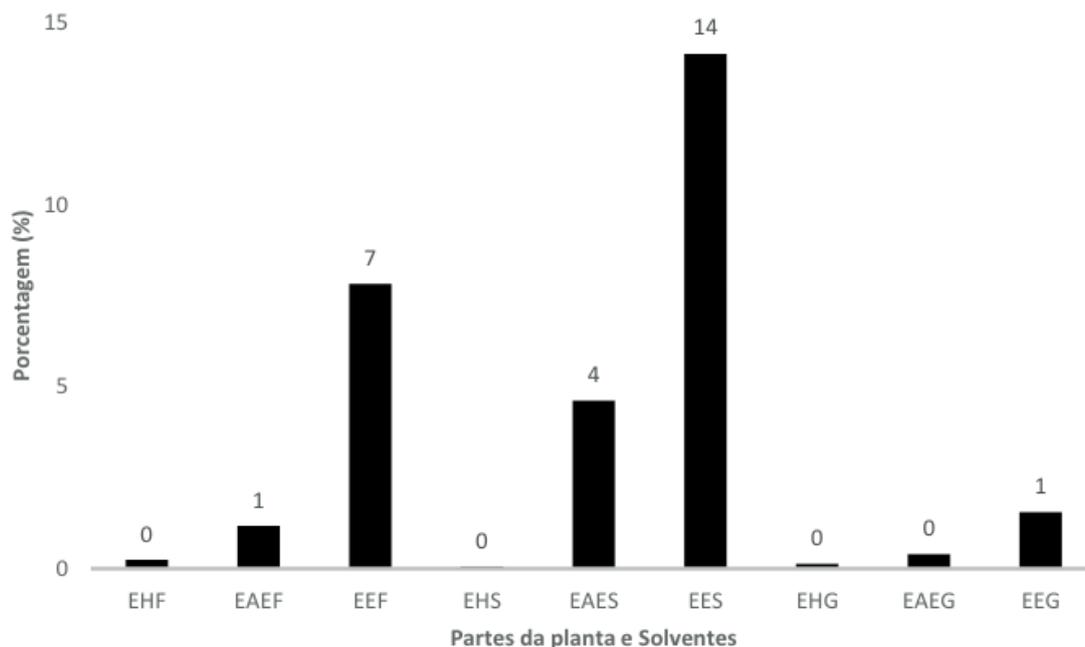


Gráfico 1. Rendimento dos extratos de Batitupa

Fonte: própria autora; Legenda: EHF: extrato hexânico das folhas; EAEF: extrato acetato de etila das folhas; EEF: extrato etanólico das folhas; EHS: extrato hexânico das sementes; EAES: extrato acetato de etila das sementes; EES: extrato etanólico das sementes; EHG: extrato hexânico dos galhos; EAEG: extrato acetato de etila dos galhos; EEG: extrato etanólico dos galhos.

Após o preparo dos extratos foi realizado o teste fitoquímico e verificado qualitativamente as classes de compostos metabolitos secundários das diversas partes da planta (tabela 1).

Compostos	EHF	EHG	EHS	EAEF	EAEG	EAES	EEF	EEG	EES
Fenóis	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taninos pirogálicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taninos Flobabenicos	-	-	-	X	X	X	X	X	X
Antocianinas e Antocianidinas	-	-	x	-	-	-	-	-	-
Flavonas, Flavonóis e Xantonas	-	-	-	-	-	X	-	-	X
Flavanonóis	-	-	-	X	X	X	X	X	-
Leucoantocianidinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Catequinas	-	-	-	x	X	-	X	X	-
Flavanonas	-	-	-	X	-	X	X	X	X
Flavonóis, Flavanonas, Flavanonóis e/ouXantonas	-	-	-	X	-	X	-	-	-
Esteróides Livres	x	x	-	X	X	X	-	-	X
Triterpenóides pentacíclicos livres	x	-	-	-	-	-	-	-	X
Saponinas	x	x	-	X	X	-	X	X	-

Tabela 1. Resultado do teste fitoquímico dos extratos de Batitupa

Fonte: própria autora; Legenda: EHF: extrato hexânico das folhas; EAEF: extrato acetato de etila das folhas; EEF: extrato etanólico das folhas; EHS: extrato hexânico das sementes; EAES: extrato acetato de etila das sementes; EES: extrato etanólico das sementes; EHG: extrato hexânico dos galhos; EAEG: extrato acetato de etila dos galhos; EEG: extrato etanólico dos galhos; (+) compostos presentes; (-) compostos ausentes.

Na espécie *Ouratea hexasperma* foi identificado alguns componentes como taninos, flavanoides (COSTA, 2015) e biflavanoides (MORAES *et al.*, 2017; NASCIMENTO *et al.*, 2018 a ou b). Pinto (2017), relatou a presença de esteroides livres, catequinas, saponinas e flavanoides no extrato acetato de etila dos frutos de *Ouratea fieldingiana* (Gardner) Engl confirmado também nesse estudo.

As plantas do gênero *Ouratea* contêm vários tipos de flavonóides, como flavonas, flavonóis, isoflavonas, chalconas e antocianinas na forma de monômeros, glicosídeos, bi-ou bisflavonóides, como hexaspermona, amentoflavona, agatisflavona, robustaflavona e lanaraflavona. O biflavonóide 7''-O-metilagatisflavona (de *O. hexasperma*), amentoflavona (de *O. semiserrata*) e o derivado acetilado da amentoflavona apresentaram atividade inibitória do DNA para a venomerase tipo I e potente inibição do crescimento de células de carcinoma de Ehrlich (SUZART *et al.*, 2007.)

Os extratos foram submetidos ao ensaio para quantificar os fenóis totais, seus resultados foram expressos em mg EAG por g de extrato (gráfico 2). Os extratos que apresentaram os melhores resultados foram extrato acetato de etila das folhas (293,33), extrato etanólico das sementes (171,11), seguido pelo extrato etanólico das folhas (165,56).

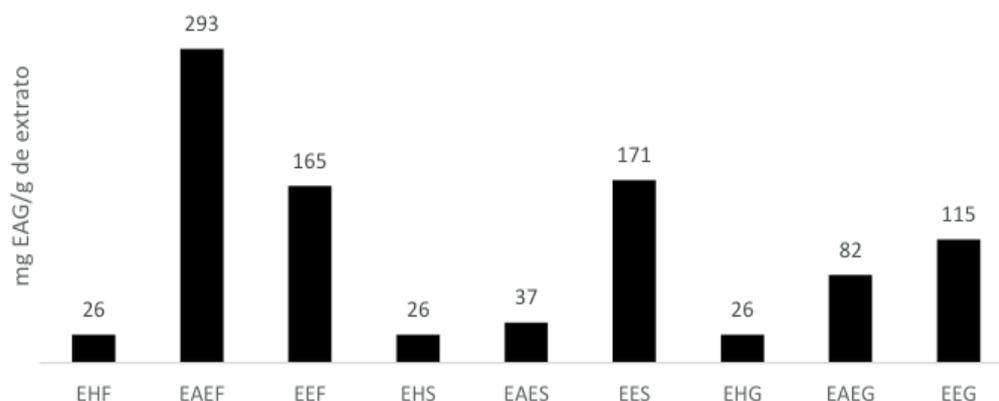


Gráfico 2. Quantificação do teor de fenóis totais dos extratos de Batiputa

Fonte: própria autora; Legenda: EHF: extrato hexânico das folhas; EAEF: extrato acetato de etila das folhas; EEF: extrato etanólico das folhas; EHS: extrato hexânico das sementes; EAES: extrato acetato de etila das sementes; EES: extrato etanólico das sementes; EHG: extrato hexânico dos galhos; EAEG: extrato acetato de etila dos galhos; EEG: extrato etanólico dos galhos.

Os extratos de batiputa foram utilizados para avaliar a atividade antioxidante

pelo método de DPPH (tabela 2) e expressos por percentagem da concentração eficiente que inibi 50% do radical livre ( $CE_{50}$ ). Os melhores resultados foram encontrados no extrato acetato de etila das folhas (402,54), extrato etanólico das folhas (611,72) e extrato etanólico dos galhos (757,92). Todavia, mesmo esses extratos apresentando os melhores resultados ainda não foram semelhantes aos padrões utilizados no experimento (Quercetina e BHA), sendo os padrão superiores.

Amostras	$CE_{50}$ (mg/L)
EHF	-
EHG	-
EHS	-
EAEF	402,54
EAEG	2.600,96
EAES	3.212,88
EEF	611,72
EEG	757,92
EES	2.120,00
Padrão: Quercetina	62,08
Padrão: BHA	85,41

Tabela 2. Resultados da ação antioxidante pelo método de DPPH dos extratos de batiputa coletados no litoral do Ceará.

Fonte: Própria autora; - : Valores não encontrados

A ação de cicatrização de feridas está intimamente associada às atividades antimicrobiana (AGRA *et al.*, 2013) e antioxidante (SÜNTAR *et al.*, 2012) de plantas medicinais.

Tanto a quantidade de fenóis quanto a ação antioxidante de *Ouratea fieldingiana* (Gardner) Engl citadas por Nascimento *et al.* (2018) diferem das quantidades desse estudo. Acredita-se que os resultados são distintos por se tratar de metodologias diferentes, tendo assim, sensibilidades diferentes aos compostos.

## 4 | CONCLUSÃO

Constatou-se que a *Ouratea fieldingiana* (Gardner) Engl tem um potencial medicinal por apresentar uma diversidade de compostos em especial de compostos fenólicos. Esses compostos são bastante relatados na literatura por ser eficaz para o desenvolvimento de setores alimentícios e farmacêuticos, pois apresentam ação antioxidante capaz de combater e prevenir enfermidades, assim como na conservação e proteção de alimentos. Todavia, necessita-se de estudos relacionados aos mecanismos de ação dos princípios ativos para ampla aplicação na farmacologia.

## REFERÊNCIAS

- AGRA, I. K. R.; PIRES, L. L. S.; CARVALHO, P. S. M.; SILVA-FILHO, E. A.; SMANIOTTO, S.; BARRETO, E. **Evaluation of wound healing and antimicrobial properties of aqueous extract from *Bowdichia virgilioides* stem barks in mice**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 85, 3, 945–954, 2013.
- AVELLO, M.; CISTERNAS, I. **Fitoterapia, sus orígenes, características y situación en Chile**. Revista médica de Chile, SciELO Chile, v. 138, n. 10, p. 1288–1293, 2010.
- COSTA, G. V. **Atividade antibacteriana, antioxidante e citotóxica *in vitro* do extrato etanólico da entrecasca da planta *Ouratea hexasperma* (EEEH) (A.St.-Hil.) Bail var. *Planchonii* Engl.** Dissertação Universidade Federal do Pará - Belém-Pará, 2015.
- KRISHNAIAH, D.; SARBATLY, R.; NITHYANANDAM, R. **A review of the antioxidant potential of medicinal plant species**. Food and bioproducts processing, Elsevier, v. 89, n. 3, p. 217–233, 2011.
- LAYALI, I.; TAHMASBPOUR, E.; JOULAEI, M.; JORSARAEI, S. G. A.; FARZANEGI, P. **Total antioxidant capacity and lipid peroxidation in semen of patient with hyperviscosity**. Cell Journal (Yakhteh), Royan Institute, 16, 554, 2015.
- MATOS, F. D. A. **Introdução à fitoquímica experimental**. edições UFC, 2007.
- MBING, J. N.; PEGNYEMBB, D. E.; TIH, R. G.; SONDEGAM, B. L.; BLOND, A.; BODO, B. **Two biflavonoids from *Ouratea flava* stem bark**. Phytochemistry, 63, 427–431, 2003.
- MORAIS, S. M.; NASCIMENTO, J. E. T.; SILVA, A. A. S.; HONÓRIO JUNIOR, J. E. R.; PINHEIRO, D. C. S. N.; OLIVEIRA, R. V. **Fatty Acid Profile and Anti-Inflammatory Activity of Fixed Plant Oils**. Acta Scientia e Veterinariae, 45, 1-8, 2017.
- NASCIMENTO, J. E. T.; MORAIS, S. M.; LISBOA, D. S.; SOUSA, M. O.; SANTOS, S. A. A. R.; MAGALHÃES, F. E. A.; CAMPOS, A. R. **The orofacial antinociceptive effect of Kaempferol-3-O-rutinoside, isolated from the plant *Ouratea fieldingiana*, on adult zebrafish (*Danio rerio*)**. Biomedicine & Pharmacotherapy, 107, 1030-1036, 2018.
- NASCIMENTO, J. E. T.; RODRIGUES, A. L. M.; LISBOA, D. S.; LIBERATO, H. R.; FALCÃO, M. J. C.; SILVA, C. R.; NOBRE JÚNIOR, H. V.; BRAZ FILHO, R.; PAULA JUNIOR, V. F.; ALVES, D. R.; MORAIS, S. M. **Chemical Composition and Antifungal *In Vitro* and *In Silico*, Antioxidant, and Anticholinesterase Activities of Extracts and Constituents of *Ouratea fieldingiana* (DC.) Baill.** Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, special issue, 1-12, 2018.
- PINTO, T. R. M. **Estudo do potencial farmacológico do óleo de batiputá (*Ouratea fieldingiana* (gardner) engl.) como insumo farmacêutico**. Dissertação Universidade Federal do Ceará, 2017.
- SILVA, A. R. A.; MORAIS, S. M.; MARQUES, M. M. M.; OLIVEIRA, D. F.; BARROS, C. C.; ALMEIDA, R. R.; VIEIRA, Í. G. P.; GUEDES, M. I. F. **Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of two Spondias species from Northeastern Brazil**. Pharmaceutical Biology, 50(6), 740–746, 2012.
- SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G.M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S., CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. **Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais**. Química Nova, 30, 351-355, 2007.
- SÜNTAR, I.; AKKOL, E. K.; NAHAR, L.; SARKER, S. D. **Wound healing and antioxidant properties: do they coexist in plants?** Free Radicals and Antioxidants, 2, 2, 1–7, 2012.
- SUZART, L. R.; DANIEL, J. F. S.; CARVALHO, M. G.; COELHO, M. A. **Biodiversidade flavonoídica e aspectos farmacológicos em espécies dos gêneros *Ouratea* e *Luxemburgia* (Ochnaceae)**. Química Nova, 30, 984–987, 2007.

YEPEZ, B.; ESPINOSA, M.; LÓPEZ, S.; BOLAÑOS, G. **Producing antioxidant fractions from herbaceous matrices by supercritical fluid extraction.** *Fluid Phase Equil*, 194, 879–884, 2002.

## AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE NANOEMULSÕES A BASE DE QUITOSANA COM ÓLEO ESSENCIAL DE *cymbopogon winterianus*.

Data de aceite: 27/03/2020

### **Daniele Silva de Lisboa**

Curso de Licenciatura em Química, Centro de Ciências e Tecnologia/ Universidade Estadual do Ceará.

### **Henety Nascimento Pinheiro**

Curso de Licenciatura em Química, Centro de Ciências e Tecnologia/ Universidade Estadual do Ceará.

### **Ernandes Sávio Negreiros de Alcantara**

Curso de Licenciatura em Química, Centro de Ciências e Tecnologia/ Universidade Estadual do Ceará.

### **Micaele Ferreira Lima**

Curso de Licenciatura em Química, Centro de Ciências e Tecnologia/ Universidade Estadual do Ceará.

### **Emanuela Feitoza da Costa**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, Centro de Ciências e Tecnologia/ Universidade Estadual do Ceará.

### **João Lucas Isidio Oliveira de Almeida**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, Centro de Ciências e Tecnologia/ Universidade Estadual do Ceará.

### **Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu**

Curso de Licenciatura em Química, Centro de Ciências e Tecnologia/ Universidade Estadual do Ceará.

**RESUMO:** Os óleos essenciais são provenientes do metabólito secundários das plantas, e apresentam vários componentes com atividade biológica e benéficos a saúde humana e animal. Contudo esses óleos podem sofrer várias alterações em sua estrutura, como a oxidação, e perder a sua atividade biológica. O encapsulamento de óleos essenciais por emulsões é utilizado no aproveitamento das propriedades dos compostos bioativos e no aumento da estabilidade oxidativa. A emulsão é uma das formas de formulações farmacêuticas que aumenta a biodisponibilidade e permite uma dosagem precisa, proporcionando efeitos colaterais mínimos. O respectivo trabalho aborda o desenvolvimento de emulsões óleo em água dos polissacarídeos quitosana e carboximetil-quitosana, para o encapsulamento do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus*, variando o tipo de surfactante, velocidade de agitação e tipo de polissacarídeo na estabilidade da emulsão. Foi realizado um exame periódico de estabilidade relacionado à mudança de coloração/turbidez, formação de precipitado e de sobrenadante. Analisou-se também a morfologia através da microscopia ótica. Após 30 e 90 dias de terem sido preparadas as emulsões. As emulsões com o melhor perfil de estabilidade foram analisadas quanto ao grau

de encapsulamento e quanto seu perfil cinético de liberação *in vitro*. Observou-se que as emulsões produzidas sob condições de velocidade de agitação mais amenas são mais estáveis. Quanto ao grau de encapsulamento, observou-se que o uso de um surfactante de maior tamanho de cadeia lipofílica Tween 80 assegura a retenção do óleo no interior das micelas, mantendo um alto grau de encapsulamento mesmo após 30 dias de sua produção, conferindo a sua estabilidade. A cinética de liberação demonstrou que dependendo do tipo de surfactante usado na formação da emulsão, existe diferença no perfil de liberação, onde os dois perfis, embora distintos, podem ser adequados para aplicação em sistemas de liberação controlada de finalidade antimicrobiana. Futuros estudos serão realizados a fim de verificar a atividade antimicrobiana de tais emulsões para proposição de um fármaco alternativo aos antibióticos convencionais.

**PALAVRAS – CHAVE:** Quitosana. Carboximetil-quitosana. Emulsões.

## PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF CHITOSAN-BASED EMULSIONS WITH CYMBOPOGON WINTERIANUS ESSENTIAL OIL

**ABSTRACT:** Essential oils come from the secondary metabolites of plants, having several components with biological activity, beneficial to human and animal health. However, these oils can undergo several changes in their structure, such as oxidation, and lose their biological activity. Encapsulation of essential oils by emulsions is used to exploit the properties of bioactive compounds and to increase oxidative stability. Emulsion is one of the forms of pharmaceutical formulations that increases bioavailability and allows accurate dosing, providing minimal side effects. This work addresses the development of oil-in-water emulsions of chitosan and carboxymethyl chitosan polysaccharides for encapsulation of *Cymbopogon winterianus essential oil*, investigating the surfactant type, stirring speed and polysaccharide type on the emulsion's stability. A periodic stability test was performed in order to evaluate color change / turbidity, precipitate and supernatant formation in the emulsions. The morphology was also analyzed by optical microscopy after 30 and 90 days from emulsion's preparation. The emulsions with the best stability profile were analyzed for encapsulation degree and *in vitro* release kinetic profile. Emulsions produced under milder stirring conditions have been found to be more stable. Regarding the degree of encapsulation, it was observed that the use of a larger Tween 80 lipophilic chain surfactant ensures oil retention inside the micelles, maintaining a high degree of encapsulation even after 30 days of production, therefore with higher stability. The release kinetics showed that depending on the surfactant type used in the emulsion, there was a difference in the release profile, where the two profiles, although distinct, may be suitable for controlled release systems of antimicrobial purposes. Future studies will be conducted to verify the antimicrobial activity of such emulsions for proposing an alternative drug to conventional antibiotics.

**KEYWORDS:** Chitosan. Carboxymethyl chitosan. Emulsions.

## 1 | INTRODUÇÃO

Óleos essenciais apresentam metabólitos secundários voláteis dos quais se qualificam por exibir misturas complexas de compostos orgânicos, sendo cada vez mais estudados em atividades biológicas de plantas e seus derivados (BAKKALI *et al.*, 2008; BURT, 2004; SINGH *et al.*, 2007), tais como propriedades anti-inflamatórias, expectorantes, pesticidas e, sobretudo, antimicrobianas (SAAD, *et al.*, 2013).

O óleo essencial de *C. winterianus* (OECw) é rico em citronelal. Segundo Silveira e colaboradores, (2012) óleos essenciais de citronela resultaram na atividade inibitória bacteriana em relação às bactérias Gram-positivas e Gram-negativas testadas.

Para melhorar o aproveitamento das propriedades de óleos essenciais e aumentar sua estabilidade oxidativa, o encapsulamento, através de emulsões, de tais bioativos é promissor. O revestimento, proveniente do encapsulamento, não só protege o material bioativo do núcleo da umidade, da luz, do oxigênio, e de agentes externos adicionais, porém também permite/auxilia no controle da liberação das substâncias ativas (ASSIS *et al.*, 2012; BRANNON-PEPPAS, 1993).

Os mecanismos de liberação dos materiais ativos encapsulados variam de acordo com a natureza do agente encapsulante, sendo que normalmente ocorrem por: variação de temperatura e de pH; solubilidade do meio; biodegradação; difusão; ruptura mecânica; permeabilidade seletiva, e gradiente de concentração existente em relação ao meio de liberação (BRANNON-PEPPAS, 1993).

A quitosana (QUI) é um polissacarídeo natural facilmente solúvel em água acidificada e que tem a capacidade de formar interações químicas com materiais hidrofóbicos e aniônicos, pois possui grupos catiônicos, além de formar compostos biodegradáveis (BORGOGNONI, *et al.*, 2006). Yu-HsinLin e seus colegas demonstraram que emulsão de amoxicilina O/A carregada positivamente, preparada com quitosana e heparina, produziu uma melhor erradicação do *Helicobacter pylori* do que as soluções convencionais de amoxicilina (LIN *et al.*, 2012).

Modificações na estrutura da quitosana por carboximetilação também estão sendo usadas para encapsular compostos lipossolúveis sendo empregados em sistemas de liberação de fármacos (PANG, *et al.*, 2007). A encapsulação de nutrientes hidrofóbicos carregada negativamente com revestimentos de carboximetil-quitosana (CMQ), representa uma abordagem promissora para aumentar a estabilidade química e propriedades de liberação controlada (LUO, *et al.*, 2012).

Neste trabalho objetivou-se desenvolver emulsões polissacarídicas óleo em água para o encapsulamento do óleo essencial de *C. winterianus* em diferentes

condições reacionais a fim de selecionar a emulsão de maior estabilidade e maior grau de encapsulamento para utilização terapêutica para fins biomédicos.

## 2 | TRATAMENTO METODOLÓGICO

### 2.1 Materiais

Para o preparo das emulsões usou-se QUI comercial em pó (Polymar), Hidróxido de sódio (Dinâmica), Ácido monocloroacético (Dinâmica) Metanol PA (Dinâmica) e os surfactantes Tween 20 (T20) e Tween 80 (T80) (Dinâmica).

### 2.2 Síntese de Carboximetil-quitosana (CMQ)

Em um erlenmeyer de 125 mL foram adicionados 20 mL de álcool isopropílico, em seguida 1g de QUI comercial em pó (Polymar) foram acrescentados ao erlenmeyer, mantendo a suspensão em agitação mecânica. O erlenmeyer permaneceu tampado. Em seguida foram inseridos gradualmente 25 mL de solução aquosa de NaOH 5M durante 30 minutos mantendo-se sob agitação por mais 30 minutos. Posteriormente 3g de ácido monocloroacético foram acrescentados, gradativamente, a solução por um período de 10 minutos. Logo após, a mistura reacional foi aquecida até 60°C e manteve-se em agitação por 4 horas. Passados tal período a mistura reacional, transferiu-se a solução contida no erlenmeyer para um béquer e retirou-se o sobrenadante, deixando apenas o precipitado no béquer. Adicionou-se metanol no béquer até cobrir o precipitado mantendo-se em agitação mecânica por 10 minutos, por duas vezes. Por fim, retirou-se o metanol e transferiu-se a QUI modificada (CMQ) lavado para uma placa de petri, o qual foi posto para secar na estufa em uma temperatura de 60°C.

### 2.3 Determinação do Grau de Substituição da CMQ por Titulação Potenciométrica

Dissolveu-se 400 mg de CMQ em 100 mL de água destilada e acidificou-se com ácido clorídrico 0,1M até atingir pH igual a 2. Em seguida, a solução foi titulada com KOH 0,1M. O acréscimo de volume de KOH 0,1M foi sendo registrado em função da variação do pH.

O grau de substituição dos grupos carboxilas aderidos na CMQ foi determinada através da Equação 1 abaixo:

$$GS = 161 \times (VKOH \times MKOH) / mCMQ - 58 \times (VKOH \times MKOH) \quad (1)$$

Onde VKOH e MKOH são o volume e a molaridade da solução aquosa de

KOH, mCMQ é a massa (g) de CMQ e 161 e 58 são, respectivamente, a massa molar da unidade de QUI, glucosamina, e dos grupos carboximéticos.

## 2.4 Análise de espectroscopia de infravermelho (FT-IR)

O espectro de infravermelho da CMQ foi realizado como método de identificação da mudança dos grupos funcionais presentes na QUI comercial, proveniente da modificação na estrutura do polissacarídeo natural. Os espectros foram realizados utilizando o espectrofotômetro modelo Nicolet iS5 da Thermo Scientific. As amostras foram preparadas em forma de pastilhas de KBr na proporção 1:20 (m/m) (amostra:KBr). Os espectros foram registrados no intervalo de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , empregando-se 32 scans e resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$ .

## 2.5 Preparo das Emulsões de QUI e de CMQ com óleo essencial de *C. winterianus*

Foram realizadas quatro emulsões variando os seguintes fatores: tipo de surfactante, velocidade de agitação e tipo de polissacarídeo, de acordo com a Tabela 1 abaixo:

Emulsão	Surfactante	Velocidade de Agitação	Tipo de polissacarídeo
E1	T20	15000 (C)	CMQ 0,5%
E2	T80	25000 (F)	CMQ 0,5%
E3	T80	15000 (C)	QUI 0,5%
E4	T20	25000 (F)	QUI 0,5%

Tabela 1: Formulações das emulsões.

Para o preparo das emulsões foram adicionados 40  $\mu\text{L}$  de surfactante, 50  $\mu\text{L}$  (40 mg) de OECw e 30 mL de água destilada, conforme as formulações descritas na Tabela 1. A solução respectiva foi agitada em um béquer de 500 mL manualmente. Logo após foram adicionados 50 mL da solução do polissacarídeo correspondente à mistura contida no béquer. A mistura foi colocada sob agitação usando com um *ultrastirrer* mecânico nas velocidades de 15000 ou 25000 rpm por 2 minutos para a formação da emulsão. Todas as emulsões permaneceram na geladeira durante 90 dias, sendo analisados periodicamente em relação as suas características físico-químicas principais: sedimentação; sobrenadante; coloração; pH.

## 2.6 Caracterização das emulsões:

Foi realizada uma análise periódica de sedimentação nas emulsões produzidas, onde foi observadas semanalmente eventuais mudanças de coloração/turbidez,

formação de precipitado e de sobrenadante por até 90 dias. Tais emulsões foram colocadas em tubos de ensaios de vidro com tampa de rosca onde permaneceram em análise durante os três (3) meses de avaliação. A formação de precipitado foi medida em centímetros usando uma régua. De maneira similar, mediu-se o pH das emulsões quinzenalmente em um phmetro de bancada LUCA-210 até completar 75 dias. As análises foram feitas em triplicata. O pH foi medido para avaliar o grau de variação ao longo do tempo de análise.

## 2.7 Análise de Microscopia Óptica:

As emulsões produzidas foram observadas após 30 e 90 dias de preparação em um microscópio óptico-LEICA. As análises foram feitas usando a lente PL20/040160/0. Os diâmetros das micelas foram medidos usando o programa ImageJ-win32 destinado a processamento de imagens.

## 2.8 Eficiência de encapsulamento:

A eficiência de encapsulamento foi avaliada através da inserção de 1 mL de emulsão em álcool etílico 96% na proporção 1:4 v/v. As emulsões foram reservadas na geladeira em posição vertical por 24 horas e posteriormente tiveram suas absorvâncias medidas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 236nm.

Determinou-se a concentração de óleo liberado na solução através da curva de calibração do OECw, no qual a solução mãe foi preparada em 1000 ppm com álcool etílico. A partir de então, foram feitas diluições sucessivas, calculados as concentrações de acordo com a Equação 2 a seguir:

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \quad (2)$$

Onde  $C_i$  e  $V_i$  correspondem, respectivamente, a concentração e volume iniciais, e  $C_f$  e  $V_f$  equivale à concentração e volume finais.

A varredura e a determinação das absorvâncias, das respectivas concentrações, foram lidas em um espectrofotômetro no comprimento de onda de 236nm. O gráfico da curva de calibração do óleo essencial foi avaliado em função das concentrações por valores das absorvâncias, como mostra a Figura 1 abaixo:

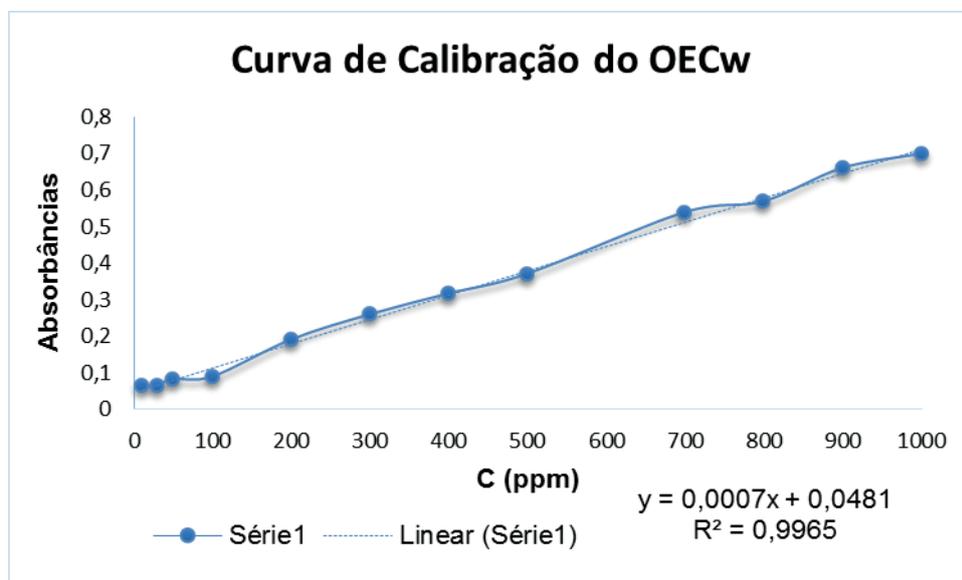


Figura 1: Curva de calibração do óleo essencial de *C. winterianus*.

A concentração de óleo presente no meio foi determinada pela curva de calibração. (HERCULANO, 2014). O teor de encapsulado (T.E.) foi determinado utilizando a Equação 3:

$$\text{T.E. (\%)} = (\text{Massa OES})/(\text{Massa total}) \times 100 \quad (3)$$

Onde OES refere-se ao óleo essencial de OECw.

A eficiência de encapsulamento foi determinada de acordo com a Equação 4:

$$\text{EE (\%)} = M/M_o \times 100 \quad (4)$$

Onde M é o percentual de óleo efetivamente encapsulado nas emulsões que foi medido anteriormente no teor de encapsulado e Mo é o percentual relativo do óleo no processo (ou seja, a razão entre a massa de óleo adicionada inicialmente e a massa total presente na amostra).

## 2.9 Perfil cinético de liberação in vitro:

Das emulsões determinadas como sendo os mais estáveis, pesou-se 100 mg das emulsões em um tubo falcon e acrescentou 10 mL de água destilada em pH 7. A solução foi transferida para o sistema imerso dentro de um béquer com 200 mL de água pH 7, o qual permaneceu sob agitação mecânica durante todo o teste. Utilizou-se uma membrana de diálise para expressar a osmose entre a solução dentro do tubo falcon e a água em pH 7 presente no béquer.

Alíquotas foram retiradas do béquer após 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 26, 28, 30, 32, 48, 50 e 52 horas ao iniciar o sistema. Cada alíquota foi analisada em duplicata por

espectroscopia na região do UV-Vis. Em seguida foi determinada a concentração de óleo utilizando a curva de calibração do OECw.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Determinação do Rendimento e Grau de Substituição da CMQ:

Areação de carboximetilção da QUI obteve um rendimento de 93%, considerando a glucosamina como unidade básica repetitiva da QUI e considerando a reação de substituição no sítio 3 da QUI, com a retirada de um grupo OH e inserção de um grupamento carboxílico (LUO, *et al*, 2012). A confirmação do método foi feita pelo cálculo do grau de substituição dos grupos carboxilas aderidos na CMQ, proveniente da titulação potenciométrica em que os valores de pH obtidos foram inseridos na curva de titulação de pH versus volume de hidróxido de potássio adicionado.

Na Figura 2, tem-se a curva de titulação e a relação da derivada desses resultados, os quais são relevantes para determinar a modificação química estrutural ocorrida na QUI.

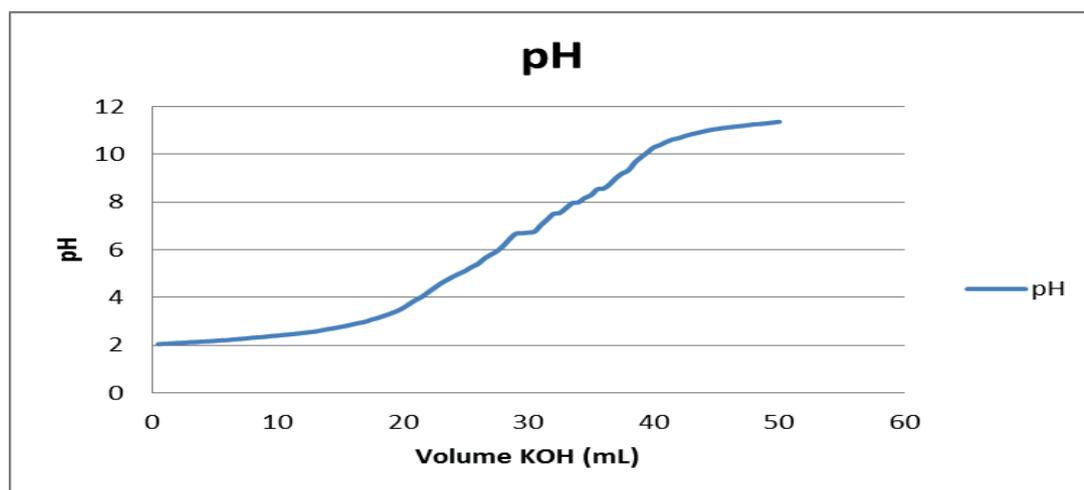


Figura 2: Curva de titulação potenciométrica para determinação do grau de substituição da (CMQ).

A CMQ apresenta dois pontos de inflexão. O primeiro ponto corresponde a neutralização do ácido clorídrico em solução e o segundo ponto condiz com a neutralização completa dos grupos ácidos. A diferença de volume entre esses dois pontos representa o volume necessário para neutralizar os grupos carboxílicos.

À vista disso, o grau de substituição é registrado em cima da massa molar da unidade respectiva da QUI (glucosamina) e dos grupos carboximéticos, dos volumes de hidróxido de potássio, provenientes da titulação potenciométrica, da molaridade da solução aquosa de hidróxido de potássio e da massa de CMQ.

A modificação química estrutural da quitosana pelo método carboximetilação (3:1) (CMQ) alcançou grau de substituição de 37,7%. Um maior número de grupos carboxílicos presente nas emulsões equivale a um maior grau de substituição, o que proporciona um aumento nas possibilidades de interação com as partículas da espécie presente na solução aquosa, viabilizando assim reações mais estáveis entre as moléculas do meio, devido ao caráter eletronegativo dos grupos carboximéticos, promovendo uma modificação satisfatória e promissora do polímero modificado.

### 3.2 Caracterização da Quitosana Carboximetilada por FT-IR:

Análises comparativas entre os modos de vibração obtidos por espectroscopia de infravermelho dos polímeros QUI e CMQ são evidenciados na Figura 3. Os espectros de QUI e CMQ evidenciaram que o polissacarídeo modificado apresentou as bandas relacionadas às carbonilas de grupos carboxilas entre 1750 – 1700  $\text{cm}^{-1}$ , referindo-se a grupos acetato ou piruvato, e em 1610  $\text{cm}^{-1}$  indicativo de grupos carboxilatos (DARZI, *et al.*, 2012). A banda que surge em 1399,52  $\text{cm}^{-1}$  de intensidade moderada na CMQ, refere-se de forma condensada, e consequentemente em maior concentração, ao estiramento C-O e flexão O-H de ácidos carboxílicos em torno de 1440 – 1320  $\text{cm}^{-1}$ . Tal banda envolve alguma interação entre o estiramento de C-O e o dobramento de C-O-H no plano. Essas características são evidentes na região de 1274, 56  $\text{cm}^{-1}$  na análise realizada.

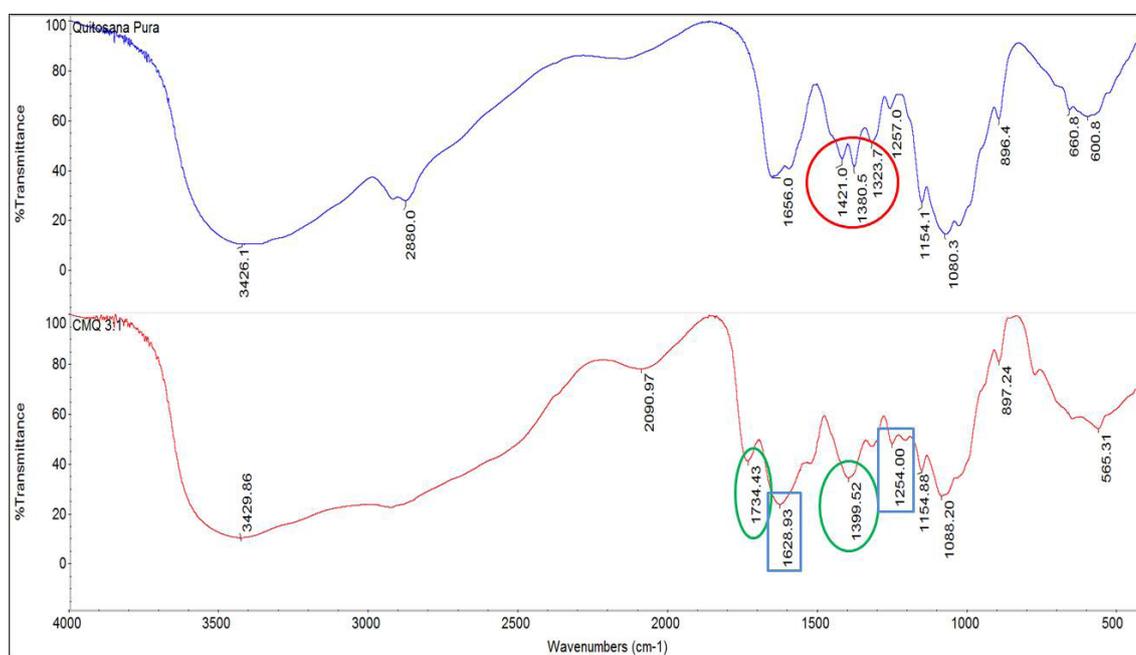


Figura 3: Análise FT-IR comparativa de quitosana (azul) e Carboxi-metil-quitosana (vermelha)

### 3.3 Análise de sedimentação das emulsões

O ensaio de estabilidade das emulsões foi realizado através da adição de cada tipo de emulsão em tubos herméticos e observados quando da formação

de precipitados, alteração de cor ou formação de sobrenadante por até 90 dias. Observa-se que as emulsões apresentaram coloração translúcida, como mostra a Figura 4. A relação de volume sedimentado em % com a evolução do tempo consta na Figura 5.

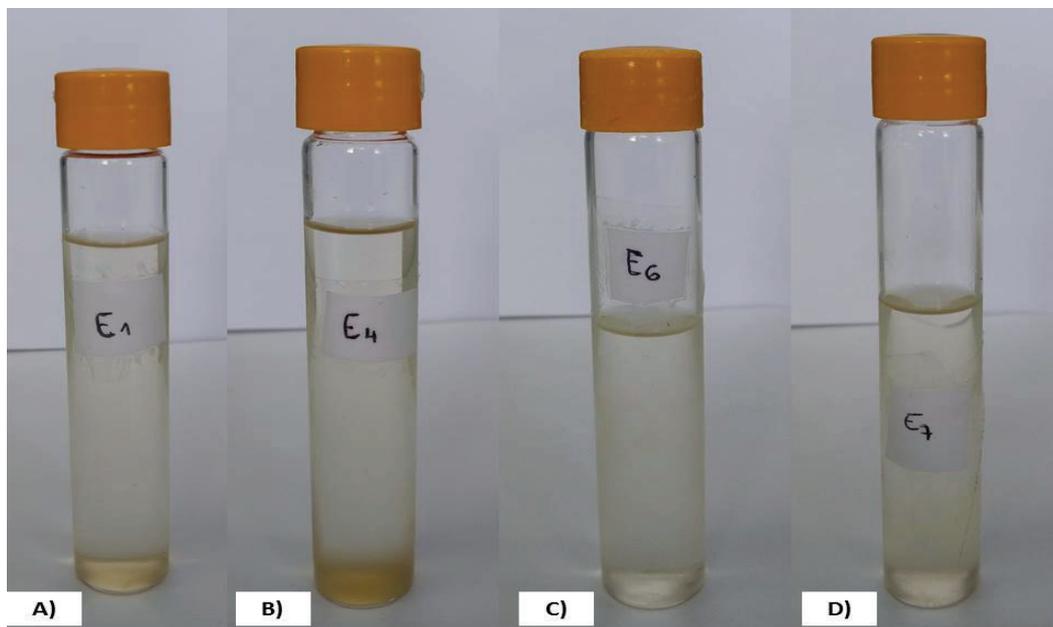


Figura 4: Análise do volume de sedimentação das emulsões. Legenda: A) Emulsão 1; B) Emulsão 2; C) Emulsão 3; D) Emulsão 4

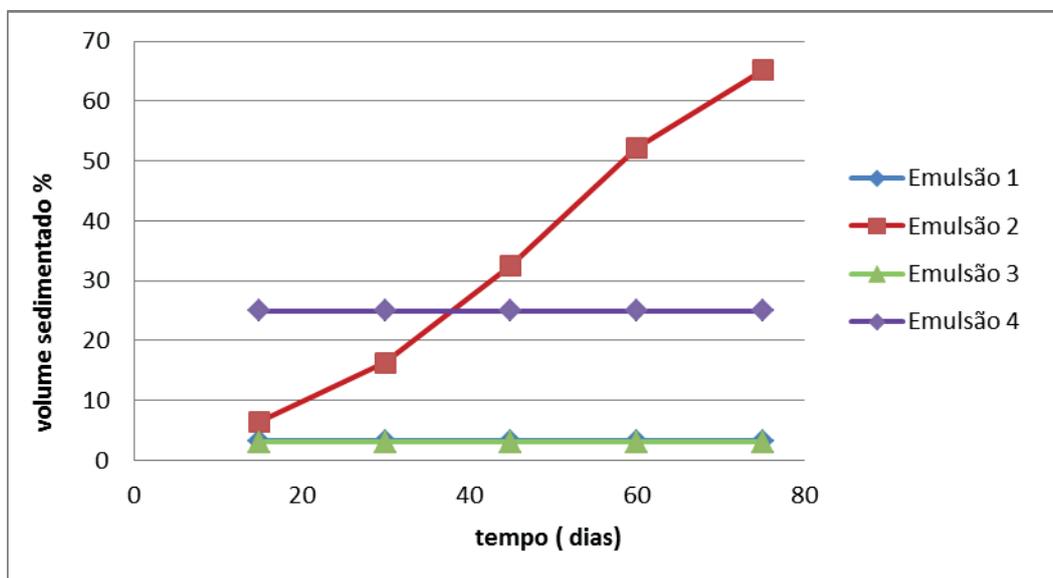


Figura 5: Valores de volume de sedimentação (%) em função do tempo para as emulsões

A estabilidade das emulsões é orientada por diversas forças, como a formação de barreiras mecânicas, entre as gotículas de óleo e a fase aquosa, formada pelos emulsificantes, e as forças de repulsão eletrostática entre as gotículas. Quando uma destas forças é rompida, a tendência final do sistema é separar completamente a fase oleosa da aquosa, com diversos estágios de não estabilização intermediários como a coalescência, onde se tem a união das mesmas em gotas maiores até a

completa separação de fases sendo visível ao olho nu (BRUXEL, *et al.*, 2012).

A emulsão 4 (E4) caracterizou-se por apresentar instabilidade na sua formação, pois desde o princípio houve a separação das fases oleosa e aquosa e formação de corpos de fundo. Diante dos resultados obtidos neste trabalho, verificou-se que as emulsões 1 e 3 (E1 e E3) apresentaram maior estabilidade frente das demais emulsões realizadas, visto que resultaram em uma menor formação de sedimentos.

### 3.4 Análise do Potencial Hidrogeniônico (pH) das emulsões

Os potenciais hidrogeniônico das emulsões foram avaliados em função dos valores de pHs obtidos no período analisado. A Tabela 2 abaixo mostra os resultados oriundos das análises do potencial hidrogeniônico diante da variação do pH das emulsões em função do tempo de análise:

Dias	Emulsão 1	Emulsão 2	Emulsão 3	Emulsão 4
15	2,9 ± 0,03	3,0 ± 0,02	3,4 ± 0,01	3,6 ± 0,01
30	3,3 ± 0,01	3,3 ± 0,01	3,7 ± 0,01	3,8 ± 0,05
45	3,0 ± 0,01	3,0 ± 0,02	3,5 ± 0,02	3,6 ± 0,01
60	2,8 ± 0,01	3,0 ± 0,01	3,3 ± 0,02	3,4 ± 0,02
75	3,0 ± 0,01	3,3 ± 0,01	3,7 ± 0,01	3,7 ± 0,01

Tabela 2: Valores do pH das emulsões em função dos dias do ensaio.

O valor do pH é um parâmetro de monitoramento da estabilidade em emulsões. O pH de uma formulação deve garantir a estabilidade dos ingredientes da formulação, sua eficácia e segurança (BRASIL, 2004), bem como ser compatível com os fluidos biológicos de acordo com a via de administração pretendida (FRANGE, *et al.*, 2010). A maior estabilidade dos sistemas dá-se quando estes são mantidos dentro de uma pequena variação de pH. Desta forma, a diminuição progressiva da estabilidade dá-se quando o pH se afasta de seu limite ótimo (GENNARO, 1999). Tais alterações no valor do pH, indicam a ocorrência de reações químicas ou crescimento bacteriano, que podem comprometer a qualidade do produto final (CAMARGO, 2008).

Neste trabalho, observou-se valores de pH indicando a acidez, com valores entre 3,0 – 3,8, até o fim da análise, em aumento gradual. A baixa oscilação dos valores dentro de cada tipo de emulsão é uma indicação de estabilidade. Porém, destaca-se emulsões E3 e E4, pois apresentaram os maiores valores médios e com menor oscilação de pH, conseqüentemente as que obtiveram menores interferentes químicos.

### 3.5 Análise de Microscopia Óptica

As emulsões foram analisadas, após 30 e 90 dias que foram preparadas, conforme ilustrado pela Figura 6.

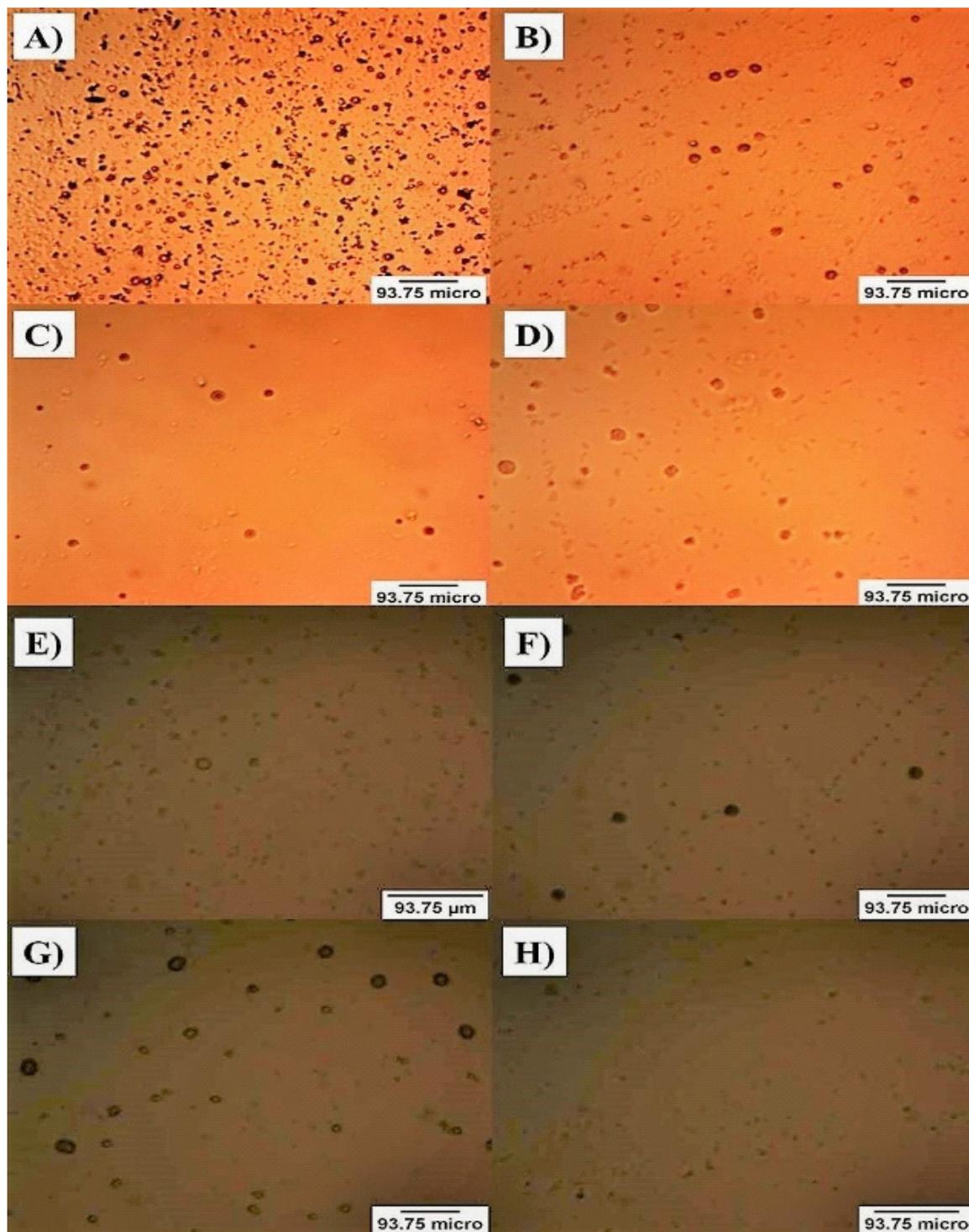


Figura 6: Análise de microscopia óptica após 30 dias e após 90 dias de preparação das emulsões: A) e E) Emulsão 1; B) e F) Emulsão 2; C) e G) Emulsão 3; D) e H) Emulsão 4.

Em geral, as emulsões apresentaram morfologia esférica condizente com a formação de micelas. Comparando a morfologia após 30 e 90 dias da formação da emulsão, pode-se dizer que na E3 houve a junção de micelas pequenas com

a formação de micelas maiores por coalescência (Fig.6 (C) e (G)); Já a emulsão 4 (E4) apresentou após 90 dias possível rompimento da micela com conseqüente quebra da emulsão (Fig.6 (D) e (H));. As emulsões 1 e 2 (E1 e E2) apresentaram a manutenção dos domínios das micelas no intervalo dos dias analisados indicando a estabilidade destes sistemas.

Os diâmetros das micelas foram medidos usando o programa Image J destinado a processamento de imagens para cada emulsão realizada, como mostra a Tabela 3 abaixo:

	Diâmetro médio 30 dias		Diâmetro médio 90 dias	
	Média ( $\mu\text{m}$ )	Desvio Padrão	Média ( $\mu\text{m}$ )	Desvio Padrão
<b>Emulsão 1</b>	72,21	$\pm 19,70$	72,44	$\pm 1,03$
<b>Emulsão 2</b>	83,15	$\pm 17,27$	83,67	$\pm 6,37$
<b>Emulsão 3</b>	63,47	$\pm 16,15$	63,54	$\pm 9,65$
<b>Emulsão 4</b>	85,32	$\pm 17,44$	-	

Tabela 3: Microscopia óptica das emulsões após 30 dias e 90 dias.

A determinação do diâmetro de gotícula e de sua distribuição é uma análise fundamental nas emulsões, em que os limites de diâmetro são relacionados à segurança de uso da formulação bem como à estabilidade do sistema. O diâmetro é influenciado pela a composição qualitativa e quantitativa das formulações e pelo método de preparo utilizado. Em geral, emulsões contendo as menores variações de diâmetros tendem a ser fisicamente mais estáveis. A composição da interface bem como a quantidade de tensoativos também tem demonstrado a influência nesta característica (BRUXEL, *et al.*, 2012).

Diante dos resultados obtidos, observa-se que as emulsões E1, E2 e E3 apresentaram maior estabilidade, pois apresentaram pouca oscilação de tamanho de partícula.

### 3.6 Eficiência de encapsulamento e Cinética de liberação in vitro em água destilada pH 7

A eficiência de encapsulamento das emulsões consta na Tabela 4. Observa-se que nas emulsões E2 e E3 obteve-se respectivamente 69,1% e 63,8% de Encapsulamento, enquanto as emulsões E1 e E4 produzidas apresentaram 44,5% e 57,5%, respectivamente. Sabendo que é mais desejável obter uma emulsão com maior EE para uso em sistemas de liberação controlada, aliando-se com a estabilidade do sistema evidenciada pela análise de sedimentação e pH, elegeu-se

as emulsões 1 e 3 para o ensaio de cinética de liberação *in vitro*.

	Emulsão 1	Emulsão 2	Emulsão 3	Emulsão 4
<b>Encapsulamento</b>	44,5 %	69,1%	63,8%	57,5%

Tabela 4: Grau de encapsulamento das emulsões produzidas

### 3.7 Cinética de liberação *in vitro* em água destilada pH 7

O estudo do perfil de liberação *in vitro* fornece informações fundamentais a respeito dos processos físico-químicos e dos mecanismos que influenciam a taxa de liberação de fármacos. Foi feito o ensaio de liberação *in vitro* para as emulsões 1 (CMQ 0,5% e T20) e 3 (QUI 0,5%, T80) a fim de verificar se a liberação do OECw ocorre em intervalos regulares. A curva de liberação consta na Figura 7.

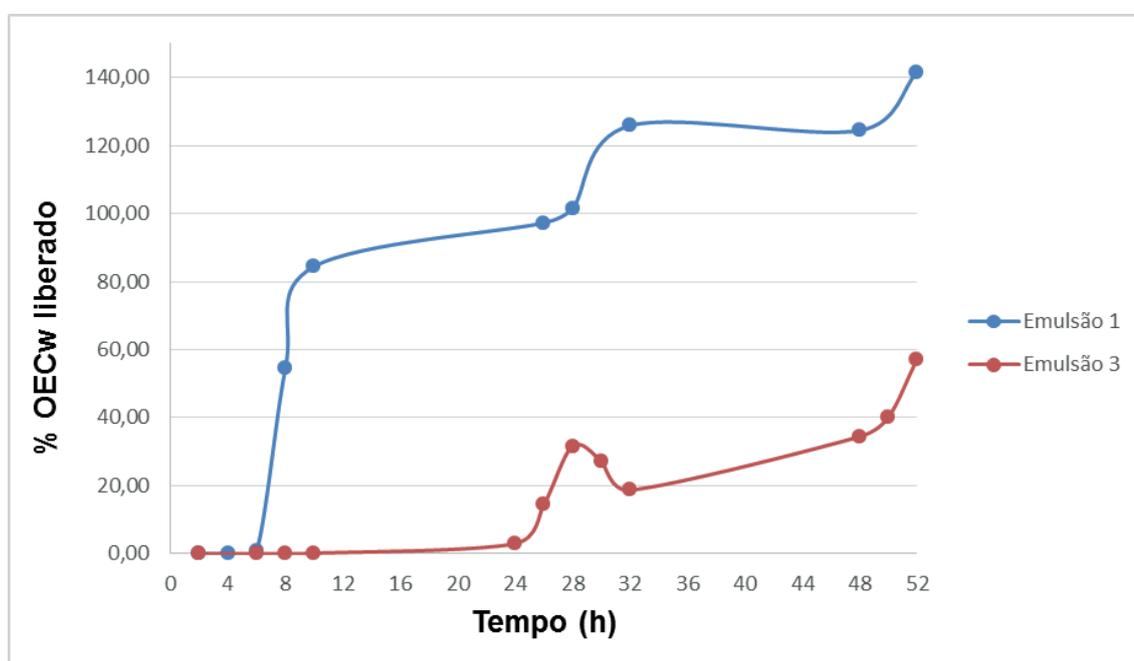


Figura 7: Curva de liberação *in vitro* do OECw das emulsões 1 e 3.

Avaliou-se o perfil de liberação de OECw em água destilada pH 7,0 simulando *in vitro* o pH do meio intestinal, uma vez que o princípio ativo tem atividade nematicida. Observa-se que a emulsão E1 liberou 50% do princípio ativo após 7h de ensaio e 100% após 28h de ensaio, atingindo 120% de liberação após 40h, indicando que o percentual de encapsulamento deve ser ainda maior do que o medido nas condições de teste. Por outro lado, a emulsão E3 só apresentou liberação de 40% de óleo após 28h de ensaio e atingiu 70% de liberação após 52h. Essa diferença no perfil das emulsões indica claramente que as condições de formação da emulsão são fundamentais para o estabelecimento de diferentes perfis de liberação. Uma vez que o óleo é apolar, e partículas têm características mais hidrossolúveis, o

papel do surfactante pode ser fundamental para reter o óleo por meio de interações hidrofóbicas dentro das estruturas das partículas e ocasionar não somente uma maior eficiência de encapsulamento, mas também leva a um perfil de liberação mais prolongado.

#### 4 | CONCLUSÃO

À frente de tais resultados conclui-se que o desenvolvimento de emulsões de maior estabilidade e de menor tamanho de partícula, mais favorável para utilização terapêutica para fins veterinários ou médicos, ocorreu especialmente nas emulsões E1 e E3, onde os sistemas foram produzidos na velocidade de 15000 rpm, indicando que uma velocidade mais amena conduz a formação de uma emulsão mais estável. A Carboximetil-quitosana, de natureza mais hidrofílica, formou uma emulsão mais estável com o surfactante T20, que tem uma porção hidrofóbica reduzida. Por outro lado, a quitosana formou emulsão mais estável com o Surfactante T80. Quanto ao encapsulamento, observou-se que o uso do T80 é determinante para assegurar a retenção do óleo no interior das micelas, mantendo um alto grau de encapsulamento mesmo após 30 dias de sua produção, assegurando a sua estabilidade. A cinética de liberação demonstrou que dependendo do tipo de surfactante usado na formação da emulsão houve diferença no perfil de liberação. A emulsão E1, contendo T20, promoveu um perfil de liberação moderado, concluindo a liberação após maior 32h, enquanto a emulsão E3 liberou de forma mais controlada, atingindo 60% de liberação após 52h. Os dois perfis, embora distintos, podem ser adequados para aplicação em sistemas de liberação controlada de finalidade antimicrobiana. Futuros estudos serão realizados a fim de verificar a atividade antimicrobiana de tais emulsões para proposição de um fármaco alternativo aos antibióticos convencionais.

#### REFERÊNCIAS:

ASSIS, L. M. DE; ZAVAREZE, E. DA R.; HERNÁNDEZ, C. P.; SOARES, L. A. DE S. Review: Characteristics of nanoparticles and their potential applications in foods. **Braz. J. Food Technol**, v. 15, n. 2, p. 99-109, 2012.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BORGOGNONI, C. F.; POLAKIEWICZ, B.; PITOMBO, R. N. de M. Estabilidade de emulsões de d-limoneno em quitosana modificada. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 26, n. 3, p. 502-508, 2006.

BRANNON-PEPPAS, L. Controlled Release in the Food and Cosmetics Industries. **Polymeric Delivery Systems**, cap. 3, p. 42-52, 1993.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - A review.

**International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223-253, 2004.

CAMARGO, M.F.P., **Desenvolvimento de nanoemulsão à base de óleo de maracujá (*Passiflora edulis*) e óleo essencial de lavanda (*Lavandula officinalis*) e avaliação da atividade anti-inflamatória tópica**. Dissertação (Mestrado em Medicamentos e Cosméticos), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

DARZI, H. H.; LARIMI, S. G.; DARZI, G. N. **SYNTH. MET.**, v.162, p.236, 2012.

FRANGE, R. C. C.; GARCIA, M. T. J. Desenvolvimento de emulsões óleo de oliva/água: avaliação da estabilidade física. **Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl.**, v. 30, n. 3, p.263-271, 2010.

GENNARO A. R. Remington: **A ciência e a prática da farmácia**. 20.ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; p.2208, 1999.

LIN, Y. H.; CHIOU, S. F.; LAI, C. H.; TSAI, S. C.; CHOU, C. W.; PENG, S. F.; He, Z. S. Formulation and evaluation of water-in-oil amoxicillin-loaded nanoemulsions using for *Helicobacter pylori* eradication. **Process Biochem.** v.47, p.1469-1478, 2012.

LUO, Y.; TENG, Z.; WANG, Q. Development of Zein Nanoparticles Coated with Carboxymethyl Chitosan for Encapsulation and Controlled Release of Vitamin D3. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 3, p. 836- 843, 2012.

MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais—Guia de seleção e emprego de plantas medicinais do Nordeste do Brasil**, 3rd edn. Editora UFC, 2007.

PANG, H. T.; CHEN, X. G.; PARK, H. J.; CHA, D. S.; KENNEDY, J. F. Preparation and rheological properties of deoxycholate-chitosan and carboxymethyl-chitosan in a aqueous systems. **Carbohydr. Polym.**, v. 69, p. 419-425, 2007.

SAAD, N. Y.; MULLER, C. D. & LOBSTEIN, A. Major bioactivities and mechanism of action of essential oils and their components. **Flavour and Fragrance Journal**, v.28, n. 5, p.269-279, 2013.

SILVEIRA, S. M. Da; CUNHA Jr., A.; SCHEUERMANN, G. N.; SECCHI, F. L.; VERRUCK, S.; KROHN, M.; VIEIRA, C. R. W. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Eucalyptus paniculata* (eucalipto) e *Lavandula angustifolia* (lavanda). **Rev Inst Adolfo Lutz.**; v.71, n.3, p.471-80, 2012.

SINGH, G.; MAURYA, S.; LAMPASONA, M. P. DE; CATALAN, C. A. N. A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. **Food and Chemical Toxicology**, v. 45, n. 09, p. 1650-1661, 2007.

## DETERMINAÇÃO DE CÁDMIO, COBALTO E NÍQUEL EM AMOSTRAS DE ALFACE APÓS PRÉ CONCENTRAÇÃO COM MICROEXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO DISPERSIVA COM SOLIDIFICAÇÃO DA GOTA ORGÂNICA SUSPensa (DLLME-SFO)

Data de aceite: 27/03/2020

### Dilaine Suellen Caires Neves

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Laboratório de Química Analítica (LQA), Campus  
de Jequié, Jequié - Bahia

### Valfredo Azevedo Lemos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Laboratório de Química Analítica (LQA), Campus  
de Jequié, Jequié - Bahia

### Marcos de Almeida Bezerra

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Laboratório de Química Analítica (LQA), Campus  
de Jequié, Jequié - Bahia

### Rosivan dos Santos de Assis

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Laboratório de Química Analítica (LQA), Campus  
de Jequié, Jequié - Bahia

**RESUMO:** Neste trabalho, é proposto um procedimento de pré-concentração baseado na microextração dispersiva com solidificação da gota orgânica suspensa (DLLME-SFO) para determinação de cádmio (Cd), cobalto (Co) e níquel (Ni). O reagente TAN foi utilizado como complexante, acetona como solvente dispersor e 1-undecanol como agente orgânico extrator. Na microextração dispersiva líquido-líquido com solidificação da gota suspensa, é utilizada uma mistura contendo um solvente dispersor,

um solvente extrator e um reagente quelante. Quando a mistura é injetada na amostra, a solução turvará, e, então, os componentes serão extraídos pelo solvente orgânico. Após centrifugação, o solvente formará uma gota acima da fase aquosa. Nesta etapa, o sistema será mantido em um banho de gelo, que viabilizará o congelamento da gota, facilitando a sua separação da fase aquosa. Em seguida, a gota é diluída com 100  $\mu\text{L}$  de uma solução de ácido nítrico em etanol e, então é promovida a detecção dos componentes por espectrometria de absorção atômica com chama. Após otimização das variáveis envolvidas no processo, os fatores de enriquecimento encontrados foram 21 (Cd), 22 (Co) e 23 (Ni), e os limites de detecção foram 0,4 (Cd), 0,8 (Co) e 0,6 (Ni)  $\text{mg L}^{-1}$ . A exatidão do método foi testada avaliando-se as amostras certificadas de folhas de maçã (NIST 1515) e de folhas de tomate (NIST 1573). O método foi aplicado à determinação de cádmio, cobalto e níquel em amostras de alface.

**PALAVRAS-CHAVE:** microextração, cádmio, cobalto, níquel, DLLME-SFO

DETERMINATION OF CADMIUM, COBALT,  
AND NICKEL IN LETTUCE SAMPLES AFTER

## PRECONCENTRATION WITH DISPERSIVE LIQUID-LIQUID MICROEXTRACTION WITH SOLIDIFICATION OF THE SUSPENDED FLOATING ORGANIC DROP (DLLME-SFO)

**ABSTRACT:** In this work, a preconcentration procedure based on dispersive microextraction with solidification of the suspended organic drop (DLLME-SFO) is proposed for the determination of cadmium (Cd), cobalt (Co) and nickel (Ni). The TAN reagent was used as a complexing agent, acetone as a dispersing solvent, and 1-undecanol as an organic extracting agent. In liquid-liquid dispersive microextraction with solidification of the suspended drop, a mixture containing a dispersing solvent, an extracting solvent, and a chelating reagent is used. When the mixture is injected into the sample, the solution will become cloudy, and then the components will be extracted by the organic solvent. After centrifugation, the solvent will form a drop above the aqueous phase. In this step, the system will be kept in an ice bath, which will allow the drop to freezing, facilitating its separation from the aqueous phase. Then, the drop is diluted with 100  $\mu\text{L}$  of a solution of nitric acid in ethanol, and then the detection of the components is promoted by flame atomic absorption spectrometry. After optimization of the variables involved in the process, the enrichment factors found were 21 (Cd), 22 (Co), and 23 (Ni), and the detection limits were 0.4 (Cd), 0.8 (Co), and 0.6 (Ni)  $\text{mg L}^{-1}$ . The accuracy of the method was tested by evaluating certified samples of apple leaves (NIST 1515) and tomato leaves (NIST 1573). The method was applied to the determination of cadmium, cobalt, and nickel in lettuce samples.

**KEYWORDS:** microextraction, cadmium, cobalt, nickel, DLLME-SFO

### INTRODUÇÃO

A determinação de elementos tóxicos em diversas matrizes tem sido amplamente estudada, pois devido a ações humanas, os níveis de contaminação por estes elementos tem sido crescente e preocupante. Cádmio, cobalto e níquel são exemplos de elementos altamente prejudiciais a saúde e ao ambiente. O uso de aditivos, com o objetivo de prevenir pragas e melhorar a produção agrícola podem ser uma importante fonte de contaminação por elementos tóxicos. Fertilizantes podem conter estas substâncias na sua composição, provenientes da adição na fabricação industrial, ou da combinação com outros elementos na rocha de origem. Estes elementos, uma vez no solo podem ser persistentes, pois possuem baixa mobilidade e podem ser rapidamente absorvidos pelas plantas, ingressando na cadeia alimentar [1].

Cádmio não é encontrado de forma natural no organismo, pois não possui nenhuma essencialidade. É usado em indústrias de pigmentos e também como anticorrosivo de aço. Além disso, pode estar na natureza também devido a

ações antropogênicas [1]. Níquel é um elemento presente no ambiente devido a contaminação industrial. Solos agrícolas podem conter Ni entre 3 e 1000 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto os níveis naturais do metal variam entre 2,0 a 10,0 µg L<sup>-1</sup> em água doce e entre 0,2 a 0,7 µg L<sup>-1</sup> em água do mar [2]. Cobalto é um nutriente essencial que pode ser encontrado na natureza e em pequenas quantidades em mamíferos, incluindo o ser humano, sob a forma de cobalamina, que é um componente da vitamina B12. Este elemento é ingerido pelo ser humano normalmente através de alimentos, e é bastante utilizado em atividades industriais. Alguns de seus sais são também utilizados na indústria de pigmentos.

Alguns metais apresentam toxicidade, pois os seus respectivos cátions atraem biomoléculas presentes nos organismos com muita facilidade. Os metais apresentam diferentes níveis de toxicidade e essencialidade [3]. A determinação e o monitoramento deste contaminantes no ambiente é a melhor forma de reduzir a sua exposição e, conseqüentemente, os danos causados.

A alface é considerada um alimento saudável, de elevado consumo no mundo inteiro. Os teores de cádmio, cobalto e níquel neste tipo de amostra podem estar associados à presença destes elementos no solo de cultivo. O nível de contaminação depende das características do solo e da planta [4]. Níquel também pode estar associado à alface devido à sua presença em enzimas características de vegetais.

Metodologias para determinação de metais a quantidades-traço têm sido amplamente desenvolvidas nos laboratórios de pesquisa. A microextração líquido-líquido vem sendo muito utilizada, pois utiliza-se de uma pequena quantidade de solvente, contrariamente à extração líquido-líquido convencional. Na microextração, são utilizados microlitros de solvente [5, 6]. A microextração líquido-líquido com solidificação da gota orgânica flutuante (DLLME-SFO) é uma técnica com elevada aplicabilidade e que possui diversas vantagens como rapidez, facilidade de operação, uso de pequenas quantidades de solvente e bons resultados de fatores de enriquecimento [7].

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia baseada em DLLME-SFO para a determinação de cádmio, cobalto e níquel por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS). Os parâmetros analíticos envolvidos na determinação foram estudados, e o método foi aplicado à determinação dos elementos em amostras de alface.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Reagentes

Todos os reagentes utilizados foram de padrão analítico. Foram utilizadas

soluções estoque a  $1000 \text{ mg mL}^{-1}$  (Fluka) de Co(II), Cd(II) e Ni(II), respectivamente, no preparo de soluções mais diluídas dos elementos. Soluções do reagente quelante 1-2-tiazolizazo-2-naftol (Sigma Aldrich) foram preparadas pela dissolução de quantidades apropriadas de TAN em etanol. O solvente extrator 1-undecanol (Sigma Aldrich) e solvente dispersor acetona P.A (Vetec) também foram utilizados. Outros reagentes utilizados foram cloreto de sódio (Carlo Erba), ácido nítrico (Synth), ácido clorídrico (Vetec), hidróxido de sódio (F.Maia), peróxido de hidrogênio (Vetec) e etanol (Merck). A vidraria utilizada foi mantida em solução de ácido nítrico a 5,0% (m/v) por 24 horas para descontaminação e depois lavada com água deionizada.

## INSTRUMENTAÇÃO

Água desionizada obtida através de um destilador Quimis modelo Q-341-22 foi utilizada no preparo das soluções. Uma centrífuga Quimis, modelo BE-5000 foi utilizada para acelerar a separação entre as fases. O ajuste de pH do meio de separação foi realizado utilizando-se um medidor de pH Quimis (G400AS). Um espectrômetro de absorção atômica com chama Perkin Elmer, modelo AAnalyst 200, equipado com chama de ar-acetileno, foi empregado na detecção dos elementos. Lâmpadas de cátodo oco de cádmio, cobalto e níquel foram operadas a comprimentos de onda de 228,8, 240,7 e 231,1 nm, respectivamente. Bombas de digestão ácida Parr modelo 4781 foram utilizadas no preparo das amostras de alface e do material de referência certificado.

## PREPARO DAS AMOSTRAS

Amostras de alface obtidas em feiras-livres foram secas em estufa durante 3,0 h a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . O material de referência certificado folhas de tomateiro (1573a) foi adquirido do National Institute of Standards and Technology (Gaithersburg, MD, USA). Cada amostra sólida foi pesada (0,1 g) e transferida para o recipiente de politetrafluoroetileno (PTFE) de bombas de digestão ácida. Então, 1,5 mL de ácido nítrico concentrado e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio foram adicionados. A armadura metálica da bomba foi fechada o sistema foi mantido em estufa durante 4,0 h a  $110^\circ\text{C}$ . Após resfriamento à temperatura ambiente, o pH das amostras digeridas foi ajustado para 2,0 com uma solução de hidróxido de sódio a  $2,0 \text{ mol L}^{-1}$ . Então, o líquido foi transferido para balões volumétrico de 25mL, e o volume foi completado com água desionizada ultrapura. A solução foi submetida ao procedimento de microextração descrito na seção seguinte.

## PROCEDIMENTO

Uma alíquota de 10,0 mL de soluções contendo Cd ( $10,0 \mu\text{g L}^{-1}$ ), Co ( $100,0 \mu\text{g L}^{-1}$ ) ou Ni ( $100,0 \mu\text{g L}^{-1}$ ) foi transferida para tubos de ensaio. Em seguida, foram injetados em cada solução, 600,0  $\mu\text{L}$  de uma mistura contendo 50,0  $\mu\text{L}$  de undecanol, 50,0  $\mu\text{L}$  de solução de TAN e 500,0  $\mu\text{L}$  de acetona. Após a injeção, a mistura turva foi submetida à centrifugação durante 3,0 min. Então, o sistema foi mantido em banho de gelo até o congelamento da fase enriquecida e formação da gota suspensa. A gota foi retirada do tubo com auxílio de um bastão de vidro e dissolvida em 100,0  $\mu\text{L}$  de uma mistura de ácido nítrico em etanol. A mistura final foi submetida à detecção do respectivo elemento por espectrometria de absorção atômica com chama. Este procedimento foi aplicado para a pré-concentração de cádmio, cobalto e níquel separadamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A otimização de algumas condições experimentais foi realizada, com o objetivo de extrair a quantidade máxima de cada elemento. Soluções de Cd, Co ou Ni a 10,0, 100,0 e 100,0  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente, foram utilizadas nestes experimentos. A quantidade extraída,  $E(\%) = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100$  de cada elemento foi calculada empregando-se a expressão, onde  $C_0$  e  $C$  são a concentração inicial e final de cada elemento, respectivamente.

## ESTUDO DO PH

O primeiro parâmetro a ser otimizado foi o pH da solução para verificação do valor que viabilizará maior extração dos elementos estudados. O pH tem grande influência na complexação pois é responsável por controlar as interações que irão ocorrer entre os íons metálicos e o TAN.

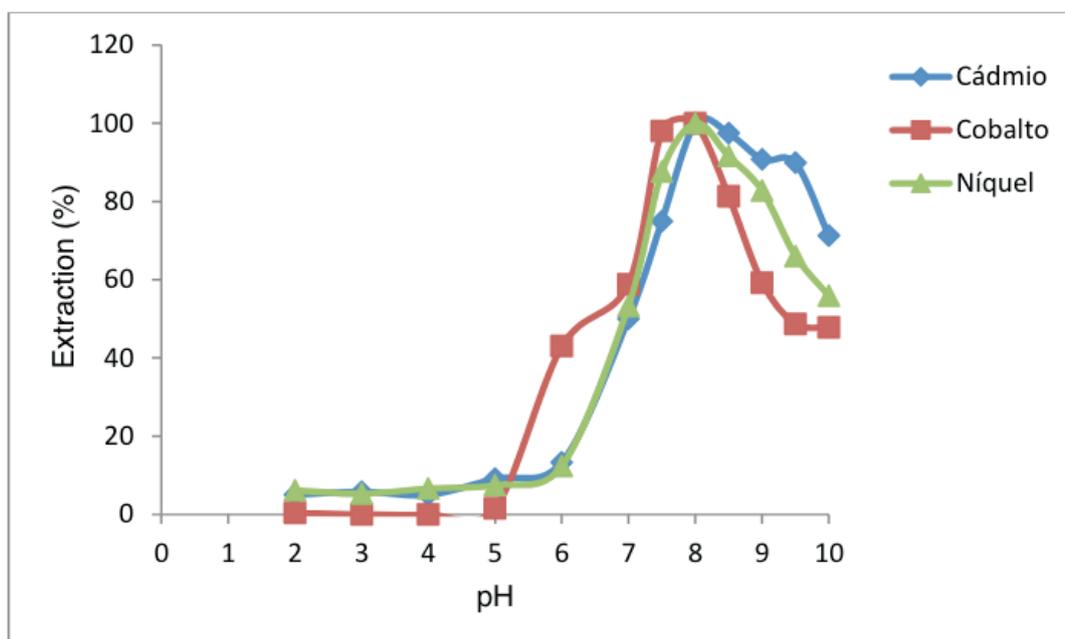


Figura 1 – Estudo do pH para a complexação de cádmio, cobalto e níquel na DLLME-SFO.

O estudo do pH foi realizado, variando-se este parâmetro entre 2,0 a 10,0. Os resultados apresentados na Figura 1 permitem observar que a maior extração ocorreu no pH 8,0, para todos os metais estudados. Desta forma, este foi o valor de pH usado para a realização de todos os estudos seguintes.

### VOLUME DA SOLUÇÃO DO ELEMENTO

Volumes de soluções de cádmio, cobalto e níquel na faixa de 2,0 a 15,0 mL foram estudados. De acordo com os resultados observados na Figura 2, a maior eficiência de extração ocorreu quando um volume de 10,0 mL foi utilizado, para todos os elementos. Todos os experimentos seguintes foram feitos utilizando este valor de volume.

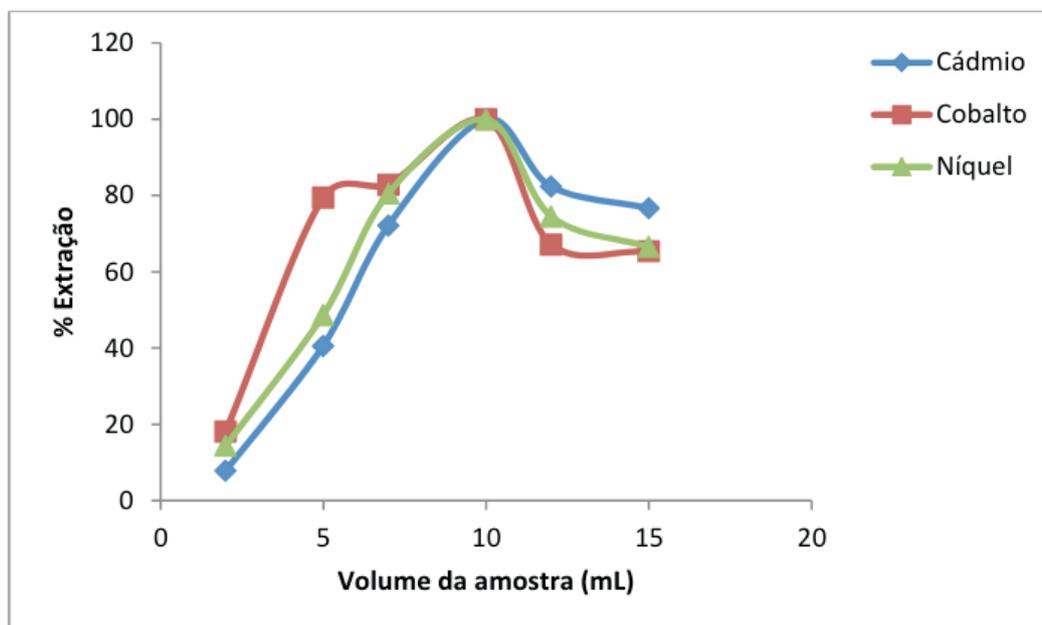


Figura 2. Estudo do volume das soluções de cádmio, cobalto e níquel na DLLME-SFO.

### QUANTIDADE DO AGENTE QUELANTE

A concentração das soluções do agente quelante TAN foi estudada, pois este reagente possui sítios ativos que serão responsáveis por complexar os cátions metálicos e possibilitar a pré concentração e detecção dos elementos. A concentração das soluções foi variada na faixa entre  $2,5 \cdot 10^{-3}$  a  $1,0 \cdot 10^{-1}$  % (m/v). Os melhores resultados (Figura 3) foram obtidos quando uma solução de TAN a  $7,5 \cdot 10^{-2}$  % (m/v) foi utilizada.

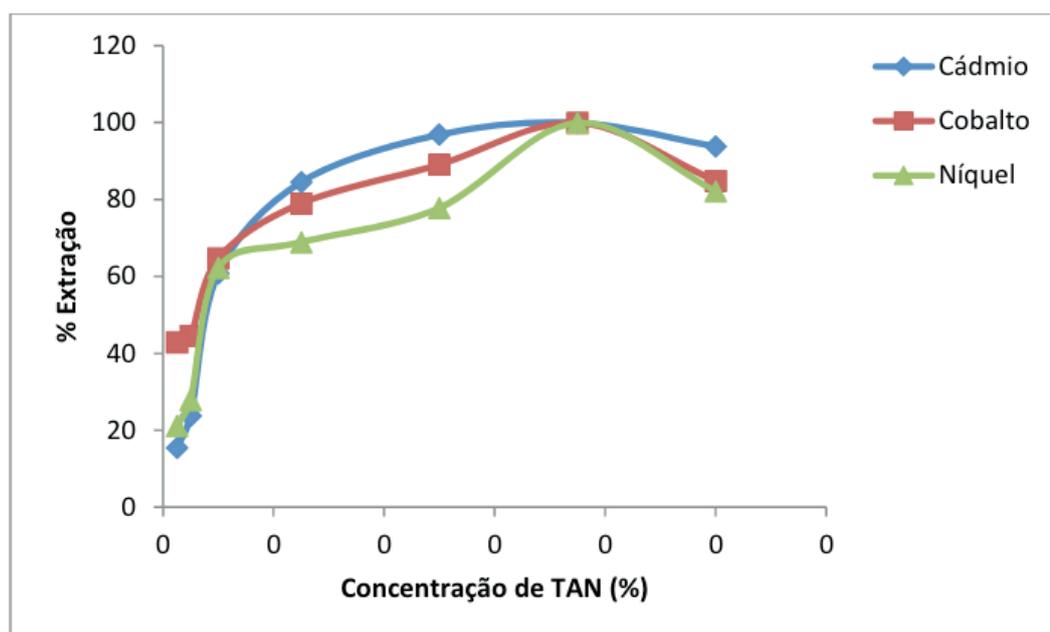


Figura 3. Estudo da concentração de TAN na DLLME-SFO.

## QUANTIDADES DE SOLVENTE EXTRATOR E DISPERSOR

A escolha do solvente extrator deve estar de acordo com o método de microextração. No caso da DLLME-SFO, a densidade do solvente deve ser inferior àquela da água, pois a gota da fase enriquecida deve flutuar na fase aquosa, para facilitar a remoção. Também deve ser levado em consideração que o solvente extrator é imiscível em meio aquoso e miscível no solvente dispersor, para que haja uma dispersão eficiente. Além disso, o solvente extrator, deve apresentar ponto de fusão entre 10 a 30 °C, para facilitar as etapas de congelamento e descongelamento. Avaliando todas estas características, o 1-undecanol, octanol e dodecanol foram testados, obtendo-se os melhores resultados com o primeiro. O solvente 1-undecanol foi, então, escolhido para os experimentos posteriores.

A quantidade do solvente 1-undecanol utilizado no procedimento de DLLME-SFO foi estudado variando-se o volume entre 25,0 a 150,0  $\mu\text{L}$ . Quando volumes de 25,0  $\mu\text{L}$  foram utilizados, a extração não foi eficiente, pois a gota formada foi muito pequena, sendo insuficiente para extração e dificultando a sua retirada o que provavelmente ocasionou perda dos elementos. De acordo com os resultados mostrados na Figura 4, o volume de 50,0  $\mu\text{L}$  proporcionou as maiores quantidades extraídas. Este volume foi, então, utilizado em todos os experimentos posteriores.

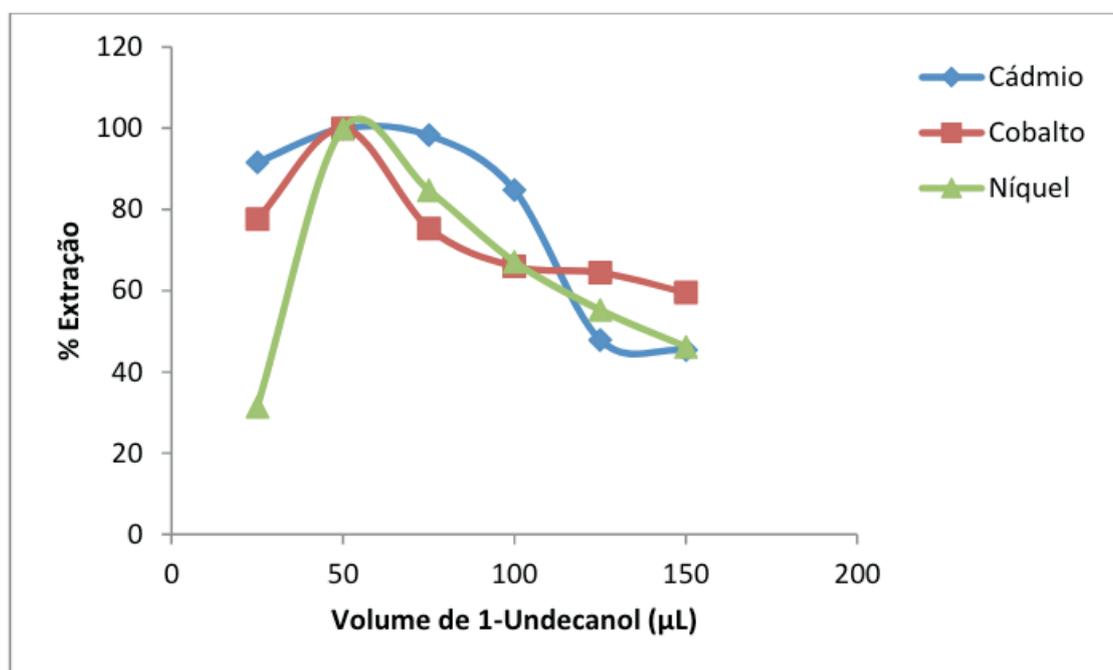


Figura 4. Estudo da quantidade do solvente extrator na DLLME-SFO.

O solvente dispersor deve ser a miscível tanto em água quanto no solvente extrator. De acordo com esta propriedade, foram testados acetona, metanol e etanol. Acetona foi o solvente que viabilizou as maiores quantidades extraídas. O estudo

do volume de acetona foi realizado variando-se as quantidades entre 0,25 até 3,00 mL, de acordo com a Figura 5. Os melhores resultados foram obtidos quando um volume de 0,50 mL de acetona foi utilizado. Este volume foi, então, empregado em todos os experimentos posteriores.

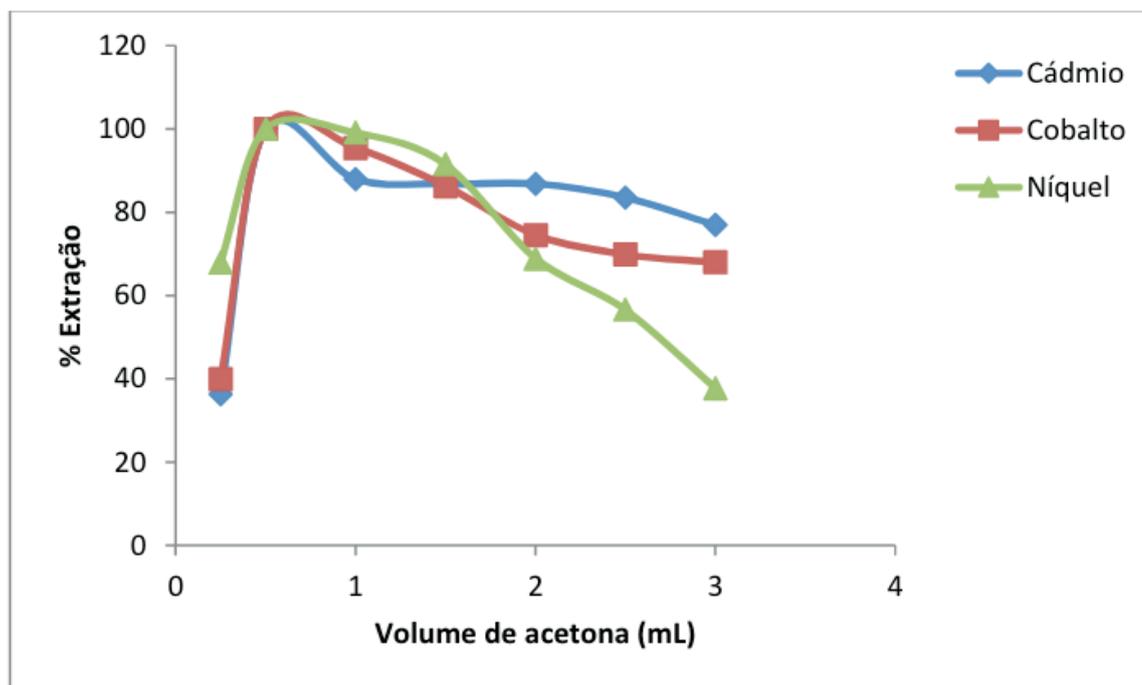


Figura 5. Estudo da quantidade do solvente dispersor na DLLME-SFO.

Analisando a figura pode ser verificado que o volume de 0,5mL de acetona foi o que melhor extraiu os metais níquel, cobalto e cádmio.

## SELETIVIDADE

O efeito de alguns íons foi estudado, com o objetivo de avaliar a concentração na qual estes íons podem interferir na pré-concentração dos elementos de interesse. A concentração dos interferentes foi variada até ocorrer interferência de  $\pm 10\%$  no sinal analítico. As concentrações das soluções de Cd, Co ou Ni empregadas neste estudo foram 10,0, 100,0 e 100,0  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente. Na Tabela 1 são apresentados os íons interferentes estudados e as concentrações nas quais ocorreu a interferência.

Espécie	Quantidade tolerável ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )		
	Cd	Co	Ni
$\text{Ca}^{2+}$	200	1000	5000
$\text{Mg}^{2+}$	500	1000	5000
$\text{Zn}^{2+}$	500	1000	1000
$\text{K}^{+}$	10000	10000	10000
$\text{Fe}^{2+}$	5000	5000	500
$\text{Pb}^{2+}$	500	200	500
$\text{Al}^{3+}$	5000	5000	5000
$\text{Na}^{+}$	10000	10000	10000
$\text{Cu}^{2+}$	500	1000	1000
$\text{NO}_3^{2-}$	10000	10000	10000
$\text{Cl}^{-}$	10000	10000	10000
$\text{CO}_3^{2-}$	200	1000	5000

Tabela 1 – Efeito de íons na pré-concentração de cádmio, cobalto e níquel

## CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS

A Tabela 2 apresenta as características analíticas do presente método com a finalidade de mostrar a eficiência do sistema proposto. O desempenho do método DLLME-SFO utilizado para a determinação de cádmio, cobalto e níquel foi avaliado calculando-se algumas seguintes figuras de mérito. O limite de detecção (LD) foi calculado utilizando-se a seguinte equação:  $3s_b/b$ , onde  $s_b$  é o desvio padrão de dez medidas do branco e  $b$  é a inclinação da curva analítica. Analogamente, a equação  $10s_b/b$  foi utilizada no cálculo do limite de quantificação (LQ). As equações das seções lineares foram obtidas através de curvas analíticas submetidas ao método proposto e à determinação direta de cada elemento no espectrômetro de absorção atômica com chama. O fator de enriquecimento (EF) foi obtido pelo quociente entre as inclinações das curvas analíticas obtidas pelo método proposto e por medida direta, respectivamente [8]. A precisão (rsd) foi expressa em termos do desvio-padrão relativo de sete medidas de soluções 10,0, 100,0 e 100,0  $\mu\text{g L}^{-1}$ , de cádmio, cobalto e níquel, respectivamente. O índice de consumo (CI), definido como o volume, em mL, consumido para a obtenção de uma unidade de EF foi calculado utilizando-se a equação  $\text{CI} = V(\text{mL})/\text{EF}$ , onde  $V$  é o volume da amostra, em mL [8].

Parâmetro		Cd	Co	Ni
LD ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )		0,4	0,4	0,6
LQ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )		1,3	1,3	2,0
EF		21	29	23
rsd (%)		5,8	4,0	4,9
Equação da curva analítica	DLLME-SFO	$A = 6,2 \times 10^{-3}C + 1,0 \times 10^{-4}$	$A = 2,6 \times 10^{-3}C + 1,1 \times 10^{-2}$	$A = 2,3 \times 10^{-3}C + 1,4 \times 10^{-2}$
	Medida direta	$A = 3,0 \times 10^{-4}C + 4,7 \times 10^{-3}$	$A = 9,0 \times 10^{-5}C + 5,0 \times 10^{-5}$	$A = 1,0 \times 10^{-4}C + 6,6 \times 10^{-3}$
CI (mL)		0,48	0,34	0,43

Tabela 2. Parâmetros analíticos do método. A: absorvância; C: concentração do elemento.

## APLICAÇÃO

A exatidão de um método representa o grau de concordância entre os resultados individuais encontrados em um determinado ensaio e um valor de referência aceito como verdadeiro. É de fundamental importância observar que um valor exato ou verdadeiro é o valor obtido por uma medição perfeita e este valor é indeterminado por natureza [9]. Para avaliar a exatidão, os processos mais utilizados são: análise de materiais de referência certificados; comparação de métodos; ensaios de adição e recuperação de analito. Neste trabalho, a exatidão foi avaliada através da análise do material de referência certificado folhas de tomateiro (NIST 1573<sup>a</sup>). Os resultados são mostrados na Tabela 3. O teste t mostrou que os resultados encontrados com a metodologia proposta não apresentaram diferenças significativas com os valores certificados para o nível de confiança de 95%.

Elemento	Quantidade ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	
	Certificada	Encontrada
Cd	$1,52 \pm 0,04$	$1,47 \pm 0,03$
Co	$0,57 \pm 0,02$	$0,58 \pm 0,04$
Ni	$1,59 \pm 0,07$	$1,63 \pm 0,09$

Tabela 2. Resultados para a determinação de cádmio, cobalto e níquel no material de referência certificado folhas de tomateiro (NIST 1573a)

A metodologia proposta foi aplicada para determinação dos metais em estudo em amostras de alface. Na tabela abaixo consta a quantidade de cada metal do estudo encontrado nas amostras de alface analisadas.

Elemento	Amostra	Quantidade (mg kg <sup>-1</sup> )		Recuperação (%)
		Adicionada	Encontrada	
1	Cd	0,0	< LD	97
		10,0	9,7 ± 0,1	
	Co	0,0	< LD	102
		10,0	10,2 ± 0,2	
	Ni	0,0	2,5 ± 0,2	96
		10,0	12,1 ± 0,4	
2	Cd	0,0	< LD	110
		10,0	11,0 ± 0,2	
	Co	0,0	< LD	106
		10,0	10,6 ± 0,4	
	Ni	0,0	3,7 ± 0,1	108
		10,0	14,5 ± 0,5	
3	Cd	0,0	< LD	98
		10,0	9,8 ± 0,2	
	Co	0,0	4,2 ± 0,1	109
		10,0	15,1 ± 0,6	
	Ni	0,0	3,8 ± 0,1	109
		10,0	14,7 ± 0,5	

Tabela 3. Resultados para a determinação de cádmio, cobalto e níquel em amostras de alface

## CONCLUSÃO

A metodologia proposta utilizando microextração dispersiva com solidificação da gota orgânica suspensa foi aplicada com sucesso à pré-concentração e determinação de cádmio, cobalto e níquel em amostras de alface, com detecção por FAAS. O método apresentou eficiência, rapidez, simplicidade, baixo custo e baixo consumo de reagentes e amostra. Deve-se destacar também a elevada tolerância a íons coexistentes. Assim, o bom desempenho analítico indica que este método se apresenta como uma boa alternativa para a determinação de cádmio, cobalto e níquel em outros tipos de amostras biológicas. Devido à significativa redução das

quantidades de solventes orgânicos utilizadas, em comparação com métodos de extração líquido-líquido tradicionais, o método proposto é fortemente concordante com os princípios da química verde.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Finance Code 001. Os autores agradecem também ao suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (303736/2014-3 and 461656/2014-0) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia.

## REFERÊNCIAS

1. da Silva, J.J.R.F. and J.A.L. da Silva, *A química inorgânica do cérebro: os elementos químicos eo sistema nervoso central*. 2008: Gradiva Publicações.
2. Poulik, Z. Influence of nickel contaminated soils on lettuce and tomatoes. *Scientia horticulturae*, v. 81, n. 3, p. 243-250, 1999. ISSN 0304-4238.
3. Benite, A.M.C., S.d.P. Machado, and E.J.d.L. Barreiro. Uma visão da química bioinorgânica medicinal. 2007. ISSN 0100-4042.
4. Pinto, E., et al. Changes in macrominerals, trace elements and pigments content during lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth: Influence of soil composition. *Food chemistry*, v. 152, p. 603-611, 2014. ISSN 0308-8146.
5. Rezaee, M., Y. Yamini, and M. Faraji. Evolution of dispersive liquid-liquid microextraction method. *Journal of Chromatography A*, v. 1217, n. 16, p. 2342-2357, 2010. ISSN 0021-9673.
6. Al-Saidi, H. and A.A. Emara. The recent developments in dispersive liquid-liquid microextraction for preconcentration and determination of inorganic analytes. *Journal of Saudi Chemical Society*, v. 18, n. 6, p. 745-761, 2014. ISSN 1319-6103.
7. Ying-Ying, W., et al. Developments in liquid-phase microextraction method based on solidification of floating organic drop. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, v. 38, n. 10, p. 1517-1522, 2010. ISSN 1872-2040.
8. Fang, Z., L. Dong, and S. Xu. Critical evaluation of the efficiency and synergistic effects of flow injection techniques for sensitivity enhancement in flame atomic absorption spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, v. 7, n. 2, p. 293-299, 1992. ISSN 1364-5544.
9. Skoog, D., et al. *Fundamentos de Química Analítica-Tradução da 8ª edição norte-americana*, ed. C. Learning, 2010.

## RADIAÇÃO X: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

Data de aceite: 27/03/2020

**Otávio Augusto Artifon Zanatta**

**RESUMO:** Buscando realizar o estudo da radiação X, desde suas descobertas até sua aplicação na medicina, realizou-se uma pesquisa bibliográfica deste tema. Para essa análise, foram feitas pesquisas em livros e artigos, estudando-se como ocorreu o surgimento destes raios, e a importância destes para os dias de hoje. Em base disso, entenderemos o porquê da necessidade de um profissional formado em Física estar presente em clínicas. Estudamos os conceitos e aplicações da radiação X e da radiologia, a importância e o avanço da medicina através destas descobertas, assim como ocorre a emissão da radiação e a interação da mesma com a matéria, o risco que podem trazer a quem está exposto a elas e suas consequências. Os raios X apresentam características e propriedades interessantes, por exemplo, em um exame comum de radiografia, no momento em que ocorre a interação dos raios X com as células humanas, podem ocorrer a alteração destas, causando lesões na região afetada, esta lesão pode ser percebida no momento da exposição aos raios, ou pode aparecer anos

após a exposição. Em suma, acredita-se que a aplicação das radiações ionizantes, quando usadas corretamente, podem prevenir futuros danos biológicos, mas seu mau uso pode causar problemas sérios a quem foi exposto a eles.

**PALAVRAS-CHAVE:** Raios X; Fótons; Elétrons.

### 1 | INTRODUÇÃO

A descoberta dos raios X foi de grande importância para a medicina, porém alguns meses após a descoberta dos raios X, ocorreram as primeiras lesões nas pessoas que foram submetidas à diagnósticos através destes raios. As lesões podem ser adquiridas minutos ou anos após a exposição aos raios, dependendo dos sintomas. Esses danos são os chamados efeitos biológicos, os quais são uma reação do organismo que foi exposto. Nem todos esses efeitos são danosos ao corpo, pois se a quantidade de lesões for pequena, o organismo pode recuperar-se dos danos.

Com intuito de conhecer a origem e aplicação dos raios X, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre este tema, que, quando descoberto, instigou muito os físicos,

os quais estavam entusiasmados em conhecer esses novos raios. Buscamos, conhecer qualitativamente e quantitativamente alguns aspectos e características desta radiação, compreendendo quais as faixas de energias ligadas a esse processo de produção de radiação, abordando cálculos de energia e comprimento de onda dos fótons, deduzindo equações, e obtendo resultados sobre a capacidade de penetração destes, em relação a número de fótons e intensidade destes.

Através da pesquisa teremos como objetivo compreender quais os tipos de produção dos raios X e os espectros que cada uma formam, entendendo como é formada uma imagem radiológica, através da interação dos elétrons com a matéria, investigando qual faixa de radiação pode prejudicar de maneira maior quem está sendo exposto a ela, e se há possibilidade de acarretar algum problema ao paciente e ao médico, como o câncer.

Ao longo do texto vamos explorar aspectos das aplicações dos raios X em equipamentos. Estudando o funcionamento e a necessidade de blindagem por parte destes equipamentos.

## 2 | DESCOBERTA DA RADIAÇÃO X

A descoberta dos raios X iniciou-se em meados de 1892, quando o físico alemão, Heinrich Hertz, estudava os raios catódicos, sendo o primeiro a enunciar que estes eram capazes de atravessar folhas finas de metal, ao estudá-los dentro de um tubo de descarga [8]. Lenard, assistente de Hertz, modificou o tubo de raios catódicos, onde colocou nele uma janela de alumínio, buscando observar se estes raios saíam através da janela para fora do tubo. Para realizar essa observação, colocou uma placa fluorescente onde observou que próxima ao tubo brilhava, e percebeu que, até uma distância de 8 centímetros do tubo, a luminescência persistia [7].

Wilhelm C. Roentgen, começou a estudar esse fenômeno que até então era algo novo. Buscando fazer com que a luminescência gerada no vidro não interferisse no fenômeno que ele queria observar sobre uma placa pintada de platino cianeto de bário, Roentgen embrulhou o tubo de raios catódicos. Após embrulhar o tubo, desligou a luz e afastou a placa até cerca de dois metros do tubo, e analisou que a fluorescência na placa persistia. Então, começou a ligar e desligar o tubo, e verificou que, quando desligava o tubo, a placa parava de brilhar [7]. Concluiu que isto não era efeito dos raios catódicos, pois ele foi além da faixa de propagação destes raios, e esses novos raios eram originados no vidro, no local onde os raios catódicos incidiam.

Percebeu que algo estava saindo da caixa e fazendo este material brilhar, e o que mais lhe frustrou foi o aparecimento de uma sombra, que parecia ter sido

produzida por algum fio metálico [9]. Na figura abaixo temos os tubos de Crookes, os quais geraram os raios X observados por Roentgen.



Figura 1: Tubos de Crookes. [5]

Roentgen continuou seus estudos, e em menos de um ano da observação deste fenômeno desconhecido, conseguiu obter as características destes raios, sendo elas: se propagavam em linha reta, podiam penetrar diversos materiais, sensibilizavam chapas fotográficas e não podiam ser desviados por campos magnéticos [8]. Analisou que todos os materiais são transparentes aos raios X, e que essa transparência era inversamente proporcional à densidade de cada material [12]. Concluiu que estes raios não eram conhecidos, pois não eram luz, nem radiação eletromagnética e muito menos raios catódicos, era algo novo, e chamou-os de raios X [9].

Após dois anos de estudos, em 1895, escreveu seu primeiro artigo, abordando as propriedades destes raios e, em um mês toda comunidade científica já estava sabendo de seu trabalho e vários laboratórios já estavam produzindo os raios X [8]. Juntamente ao artigo, já tinham algumas imagem radiográficas, como a da mão de sua esposa (Figura 2) [9].



Figura 2: Radiografia da mão da esposa de Roentgen.

Contudo, Roentgen não conseguiu descobrir como eram originados os raios X. No ano de 1912, o físico Max von Laue, estabeleceu que os raios X eram ondas eletromagnéticas de comprimento muito menor que o da luz, e obteve isso realizando

experimentos com cristais, os quais funcionam como uma rede de difração para raios X [7].

### 3 | GERAÇÃO CARACTERÍSTICAS DOS RAIOS X

#### 3.1 Produção dos Raios X

No tubo de raios X, elétrons são emitidos aquecendo o cátodo e são acelerados por uma tensão de milhares de volts, e se chocam em uma placa metálica. Isso causa a desaceleração dos elétrons, e assim, a emissão da radiação X. O cátodo é o eletrodo negativo, onde os elétrons são acelerados em direção ao ânodo, o eletrodo positivo. O tubo de raios X converte energia elétrica em radiação eletromagnética. Os elétrons acelerados geram calor e raios X, dos elétrons que colidem com o alvo, cerca de 99% geram calor, e apenas 1% geram fótons de raios X [6].

Um elétron que passa perto do núcleo, sofre atração pela força coulombiana deste, sofrendo uma aceleração e causando mudança de sua trajetória. Durante a aceleração, sua energia é alterada, ficando menor, ou seja, o elétron perde energia. Contudo, essa energia perdida não desaparece, ela se transforma em um fóton de raio X, que possui a seguinte energia:

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

onde  $E_f = K - K'$ , sendo a energia do fóton (variação da energia do elétron),  $h$  a constante de Planck,  $c$  a velocidade da luz e  $\lambda$  o comprimento de onda do fóton de raio X [8].

As energias que os elétrons perdem dependem da interação do elétron com o núcleo, geralmente chegando ao repouso depois de diversas colisões. O comprimento de onda do fóton pode ir de um mínimo até ao infinito. O menor comprimento de onda de um fóton é produzido quando um elétron perde toda sua energia em uma colisão, e com isso:

$$E_f = K = eV$$

Substituindo na equação 1:

$$\lambda_{\text{mín}} = \frac{hc}{eV} \quad (2)$$

Sendo  $V$  a ddp aplicada ao todo, e  $e$  a carga elementar de uma partícula [8].

Temos dois tipos de produção de raios X, sendo um produzido através da desaceleração dos elétrons (*bremstrahlung*), a qual gera o espectro contínuo, e a produção de raio-x discreto, o qual gera um espectro característico [9]. O primeiro caso de produção de raio X acontece quando elétrons são emitidos pelo cátodo, acelerados por uma tensão na casa dos milhares de volts, e são direcionados ao ânodo, um alvo metálico, e se chocam com o material. Nesse choque, os elétrons são acelerados pela atração coulombiana que sofrem pelos átomos do material, ocorrendo uma deflexão de sua trajetória, e assim o elétron acaba por perder parte ou toda sua energia, ocorrendo a emissão da radiação X. Este fóton de raio X pode assumir qualquer valor de energia até o valor máximo de energia cinética do elétron que incidiu na placa, formando assim um espectro contínuo (*bremstrahlung*) [9]. A energia do fóton gerado por *bremstrahlung* é dada pela equação 1.

A emissão da radiação X discreta ocorre quando elétrons são emitidos e acelerados para o ânodo, onde se chocam contra o material, neste momento, o elétron incidente interage com os elétrons do átomo do ânodo, ocorrendo uma colisão, e o elétron do material é arrancado do átomo, e ali se cria uma lacuna, um espaço “vazio”. A tendência dos elétrons de níveis de maiores energia, é ocupar os níveis de mais baixa energia, e na mudança de nível o elétron acaba perdendo energia, a energia que ele perde se transforma em um fóton de raio X característico [9]. Quando levamos em consideração a emissão de raio X discreta, a qual forma um espectro característico, a energia do fóton é igual a diferença dos níveis de energia ocupados pelo elétron no início e no final do movimento [7]. Abaixo, a equação que descreve isso:

$$E_f = E_{nf} - E_{ni} \quad (3)$$

Contudo, quando raios X são incididos em um alvo, surge um espectro de raios X contínuo, e sobreposto a esse, surge linhas características, as quais dependem do material que constitui o alvo [9]. Para exemplificar, imaginamos um elétron acelerado, o qual incide ao alvo com uma energia cinética de 35keV, este pode gerar um fóton de *bremstrahlung* com uma energia entre 0 a 35keV, e um fóton de radiação característica, onde a energia deste dependerá apenas do material do alvo.

### 3.2 Interação dos raios X com a matéria

Após as descobertas dos raios X, ocorreram lesões em pessoas que foram expostas à esta radiação. Tais danos são causados através da interação da radiação ionizante com a matéria. A área que estuda a interação da radiação ionizante com a

matéria é denominada Física das Radiações, com interesse no resultado da interação e da transferência de energia da radiação para o meio, sendo que interação é a ação de uma força e o efeito causado por essa ação. Radiação ionizante é qualquer radiação que pode remover elétrons de átomos e moléculas [13].

A radiação eletromagnética é tratada como um conjunto de partículas, os fótons, os quais interagem pela ação do campo elétrico e magnético. Após a colisão de um fóton, o mesmo pode transferir energia para outras partículas [13].

As interações relacionadas aos raios X são [13]:

- Efeito Compton: Ocorre o espalhamento do fóton por um elétron livre do material, o fóton que incide no material transfere parte de sua energia ao elétron, e outro fóton é gerado pela energia restante e espalhado.
- Efeito fotoelétrico (Figura 7): O fóton é absorvido pelo átomo e um elétron é liberado para se mover no material. A energia cinética adquirida por esse elétron é a diferença entre a energia do fóton e a energia de ligação do elétron ao átomo. Este efeito ocorre em mais baixas energias de fóton;
- Produção de pares elétron-pósitron (Figura 7): o fóton é absorvido e toda sua energia é convertida em massa de repouso e energia cinética de um par elétron-pósitron.

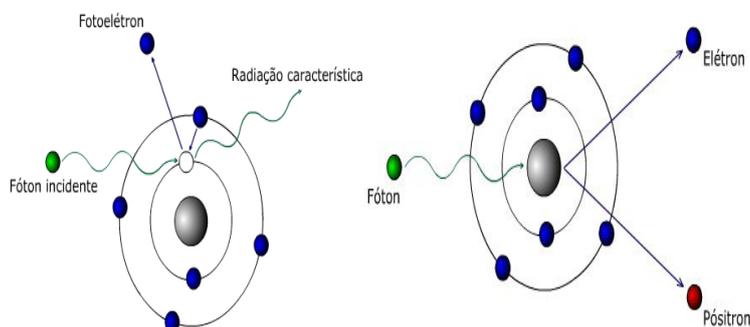


Figura 7: Efeito fotoelétrico e Produção de pares [10].

A interação depende do número atômico do material, da energia do fóton, da distância e da trajetória da partícula, espessura do material e o alcance da partícula. Em uma passagem de partículas pela matéria, ocorrem sequências de interações, e as partículas perdem pequenas frações de energia, até serem freadas e não mais consideradas radiações ionizantes [13].

#### 4 | APLICAÇÕES DOS RAIOS X NA MEDICINA

Os raios X são muito utilizado na radiologia intervencionista, sendo ela, procedimentos que compreendem intervenções diagnósticas e terapêuticas guiadas por acesso percutâneo, usando a imagem fluoroscópica para localizar a lesão ou local de tratamento [2].

Utiliza-se equipamentos de raios X para diagnóstico de imagem de diversos problemas, os quais necessitam ser observadas as partes internas do corpo. As principais aplicações estão em traumatologia e ortopedia, obtendo imagem do esqueleto, e diagnóstico pulmonares [6].

A produção de raios X para o uso médico se utiliza, na maioria dos casos, do processo de *bremstrahlung*, onde um feixe de elétrons incide em um alvo de número atômico alto, geralmente Tungstênio, e espessura maior que o alcance dos elétrons.

Quando os fótons passam através da matéria, há possibilidade, ou não, de interação. Se há interação, ela pode ocorrer de duas maneiras, a radiação pode ser totalmente absorvida, ou a radiação pode ser parcialmente absorvida, e neste caso, é espalhada. Quando a radiação é absorvida, além do paciente absorver uma quantidade de radiação, também é gerada a imagem. Quando a radiação é parcialmente absorvida e espalhada, o paciente absorve uma quantidade de radiação e a imagem é prejudicada [6].

Na radiografia, os raios X formam imagens com pontos de maiores e menores intensidades. Isso acontece pois os tecidos do corpo absorvem os raios X de maneiras diferentes, sendo que os tecidos mais absorvedores ficam com um menor contraste na imagem produzida [6]. Neste mesmo sentido, podemos observar que elementos com maiores números atômicos absorvem mais os raios X, e os elementos com menores números atômico, absorvem pouca radiação X [7].

Para um diagnóstico eficiente e uma boa formação na imagem, é essencial que tanto o posicionamento do objeto, quanto o posicionamento do feixe incidente, são de extrema importância. O posicionamento é referente a estrutura que você quer analisar, pois a imagem formada é de uma estrutura volumétrica, e a posição é que trará uma melhor ou pior nitidez do problema na imagem, e onde este se encontra, pois o especialista, ao observar a imagem, observa a estrutura e alteração referente ao material analisado [6].

A análise da imagem é feita da análise dos contrastes entre as estruturas. Por conta disso, para observar de maneira efetiva a posição do material que se busca encontrar, é indicado que ocorra a geração de duas imagens, uma frontal e outra lateral, para evitar que órgãos de maiores densidades se sobreponham a órgãos de menores densidades [6]. Para uma melhor visualização, observamos a figura abaixo:



Figura 9: Imagem frontal e lateral do crânio [3].

Vimos que, na imagem frontal do crânio, não é tão perceptível alguns problemas que é facilmente visualizado na segunda imagem, como o problema na arcada dentária do paciente.

#### 4.1 Fluoroscopia

A fluoroscopia proporciona imagem em tempo real, a imagem gerada pela fonte de raio X é formada em uma tela fluorescente, e um intensificador de imagem a transforma em imagem luminosa [1].

Os componentes do equipamento são (Figura 9):

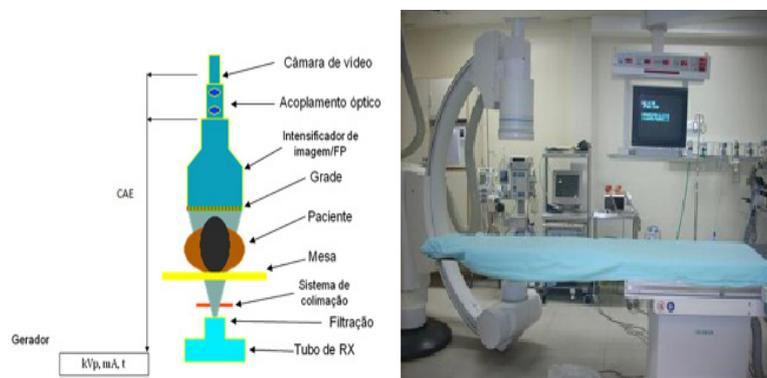


Figura 9: Componentes de um equipamento fluoroscópico [2].

- Gerador de raios X: produz os feixes de raio X, controla o tempo de exposição, a energia e a taxa de dose;
- Tubo de raio X: possui dois eletrodos metálicos, o cátodo e o anodo. O cátodo emite elétrons, estes elétrons são acelerados e atraídos ao anodo, e ao atingir o material do anodo, produz raios X e calor;
- Grade: reduz a radiação espalhada e aumenta o contraste da imagem;
- Tubo intensificador da imagem: converte uma imagem de baixa intensidade para uma de alta intensidade;
- Diafragma de luz: garante que a câmera receba a mesma intensidade de

sinal de luz;

- Câmera de vídeo: produz a imagem que aparecerá no monitor.

É de grande importância que estes equipamentos de raios X tenham uma forte blindagem, para que assim evitem que a radiação saia para fora do equipamento e prejudique quem esteja aos arredores da sala e do centro de imagem.

## 5 | EFEITOS BIOLÓGICOS

Após a descoberta dos raios X e sua aplicação na medicina, não levou muito tempo para que começassem a surgir seus efeitos biológicos, pois iniciou-se um uso desenfreado destes, e na época não havia o controle de intensidade do feixe, prejudicando tanto os médicos, quanto os pacientes. Os principais efeitos que causam danos ao ser humano, são tomados enquanto a natureza dos raios X, sendo observados efeitos estocásticos ou determinísticos. O que vamos abordar logo em seguida [7].

- Efeito estocástico: ocorre alterações nas células normais. Pode ocorrer câncer na pessoa que recebeu a radiação, ou esta radiação pode afetar as células germinativas, e o efeito pode ser passado para os filhos da pessoa que foi irradiada. Pode ser causado por uma dose alta ou baixa;
- Efeito determinístico (Figura 10): Produzidos por doses mais elevadas, as quais causam a queima do tecido, causando a morte das células.

Essas lesões podem não aparecer logo após o exame, como o câncer, por exemplo, poderá surgir após 40 anos. Através da pesquisa, obtivemos conhecimento que sete anos após a descoberta dos raios X, houve o primeiro caso de câncer induzido pela utilização exagerada da radiação ionizante.



Figura 10: Efeito determinístico em paciente (ulceração nas costas) e em profissional (opacidade do cristalino) [1].

Contudo, todas essas lesões e efeitos podem ser minimizados conhecendo a quantidade de radiação que sai do tubo de raio X, a quantidade que chega ao paciente, conhecer a dose média nos órgãos e tecidos em risco, a qualidade da imagem necessária para a intervenção, avaliar o desempenho do equipamento de raio X. Portanto, fazer o uso racional dos raios X.

## 6 | ALGUMAS PROPRIEDADES QUANTITATIVAS DOS RAIOS X

O físico Max von Laue, no ano de 1912, propõe que os comprimentos de onda dos raios X são da mesma ordem que os espaçamentos de átomos de cristais. Seguindo essa ideia, Willian L. Bragg obtém um método para análise de difração dos raios X pelos cristais, onde analisa a interferência dos raios X difratados. Ele obteve que ondas difratadas por dois átomos, próximos em um mesmo plano, interferem de forma construtiva, independente de seu comprimento de onda, quando o ângulo de difração é o mesmo que o de incidência, e as ondas difratadas por átomos, com o mesmo ângulo, estarão em fase, somente se a diferença entre os percursos for igual a um número inteiro de comprimento de onda. Para satisfazer essa condição, tem-se uma equação denominada condição de Bragg:

$$m\lambda = 2d \sin \theta$$

sendo  $m$  um número inteiro.

Os resultados de medidas da intensidade dos raios X em função de seus comprimentos de onda, são impressionantes, levando em consideração a mecânica clássica, pois apenas consegue responder uma, das três características observadas em relação aos espectros de raios X. A primeira característica observada, diz que, o espectro possui uma série de linhas estreitas, relacionadas a um espectro característico, que estão sobrepostas a um espectro contínuo, chamado de *bremsstrahlung*, sendo o espectro contínuo outra característica observada. A terceira característica observada, é que o espectro contínuo possui um comprimento de onda de corte, dado por  $\lambda_{\min} = hc/eV$ , o qual não depende do material, mas sim, da tensão aplicada, ou seja, se relaciona com a energia dos elétrons incidentes [12], para ocorrer a emissão de um raio X característico, é necessário que o elétron tenha energia maior que a camada de energia da órbita do elétron do átomo [7].

Os físicos explicaram os espectros contínuos pela aceleração que os elétrons sofriam pelos campos elétricos dos átomos do alvo, ou seja, pela deflexão da trajetória dos elétrons que se aproximavam dos átomos. O que a teoria clássica não conseguia explicar, estava relacionado ao espectro característico, pois esses espectros eram sempre os mesmo, para um mesmo material, mas essas linhas espectrais não apareciam para  $\lambda_{\min}$  maiores do que o comprimento de onda da linha

[12]. Podemos ver isso na imagem abaixo:

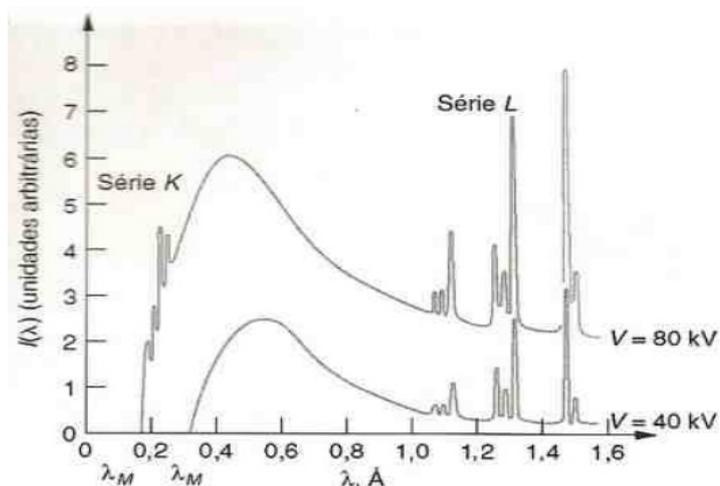


Figura 12: Espectros característicos para diferentes valores de potenciais aplicados [12].

Percebe-se que quando o potencial muda de 80kV para 40kV, o comprimento de onda mínimo aumenta, e as linhas espectrais somem na parte esquerda, onde temos a série denominada K. A origem das linhas eram um mistério para a física clássica, e esse fenômeno só foi explicado pela descoberta do átomo nuclear [12].

Após o desenvolvimento do método para obter espectros de raios X, feita por Bragg, Moseley mediu por volta de 40 espectros de diferentes elementos, e as posições das linhas espectrais variavam de forma regular, de acordo com cada elemento, e relacionou isso com as transições eletrônicas que ocorriam mais próximas ao núcleo. As energias dos elétrons mais próximos do núcleo, não dependem das interações com elétrons externos, ou seja, que estão mais distantes do núcleo [12].

O fenômeno descrito por Moseley ocorre quando há a produção de raios X discretos. Através das medições e observações dos comprimentos de onda de raios X característicos, Moseley cria o conceito de número atômico  $Z$ , em 1915. O físico encontrou uma regularidade nos espectros de diversos materiais, e observou que quando traçava um gráfico de  $\frac{1}{\lambda}$  em função  $\sqrt{f}$  do número atômico dos materiais, obtinha uma reta. Concluiu que há uma grandeza, relacionada ao átomo, que aumenta de acordo com que passa de um elemento para outro, e essa grandeza seria a carga do núcleo do átomo, o qual chamou de número atômico ( $Z$ ) [9].

Com base na relação de Borh, a qual explica de maneira precisa o que Moseley apresentou, podemos calcular a frequência da radiação de um fóton emitido pela transição eletrônica do nível dois para o nível 1 [9]. Sendo a relação de Borh:

$$E_n = -\frac{Z^2 E_0}{n^2} \quad (4)$$

Fazendo a diferença de energia entre os níveis  $n$  e  $n_0$ , temos que:

$$\Delta E = -E_0 Z^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_0^2} \right)$$

Tomamos  $n_0 = 2$  e  $n$ , e vamos obter:

$$\Delta E = \frac{3E_0}{4} Z^2 \quad (5)$$

A carga efetiva que gera o campo elétrico sobre o elétron é dada pela atração pelo campo elétrico do núcleo e a carga do elétron da camada K [12]:

$$Z_{ef} = Ze - e = (Z - 1)e$$

Substituindo (Z-1) em 5:

$$\Delta E = \frac{3E_0}{4} (Z - 1)^2 \quad (6)$$

Sabe-se que  $\Delta E/h = f$ , substituindo em 6:

$$f = \frac{3E_0}{4h} (Z - 1)^2$$

Como Moseley disse que a raiz da frequência nos dá um gráfico linear, temos:

$$\sqrt{f} = \sqrt{\left(\frac{3E_0}{4h}\right)} (Z - 1)$$

E após essa demonstração, concluímos que esse resultado é concordante com o que Moseley obteve de maneira experimental, sendo o termo da raiz constante.

### 6.1 Atenuação do feixe de raios x

Os raios X, ao atravessarem um material, perdem tanto sua quantidade de raios, quanto a intensidade, ou seja, o feixe de raio, X sai do material, mais fraco. Neste caso, estudamos a atenuação de um feixe monoenergético, onde a atenuação se refere à diminuição do número de fótons [7]. Para chegar até a lei que descreve essa atenuação, devemos levar em conta que:

$$\frac{dI}{dx} \propto I \quad (7)$$

Sendo assim, temos que, a taxa de diminuição da intensidade do feixe de

raio X em relação à distância, é proporcional à intensidade feixe. Resolvendo isto através de resolução de Equação Diferencial Ordinária de 1ª Ordem. Temos que:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (8)$$

onde  $I$  e  $I_0$ , são as intensidades, depois e antes do feixe passar pelo material de espessura  $x$  e o coeficiente de atenuação linear do material [7].

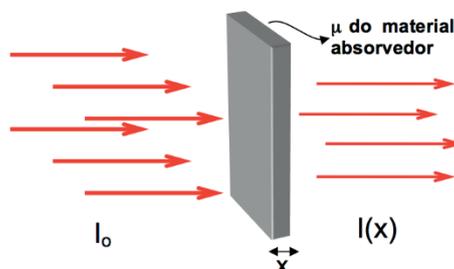


Figura 13: Atenuação de um feixe de raios X [11].

A equação (9) também pode ser escrita da seguinte forma:

$$N = N_0 e^{-\mu x} \quad (10)$$

onde  $N$  e  $N_0$  são, respectivamente, o número de fótons do feixe antes e depois de atravessar o material [7].

O interessante em observar as equações 9 e 10, é que a intensidade ou número de fótons só será zero se, e somente se, a espessura do material tender ao infinito, e isso nos traz a seguinte conclusão, é impossível bloquear totalmente os raios X. Para uma boa blindagem, são usados elementos com coeficiente de atenuação linear alto, sendo a maioria das blindagens constituídas por chumbo.

Com a equação 9 podemos calcular a espessura de um material que reduzirá a intensidade da radiação pela metade, essa espessura se chama camada semirredutora (CSR) [7]. Sendo assim, vamos calcular essa espessura em relação ao coeficiente de atenuação linear:

$$I = \frac{I_0}{2} = I_0 e^{-\mu x_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\mu x_{1/2}}$$

$$\ln 2 = 0,693 = \mu x_{1/2}$$

$$x_{1/2} = \frac{\mu}{0,693} \quad (11)$$

A CSR ( $X_{1/2}$ ) é diretamente proporcional à atenuação linear do material. Quanto maior o coeficiente de atenuação, menor a espessura necessária para o bloqueio da metade dos raios.

## 7 | CONCLUSÃO

Após a descoberta dos raios X por Roentgen, a física teve um grande avanço na área da medicina. Os raios X foram descobertos após estudos iniciados por Heinrich Hertz, quando estudava os raios catódicos, e seu assistente, Lenard, começou a perceber que alguns raios saíam do tubo e avançavam além da faixa de propagação dos raios catódicos. Assim, Roentgen buscou isolar o tubo de descarga para bloquear todos os raios que não seriam os catódicos, porém, o que ele não sabia, é que os raios observados por Lenard não eram os catódicos e, novamente, Roentgen observou que alguns raios estavam propagando-se além da linha de projeção dos raios catódicos, e estes raios sensibilizavam chapas fotográficas e faziam que alguns materiais brilhassem. Roentgen descobriu algumas características dos raios, observando que estes eram diferentes de toda radiação já conhecida, era algo novo, e por isso os denominou de raios X.

As pesquisas desenvolvidas relacionadas a produção de raios X foram de grande importância para a descoberta da radioatividade, feita por Becquerel, o qual observou que os raios gama possuem propriedades semelhantes aos raios X, a diferença entre estas está que, a radiação gama é proveniente do núcleo de átomos radioativos, e a radiação X se origina através da transformação da energia elétrica em radiação eletromagnética.

Entendendo a descoberta dos raios X, podemos compreender que os raios X podem possuir espectro característico e contínuo, sendo o primeiro causado por transições eletrônicas, e o último é causado pela desaceleração atômica. O espectro contínuo é mais usado na medicina.

Na faixa de energia que inclui os raios X, há várias interações possíveis com o átomo ou com os elétrons, mas também há possibilidade de não ocorrer a interação. Com isso, percebe-se que os raios X podem atravessar um material sem modificá-lo e sem modificar-se. Por esse motivo observamos o contraste formado nas imagens produzidas pelos raios X.

Porém, após as descobertas dos raios X, começaram a ocorrer muitas lesões e acidentes por conta da radiação. Estas lesões ocorrem por conta da interação da radiação com a matéria, pois, sempre que uma pessoa está sendo exposta à radiação, esta estará interagindo com as moléculas da pele. Mas, não somente o paciente está correndo risco de sofrer uma lesão, pois os médicos também estão

expostos à radiação.

Conseguimos observar que não há como blindar totalmente um equipamento de raio X, pois vimos através da equação 9, que para blindar totalmente estes raios é necessário uma parede de espessura infinita, e isso é impossível. Para minimizar a passagem de radiação nas paredes dos equipamentos, são utilizados materiais de grande densidade, como o chumbo.

Por fim, percebemos que há vários efeitos possíveis de acontecer por conta da radiação, assim como o surgimento do câncer e da queima do tecido, no qual causam a morte das células. E por conta destes problemas, concluímos que a radiação pode sim salvar vidas e ter uma excelente aplicação dentro da medicina, mas sempre com seu uso racional e por um profissional especializado na área, o qual saberá lidar com a radiação.

## REFERÊNCIAS

[1] CANEVARO, Lucia. Aspectos físicos e técnicos da Radiologia Intervencionista. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 101-115, 2009. Disponível em: <<http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/50/v3n1p101>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

[2] CANEVARO, Lucia. **Radiologia Intervencionista**. Disponível em: <[http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Radiologia\\_intervencionista.pdf](http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Radiologia_intervencionista.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2018.

[3] DAVID. **Rotina de Crânio**. 2016. Disponível em: <<http://estudoradiografico.blogspot.com/2016/02/rotina-de-cranio.html>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

[4] Física e Química. **Átomo de hidrogênio e estrutura atômica**. 2010. Disponível em: <<http://fisicaquimicanet.blogspot.com/2010/01/atomo-de-hidrogenio-e-estrutura-atomica.html>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

[5] MARTINS, Roberto de Andrade. A descoberta dos Raios X: O primeiro comunicado de Rontgen. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Campinas, v. 20, n. 4, p.373-390, dez. 1998. Disponível em: <<http://www.imaginologia.com.br/dow/upload/historia/A-Descoberta-dos-Raios-X-O-primeiro-comunicado-de-Rontgen.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

[6] MOURÃO, Arnaldo Prata; OLIVEIRA, Fernando Amaral de. **Fundamentos de Radiologia e Imagem**. São Caetano do Sul, Sp: Difusão Editora, 2009.

[7] OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. **Física das radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 296p.

[8] PERUZZO, Jucimar. **Física e energia nuclear**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012. 376p.

[9] PERUZZO, Jucimar; POTTKER, Walmir Eno; PRADO, Thiago Gilberto do. **Física moderna e contemporânea: das teorias quânticas e relativísticas às fronteiras da física: volume 1**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013. 460p.

[10] QUOIRIN, Nilton Sergio Ramos. **Raios X**. 2009. Disponível em: <<http://www.oocities.org/tomografiademadeira/raiosx.html>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

[11] Técnico em Radiologia. **Atenuação de Raios X**. Disponível em: <<http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/>>

hipermidia/index.php/radiologia-convencional/principios-fisicosrx/atenuacao-de-raios-x>. Acesso em: 25 nov. 2019.

[12] TIPLER, Paul Allen; LLEWELLYN, Ralph A. **Física moderna**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. xii, 478 p.

[13] YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. Física das Radiações: interação da radiação com a matéria. **Revista Brasileira de Física Médica**, São Paulo, v. 3, n. 1, p.57-67, 2009. Disponível em: <<http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/viewFile/35/27>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E CITOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ARACÁ MIRIM (*Psidium guineense*)

Data de aceite: 27/03/2020

### **Edimara Lima dos Santos**

Universidade do Estado do Pará campus  
Salvaterra, Salvaterra – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/9762458945233797>

### **Ananda Michelle Lima**

Universidade do Estado do Pará campus  
Salvaterra, Salvaterra – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/9576374360309808>

### **Jamile Silva da Costa**

Universidade do Federal do Pará, Belém - Pará  
<http://lattes.cnpq.br/9398426481325091>

### **Adenilson de Sousa Barroso**

Universidade Federal do Oeste do Pará,  
Laboratório de Bioprospecção e Biologia  
Experimental, Santarém – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/7698675359814707>

### **Vilmara Fabrícia dos Santos Moura**

Universidade Estadual Vale do Acaraú – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/5180798099202107>

### **Laine Celestino Pinto**

Universidade Federal do Pará Laboratório de  
Citogenética, Belém - Pará  
<http://lattes.cnpq.br/0813179405197236>

### **Raquel Carvalho Montenegro**

Universidade Federal do Ceará, Laboratório de  
Farmacogenética, Fortaleza - Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/0043828437326839>

### **Joyce Kelly do Rosário da Silva**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-

graduação em Biotecnologia, Belém - Pará  
<http://lattes.cnpq.br/2278686174214080>

### **Rosa Helena Veras Mourão**

Universidade Federal do Oeste do Pará,  
Laboratório de Bioprospecção e Biologia  
Experimental, Santarém – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/7166770916937434>

### **José Guilherme Soares Maia**

Universidade Federal do Maranhão, Programa  
de Pós-Graduação em Química, São Luís -  
Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/1034534634988402>

### **Pablo Luis Baia Figueiredo**

Universidade do Estado do Pará, Departamento  
de Ciências Naturais, Belém - Pará  
<http://lattes.cnpq.br/4314917400456840>

**RESUMO:** *Psidium guineense* (Myrtaceae) tem grande potencial econômico e medicinal. Este trabalho avaliou a composição química, atividade antioxidante e citotóxica do óleo essencial de um espécime de *Psidium guineense* coletado em Curuçá-PA. O óleo essencial foi obtido por hidrodestilação (3h) e sua composição química analisada por CG-EM. A atividade antioxidante (DPPH) e o efeito citotóxico (MTT) foram avaliados. O rendimento em óleo foi de 0,61%. Os constituintes em maior teor foram  $\alpha$ -Pineno (30,23%),  $\alpha$ -Copaeno (10,61%) e *E*-Cariofileno

(9,25%). O óleo essencial inibiu 46,12% dos radicais DPPH, cerca de quatro vezes menor que o padrão Trolox (280,93 mg.ET/mL). O óleo mostrou toxicidade frente a linhagem de Fibroblasto humano sadio com CE50 de 3,40 µg/mL. Dentre as linhagens celulares cancerígenas, a maior atividade foi observada frente as células de Melanoma humano (CE50 de 6,26 µg/mL) e a menor atividade foi observado frente as células tumorais de câncer de Colón (CE50 8,46 µg/mL).

**PALAVRAS-CHAVE:** Myrtaceae, α-Pineno, Monoterpenos, DPPH

## CHEMICAL COMPOSITION, ANTIOXIDANT AND CITOTOXIC ACTIVITY OF ESSENTAIL OIL OF ARACA MIRIM (*Psidium guineense*)

**ABSTRACT:** *Psidium guineense* (Myrtaceae) has great economic and medicinal potential. This work evaluated the chemical composition, antioxidant and cytotoxic activity of the essential oil of a specimen of *Psidium guineense* collected in Curuçá-PA. The essential oil was obtained by hydrodistillation (3h) and its chemical composition analyzed by GC-MS. Antioxidant activity (DPPH) and cytotoxic effect (MTT) were evaluated. The oil yield was 0.61%. The highest constituents were α-Pinene (30.23%), α-Copaene (10.61%) and *E*-Caryophyllene (9.25%). The essential oil inhibited 46.12% of DPPH radicals, about four times lower than the Trolox standard (280.93 mg.ET/mL). The oil showed toxicity to the healthy human fibroblast strain with an EC50 of 3.40 µg/mL. Among the cancer cell lines, the highest activity was observed against human melanoma cells (EC50 6.26 µg/mL) and the lowest activity was observed against colon cancer tumor cells (EC50 8.46 µg/mL).

**KEYWORDS:** Myrtaceae, α-Pinene, Monoterpenes, DPPH

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que possui maior biodiversidade do mundo, principalmente no que diz respeito a sua flora, com milhões de espécies distintas de vegetais, o que poderia possibilitar o desenvolvimento de vários estudos em todas as áreas da Ciência, promovendo dentre outros fatores o descobrimento de princípios ativos, que poderiam ser usados em diversas aplicações (Iha et al., 2008).

Dentre as formas de exploração dos recursos naturais está a obtenção dos óleos essenciais que apresentam probabilidade de serem empregados nas indústrias de alimentos, bebidas, produtos de higiene pessoal e cosméticos, para evitar ou reduzir a deterioração lipídica e a contaminação por microrganismos (Miranda et al., 2016).

Dessa forma, os óleos essenciais demonstram ser uma possibilidade viável para substituir ou associar-se a antioxidantes sintéticos e antimicrobianos

convencionais, com a finalidade de diminuir a quantidade dessas substâncias nos alimentos (Andrade et al., 2012; Lang e Buchbauer, 2012; Sacchetti et al., 2005).

Além disso, o amplo uso de fitoterápicos na medicina tradicional no tratamento contra o câncer tem instigado pesquisadores a investigarem as propriedades de espécies usadas na terapia do câncer (Oliveira, Machado e Rodrigues, 2014). Estudos demonstraram que os óleos essenciais de táxons de Myrtaceae, como *Psidium guajava* (Silva et al., 2018), *Campomanesia adamantium* (Alves et al., 2019) e *Eugenia uniflora* (Figueiredo et al., 2019) possuem atividade anticâncer.

Uma das mais importantes características das espécies pertencentes ao gênero *Psidium* é que essas espécies são ricas em óleos essenciais, ou seja, em misturas complexas de substâncias voláteis extraídas de plantas aromáticas. Os óleos essenciais, extraídos do gênero *Psidium*, podem apresentar uma grande diversidade de constituintes, e esses podem utilizados para diversos fins, tais como anti-inflamatória, analgésica, anticonvulsivante, bem como propriedades inseticidas, larvicidas antiparasitárias e antimicrobianas (Faria, 2005; Manosroia et al., 2006; Moura, 2010; Pinho et al., 2014).

*Psidium guineense* é uma espécie nativa e não endêmica do Brasil. Pode ser encontrada em toda a região amazônica, cultivada ou no estado espontâneo, em áreas descampadas, capoeiras, cerrados, campo limpo e pastos (Cavalcante, 2010; Sobral et al., 2019).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a composição química, atividade antioxidante e citotóxica do óleo essencial de um espécime de *Psidium guineense* coletado em Curuçá.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta e identificação botânica

O espécime de *Psidium guineense* foi coletado no município de Curuçá-PA. A identificação e depósito da exsicata foi realizado no herbário da EMBRAPA Amazônia oriental (IAN-195396). As folhas do espécime foram secas em estufa (35°C) a ventilação constante durante dois dias, após secagem o material foi moído em moinho de facas.

### 2.2 Extração do óleo essencial e análise química

O óleo essencial foi obtido por hidrodestilação utilizando a metodologia descrita por Maia e Andrade (2009), com sistema de vidro do tipo Clevenger modificado acoplado a um sistema de refrigeração para manutenção da água de condensação

entre 10-15°C, durante 3 h.

O rendimento (%) do óleo essencial extraído da biomassa vegetal foi obtido do material bruto seco e livre de umidade (BLU) através da relação entre massa, óleo e umidade. A determinação da umidade residual das amostras foi realizada por meio de um determinador de umidade Gehaka®, modelo IV2500 por secagem com infravermelho concomitantemente a extração.

A composição química foi analisada por Cromatografia em fase Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM). Injetou-se 1 µL de uma solução de óleo essencial em hexano (5:500) (Auto injetor AOC-20i) em sistema Shimadzu QP 2010 ultra equipado com coluna capilar de sílica Rtx-5MS (Restek, EUA) de 30 m de comprimento x 0,25 mm de diâmetro interno revestido com 5%-difênil/95%-dimetilpolisiloxano (0,25 µm de espessura do filme).

A identificação dos componentes foi baseada no tempo e índice de retenção linear e comparação e interpretação dos seus espectros de massas, com aqueles existentes nas bibliotecas Adams (2007), Nist (2014) e FFNSC 2 (Mondello, 2011).

### 2.3 Avaliação da capacidade antioxidante

Para avaliação do potencial antioxidante foi utilizado o método de sequestro dos radicais livres DPPH. A mistura reacional foi composta de 5 µL de óleo essencial, 45 µL de etanol, 50 µL de tween 20 (0,5%), 900 µL de Tris-HCl 100 mM pH 7,4 e 1000 µL de DPPH 0,5 mM em etanol (absorbância entre 625-650). O controle foi feito substituindo o óleo por etanol. O meio reacional foi deixado em repouso ao abrigo de luz e a reação foi monitorada pela medida da absorbância a 517 nm em intervalos contínuos de 30 min por 2h (CHOI et al., 2000).

### 2.4 Análise Citotóxica

A viabilidade celular foi determinada pela mudança na coloração na conversão do sal 3-(4,5-dimetil-2-tiazol)-2,5-difênil-2-H-brometo de tetrazolium (MTT) em azul de formazan, a partir de substratos de enzimas microssomais e mitocondriais presentes somente nas células metabolicamente ativas (Mosmann, 1983). O estudo citotóxico pelo método do MTT permite definir facilmente a citotoxicidade, mas não o mecanismo de ação (Berridge e Tan, 1993). O óleo essencial de *Psidium guineense* foi testado frente as linhagens de células cancerígenas HCT-116 (colón), AGP-01 (ascite gástrica maligna) e SKMEL-19 (melanoma), assim como, frente a MRC-5 (fibroblasto de pulmão embrionário humano normal, sadio).

O óleo essencial foi previamente diluído em dimetilsulfoxido (DMSO), foram diluídos em meio DMEM para obtenção da concentração final de 0,4 a 25 µg/ML. Todas as linhagens celulares foram mantidas em DEM (Meio Dulbecco) suplementado

com 10% soro fetal bovino, 2 mM de glutamina, 100 U/mL de penicilina, 100 µg/mL de estreptomicina, a 37 °C e com 5% de CO<sub>2</sub>. A concentração final de DMSO no meio de cultura foi mantida constante (<0,1%). O óleo essencial foi incubado com as células por 72h, e o controle negativo recebeu o mesmo teor de DMSO (0,001% na maior concentração). Dexorubicina foi usada como controle positivo (GHOSH et al., 2005; JAGANATHAN et al., 2011). Os valores de IC<sub>50</sub>'s foram calculados por regressão não-linear usando o software GraphPad 6.0 (Intuitive Software for Science, San Diego, CA).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Rendimento e composição química dos óleos essenciais

O rendimento em óleo foi de 0,61%. Ao todo foram identificados 79 constituintes químicos (Tabela 1), que compreendem 93,32% do conteúdo total do óleo essencial. A classe dos hidrocarbonetos monoterpênicos (41,45%) e sesquiterpênicos (28,62%) foram predominantes no óleo, seguida da classe dos sesquiterpenos oxigenados (16,40%).

IR <sub>(C)</sub>	IR <sub>(L)</sub>	Constituinte	%
<b>936</b>	<b>932</b>	α-Pineno	<b>30,23</b>
949	946	Canfeno	1,19
978	974	β-Pineno	4,62
1029	1024	Limoneno	3,69
1191	1186	α-Terpineol	1,11
1221	1218	Acetato de <i>endo</i> -Fenchila	0,57
1287	1287	Acetato de Bornila	1,18
1301	1298	Acetato de <i>trans</i> -Pinocarvila	1,18
<b>1378</b>	<b>1374</b>	α-Copaeno	<b>10,61</b>
1422	1417	<b><i>E</i>-Cariofileno</b>	<b>9,25</b>
1455	1452	α-Humuleno	1,38
1488	1489	β-Selineno	1,16
1497	1498	α-Selineno	0,99
1525	1522	δ-Cadineno	2,21
1585	1582	Óxido de Cariofieno	2,34
1631	1630	Muurola-4,10(14)-dien-1β-ol	3,97
1639	1642F	Cariofila-4(12),8(13)-dien-5α-ol	1,99
1643	1638	<i>epi</i> -α-Cadinol	1,75
1648	1644	α-Muurolol	0,97
1657	1652	α-Cadinol	1,54
Hidrocarbonetos Monoterpênicos			41,45
Monoterpenos oxigenados			6,07

Hidrocarbonetos Sesquiterpênicos	28,62
Sesquiterpenos oxigenados	16,40
Total identificado	93,32

Tabela 1. Constituintes químicos (> 1,0%) identificados no óleo essencial de *Psidium guineense*

Fonte: Os autores, 2019

O óleo essencial de *Psidium guineense* apresentou como constituinte em maior teor o monoterpeno hidrocarboneto  $\alpha$ -Pineno (30,23%), seguido dos sesquiterpenos hidrocarbonetos  $\alpha$ -Copaeno (10,61%) e *E*-Cariofileno (9,25%).

Da Silva et al. (2003) identificaram  $\beta$ -Bisabolol (17,4%), Limoneno (6,8%) e *epi*- $\alpha$ -Bisabolol (6,7%) no óleo essencial de um espécime de *Psidium guineense* coletado no município de Boa Vista (Roraima), mostrando um perfil químico diferente ao relatado neste trabalho.

Diferentes tipos químicos *Psidium guineense* são descritos na literatura de acordo com o local de coleta. O óleo essencial de um espécime apresentou como compostos majoritários  $\beta$ -Bisaboleno (13,18%),  $\alpha$ -Pineno (12,85%) e  $\beta$ -Sesquifelandreno (5,23%) (Tucker, Maciarello e Landrumb, 1995).

Além disso, a análise do perfil químico de óleos essenciais de *P. guineense* coletados no estado do Pará indicou a presença de limoneno (0,3-47,4%),  $\alpha$ -Pineno (0,1-35,6%) e *E*-Cariofileno (0,1-24,0%) como principais compostos nos óleos de doze espécimes de Araçá (Figueiredo et al., 2018).

### 3.2 Atividade Antioxidante

Quanto a atividade antioxidante, o essencial de *Psidium guineense* inibiu  $46,12\% \pm 1,51$  dos radicais DPPH com tempo de reação de 2 horas. Assim, apresentou atividade antioxidante cerca de 4 vezes menor que o padrão Trolox ( $280,93 \pm 9,09$  mg.ET/mL).

Existem diferentes métodos para determinar o potencial antioxidante, cada um dos quais depende de um particular gerador de radicais livres, agindo por diferentes mecanismos (Victoria et al., 2012). Através do método do sequestro dos radicais livres DPPH· o óleo essencial do quimiotipo espatulenol de *P. guineense* exibiu  $IC_{50}$  63,08  $\mu$ g/mL em média (Do Nascimento et al., 2018).

A capacidade antioxidante de óleos essenciais de espécies de *Psidium* tem sido reportada na literatura, como *P. guajava* -  $IC_{50}$  18,52 - 33,72 mg/mL (Wang et al., 2017) e *P. cattleianum* – com inibição de 61,59% dos radicais livres (Castro et al., 2014).

### 3.3 Citotoxicidade in vitro

Quanto ao efeito citotóxico *in vitro*, o óleo de *Psidium guineense* mostrou atividade frente a todas as linhagens celulares testadas (Tabela 3). O óleo mostrou toxicidade frente a linhagem de Fibroblasto humano sadio com CE50 de 3,40 µg/mL. Dentre as linhagens celulares cancerígenas, a maior atividade foi observada frente as células tumorais de Melanoma humano (CE50 de 6,26 µg/mL) e a menor atividade foi observado frente as células tumorais de câncer de Colon (CE50 8,46 µg/mL).

Amostra	CE <sub>50</sub>			
	HCT-116 Cólon	AGP-01 Ascite gástrica	SKMEL19 Melanoma humano	MRC5 Fibroblasto humano
Óleo essencial µg/mL	8,46 (6,83 - 10,49)	6,86 (5,36 - 8,77)	6,26 (4,79 - 8,18)	5,40 (4,46 - 6,54)
Doxorrubicina µM/mL	0,04 (0,03 - 0,04)	0,25 µM (0,19-0,33)	0,10 µM (0,05-0,28)	0,20 µM (0,16-0,25)

Tabela 2. Citotoxicidade in vitro do óleo essencial de *Psidium guineense*

Fonte: Os autores, 2019

Previamente, o óleo da folha de um espécime de *P. guineense* cultivado em Dourados, Mato Grosso do Sul, com predominância de espatulenol, mostrou atividade citotóxica frente a linhagem celular do ovário (OVCAR-3) (Do Nascimento et al., 2018).

## 4 | CONCLUSÃO

A atividade antioxidante e o efeito citotóxico em linhagens cancerígenas indicam a potencial do óleo essencial de *Psidium guineense*. Assim, este estudo contribui para o conhecimento dessa espécie com significativo potencial medicinal, fornecendo dados científicos que podem ser de grande interesse para a indústria de fitoterápicos no futuro.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. Carol Stream, Illinois, EUA: Allured Publishing Corporation, 2007.

ALVES, C. C. F. et al. Antiproliferative activity of essential oils from three plants of the Brazilian Cerrado: *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae), *Protium ovatum* (Bursleraceae) and *Cardiopetalum calophyllum* (Annonaceae). **Brazilian Journal of Biology**, 2019.

ANDRADE, M. A. et al. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum*

e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 399-408, 2012.

BERRIDGE, M. V.; TAN, A. S. Characterization of the cellular reduction of 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT): subcelular localization, substrate dependence, and involvement of mitochondrial electron transport in MTT reduction. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 303, n. 2, p. 474–482, 1993.

CASTRO, M. R. et al. Essential oil of *Psidium cattleianum* leaves: antioxidant and antifungal activity. **Pharmaceutical biology**, v. 53, p. 242-250, 2014.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis na Amazônia**. 7. ed. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2010.

CHOI, H. S. et al. Radical-scavenging activities of citrus essential oils and their components: Detection using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 9, p. 4156–4161, 2000.

DA SILVA, J. D. et al. Essential oils of leaves and stems of four *Psidium* spp. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 18, 2003.

DO NASCIMENTO, K. F. et al. Antioxidant, anti-inflammatory, antiproliferative and antimycobacterial activities of the essential oil of *Psidium guineense* Sw and spathulenol. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 210, 2018.

FARIA, L. R. D. **Validação farmacológica do óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* L. (alecrim) – atividades anti-inflamatória e analgésica**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – UNIFENAS, Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2005.

FIGUEIREDO, P. L. B et al. Chemical variability in the essential oil of leaves of Araçá (*Psidium guineense* Sw.) with occurrence in the Amazon. **Chemistry Central Journal**, v. 12, p. 52, 2018.

GHOSH, R. et al. Eugenol causes melanoma growth suppression through inhibition of E2F1 transcriptional activity. **Journal of Biological Chemistry**, v. 280, n. 7, p. 5812–5819, 2005.

IHA, S. M. et al. Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocósmética. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 3, p. 387-393, 2008.

JAGANATHAN, S. K. et al. Apoptotic effect of eugenol in human colon cancer cell lines. **Cell Biology International**, v. 35, n. 6, p. 607–615, 2011.

LANG, G; BUCHBAUER, G. A review on recent research results (2008-2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 27, n. 1, p.13-39, 2012.

MAIA, J. G. S.; ANDRADE, E. H. A. Data base of the amazon aromatic plants and their essential oils. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 595–622, 2009.

MANOSROIA, J; DHUMTANOMA, P; MANOSROIA, A. Anti-proliferative activity of essential oil extracted from Thai medicinal plants on KB and P388 cell lines. **Cancer Letters**, v. 235, p. 114-120, 2006.

MIRANDA, C. A.S. F. et al. Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: Propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento de espécies patogênicas. **Revista Ciência Agronômica. Ceará**, v.47, n.1, p.213-220, 2016.

MONDELLO, L. **FFNSC 2: Flavors and Fragrances of Natural and Synthetic Compounds, Mass Spectral Database.** [s.l.] John Wiley & Sons Inc, 2011.

MOSMANN, T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. **Journal of Immunological Methods**, v. 65, p. 55–63, 1983.

MOURA, W. R. A. **Ensaio farmacológico das atividades Antiinflamatória, citotoxicidade e toxicidade aguda da *Copaifera luetzelburgii*, Harm e *Sida santaremnensis*, Monteiro.** Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Piauí, Piauí, 2010.

**NIST - National Institute of Standards and Technology (2014) Mass Spectral Library (NIST/EPA/NIH, v.2.0d). The NIST Mass Spectrometry Data Center, Gaithersburg.** , [s.d.].

OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH: Estudo de revisão. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, v.17, n.1, 2015.

OLIVEIRA, L. A. R.; MACHADO, R. D.; RODRIGUES, A. J. L. Levantamento sobre o uso de plantas medicinais com a terapêutica anticâncer por pacientes da Unidade Oncológica de Anápolis. **Revista Brasileira Plantas Medicas**, v. 16, n. 1, p. 32-40, 2014.

PINHO, A. I. et al. Fumigant Activity of the *Psidium guajava* Var. Pomifera (Myrtaceae) Essential Oil in *Drosophila melanogaster* by Means of Oxidative Stress. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, p. 1-8, 2014.

SACCHETTI, G. et al. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chemistry*, v. 91, n. 4, p. 621-632, 2005.

SILVA, E. A. J. et al. Antibacterial and antiproliferative activities of the fresh leaf essential oil of *Psidium guajava* L. (Myrtaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 4, p. 697-702, 2019.

SOBRAL, M. et al. **Myrtaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2019.

TUCKER, O.; MACIARELLOA, M. J.; LANDRUMB, L. R. Volatile leaf oils of American Myrtaceae. III. *Psidium cattleianum* Sabine, *P. friedrichsthalianum* (Berg) Niedenzu, *P. guajava* L., *P. guineense* Sw., and *P. sartorianum* (Berg) Niedenzu. **Journal of Essential Oil Research**, v. 7, 1995.

## IMPACTO DA APLICAÇÃO DE VÍDEO SOBRE ENSINO DE CIÊNCIAS PARA SURDOS COM ALUNOS DE ENSINO BÁSICO EM COLÉGIOS ESTADUAIS

*Data de aceite: 27/03/2020*

*Data de Submissão: 06/01/2020*

### **Cristiana de Barcellos Passinato**

Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ)

Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IQ-UFRJ) Doutoranda do Programa de Química Biológica com ênfase em Educação, Gestão e Difusão em Biociências do Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IbqM-UFRJ CAPES 7)

Pesquisadora do Observatório Internacional de Inclusão, Interculturalidade e Inovação Pedagógica (OIIIPe) do Laboratório de Pesquisa, Estudos e Apoio à Participação e à Diversidade em Educação (LaPEADE)

<http://lattes.cnpq.br/4511971498276781>

**RESUMO:** Para essa disciplina “Divulgando Nossas Teses” (DNT) decidiu-se produzir um vídeo de animação com até 3 minutos de duração ([https://drive.google.com/file/d/18klbL9RKcuy3YGyVFN7oz2njaoFe\\_fzo/view](https://drive.google.com/file/d/18klbL9RKcuy3YGyVFN7oz2njaoFe_fzo/view)) onde a linguagem deveria ser coloquial e simplificada para atingir ao público do Ensino Básico, sobre a ideia da tese da aluna de doutorado do Programa de Educação, Gestão

e Difusão em Biociências do IBqM-UFRJ: Cristiana de Barcellos Passinato. O vídeo foi produzido e apresentado para no total 103 alunos do Ensino Médio. Sendo esses alunos de 2 Colégios Estaduais, o 1º localizado na região de Bonsucesso, aplicado por uma professora e estagiária que não estão envolvidas na produção do vídeo, o C. E. Ruy Barbosa, para alunos de 3 turmas de 1º ano (83 alunos) e o 2º localizado na região da Ilha do Governador, mais especificamente no bairro de Bancários, o C. E. Dunshee de Abranches, aplicado pela própria professora aluna do doutorado, para alunos de 2 turmas de 2º ano (20 alunos). A faixa etária média dos alunos é de 14-19 anos (sabe-se dessa faixa por conta da obrigatoriedade dos acima dessa faixa irem para o sistema NEJA – Nova Educação de Jovens Adultos – da SEEDUC-RJ). Os respondentes são de baixa renda, moradores de comunidades e exibem baixo rendimento escolar por motivos diversos, porém de cultura e educação familiar semelhante. Essas informações conferem uma certa homogeneidade da população a que foi exibido o vídeo e pode justificar a falta de comentários ou respostas muito objetivas dos participantes. Conclui-se que os alunos, na sua maior parte, compreenderam a ideia geral do vídeo, mas não se pode dizer que algumas

inversões de respostas por parte dos alunos possam ter sido por incompreensão do material, mas isso pode ter ocorrido por falta de interesse, concentração, atenção ou tão somente por responder por achar que está “agradando” ao professor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vídeo, Surdos, Ensino de Ciências.

## IMPACT OF APPLICATION OF VÍDEO ABOUT SCIENCE EDUCATION FOR DEAF HIGH SCHOOL STUDENT AT PUBLIC SCHOOLS

**ABSTRACT:** For this course “Spreading Our Theses” (DNT) it was decided to produce an animated video of up to 3 minutes ([https://drive.google.com/file/d/18klbL9RKcuy3YGyVFN7oz2njaoFe\\_fzo/view](https://drive.google.com/file/d/18klbL9RKcuy3YGyVFN7oz2njaoFe_fzo/view)) where the language should be colloquial and simplified to reach the public of Basic Education, on the idea of the thesis of the doctoral student of the Program of Education, Management and Dissemination in Biosciences of IBqM-UFRJ: Cristiana de Barcellos Passinato. The video was produced and presented to a total of 103 high school students. These students from 2 State Colleges, the 1st located in the region of Bonsucesso, applied by a teacher and trainee who are not involved in the production of the video, CE Ruy Barbosa, for students of 3 1st year classes (83 students) and the 2nd located in the region of Ilha do Governador, more specifically in the Banking district, CE Dunshee de Abranches, applied by the PhD student teacher herself, for students of 2 2nd year classes (20 students). The average age of the students is 14-19 years old (this is known because of the obligation of those above this age to go to the NEED - New Education for Young Adults - SEEDUC-RJ system). Respondents are low-income, community-dwelling, and exhibit low school performance for a variety of reasons, but with similar family culture and education. This information gives a certain homogeneity of the population to which the video was shown and may justify the lack of comments or very objective responses from participants. It is concluded that the students, for the most part, understood the general idea of the video, but it cannot be said that some inversions of answers by the students may have been due to misunderstanding of the material, but this may have been due to lack of interest, concentration, attention or just for responding because you think you are “pleasing” the teacher.

**KEYWORDS:** Video, Deaf, Science Teaching.

## 1 | INTRODUÇÃO

O vídeo sobre “*Ensino de Ciências para Surdos*” foi elaborado para a disciplina “*Divulgando as Nossas Teses*” (“DNT”) da Pós-graduação do IBqM-UFRJ, coordenada pelos professores Marcus Oliveira, Marcius Almeida, Carla Polycarpo e Gabriela O. Paiva-Silva.

O material foi produzido pela professora (SEEDUC-RJ) e TAE – Direção - IQ-

UFRJ, Cristiana de Barcellos Passinato, da Comissão de Acessibilidade do IQ, na época em que cursou a disciplina presidia a Câmara de Assuntos Acadêmicos do Fórum Permanente UFRJ Acessível e Inclusiva. Mestre em Ensino de Química pelo PEQui - IQ-UFRJ - premiada em 1º lugar na categoria dissertações na 2ª edição do Prêmio Ações Afirmativas PR2-Parque Tecnológico e ganhadora também do I Prêmio Paulo Freire oferecido pela Comissão de Educação da Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro (ALERJ). Doutoranda em Química Biológica com ênfase em Educação, Gestão e Difusão em Biociências, orientada pelo professor Hatisaburo Masuda. Especialista em Acessibilidade Cultural pelo departamento de Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da UFRJ já havia realizado atividades possibilitando a produção da proposta.

Aliado a isso, surgiu naturalmente a parceria com designer gráfico Márcio Turini, autor do canal de Youtube “O Incrível Pontinho Azul”, que desenvolve atividades independentes de divulgação científica junto à autora nas redes sociais.

Assim, com toda essa motivação para a produção do vídeo, apresenta-se que o natural objetivo da atividade foi produzir um vídeo de três minutos em que a linguagem fosse coloquial e simplificada para o público do Ensino Básico.

Primeiramente escreveu-se o roteiro, o planejamento da aplicação e o questionário de avaliação. Sendo aprovados pelos professores com grau “A”, a narração foi produzida. Em seguida, enviou-se tudo para a criação da animação. Por fim foi aplicado em duas escolas, inclusive com seus alunos. Os resultados coletados foram analisados, discutidos.

O vídeo foi publicado no site do IBqM-UFRJ, foi reproduzido em congressos e simpósios locais e regionais da UFRJ e da Sociedade Brasileira de Química (SBQ-Rio) onde foram apresentados pôsteres, resumos em anais, apresentações orais e mostra de produtos didáticos de Ensino de Química.

## 2 | FOTOS

### 2.1 C.e. Ruy Barbosa

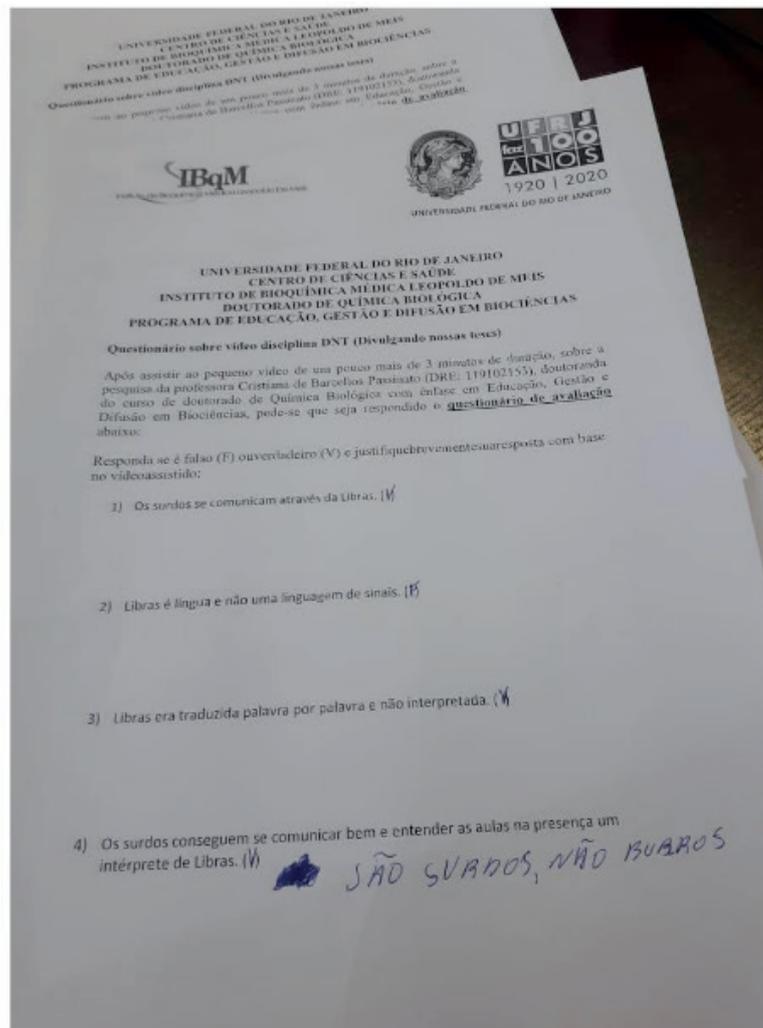


a) Três turmas de 1º ano

### 2.2 C. E. Dunshee de Abranches



a) Duas turmas de 2º ano



B) Um dos questionários preenchidos

### 3 | METODOLOGIA DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

#### Esquema geral metodológico utilizado



### 3.1 Modelo utilizado pelas professoras e estagiária

#### 3.1.1 Questionário sobre vídeo disciplina “dnt” (“divulgando nossas teses”)

Após assistir ao pequeno vídeo de um pouco mais de 3 minutos de duração, sobre a pesquisa da professora Cristiana de Barcellos Passinato (DRE: 119102153), doutoranda do curso de doutorado de Química Biológica com ênfase em Educação, Gestão e Difusão em Biociências, pede-se que seja respondido o **questionário de avaliação** abaixo:

Responda se é falso (F) ou verdadeiro (V) e justifique brevemente sua resposta com base no vídeo assistido:

1. Os surdos se comunicam através da Libras. ( ) / Gabarito: (V)
2. Libras é língua e não uma linguagem de sinais. ( ) / Gabarito (V)
3. Libras era traduzida palavra por palavra e não interpretada. ( ) / Gabarito: (F)
4. Os surdos conseguem se comunicar bem e entender as aulas na presença um intérprete de Libras. ( ) / Gabarito (V)

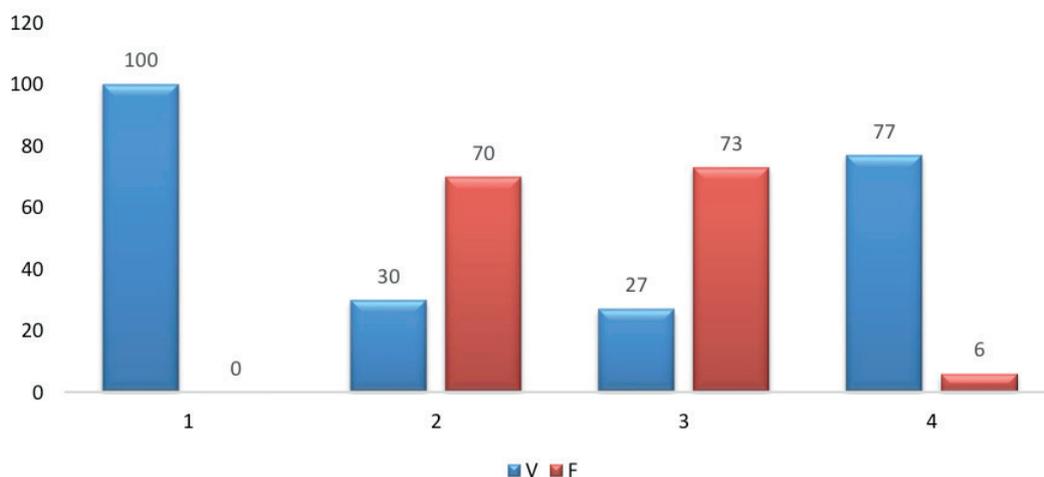
## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os 103 questionários que colhemos respostas de alunos do Nível Médio, 83 foram respondidos pelos alunos de 3 turmas do 1º ano do C.E. Ruy Barbosa, aplicados por uma professora e sua estagiária não participantes e nem envolvidas com a produção do material audiovisual apresentado. Já os 20 questionários restantes foram aplicados para alunos de 2 turmas do 2º ano do C. E. Dunshee de Abranches aplicados pela aluna de doutorado autora da animação, criada em equipe por ela e por Márcio Turine (designer gráfico).

Dos 83 (100%) questionários aplicados no C. E. Ruy Barbosa, os resultados obtidos em suas respostas foram:

QUESTÕES	RESPOSTAS	
1	V	83 (100%)
	F	0 (0%)
2	V	25 (30%)
	F	58 (70%)
3	V	22 (27%)
	F	61 (73%)
4	V	77 (93%)
	F	6 (7%)

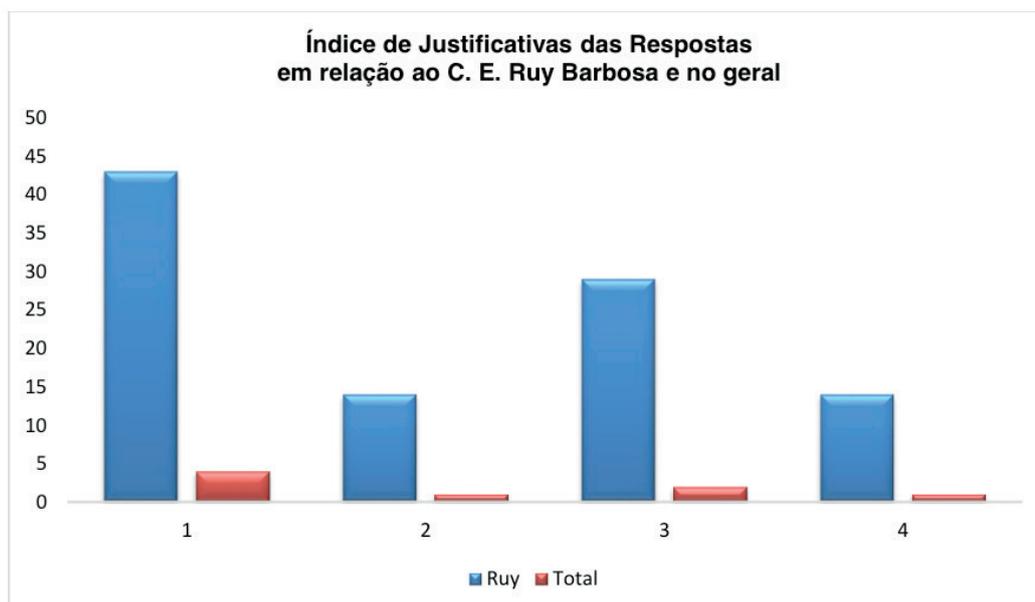
Índice de respostas do 1º ano C. E. Ruy Barbosa



Foram poucos questionários que apresentaram justificativas. Os alunos na maioria das vezes se detinham a marcar de forma objetiva nos parênteses V ou F. Sendo somente 6 (7%) das respostas da questão número com alguma justificativa; seguindo na questão 2 somente 4 (4,8%); nas questões 3 e 4 foram encontradas 3 (3,5%) justificativas em cada questão pelo menos.

Ainda sobre as justificativas pode-se dizer que somente 7 (8%) dos alunos que responderam os questionários apresentaram justificativas, sendo possível tabelar os seguintes resultados a serem destacados:

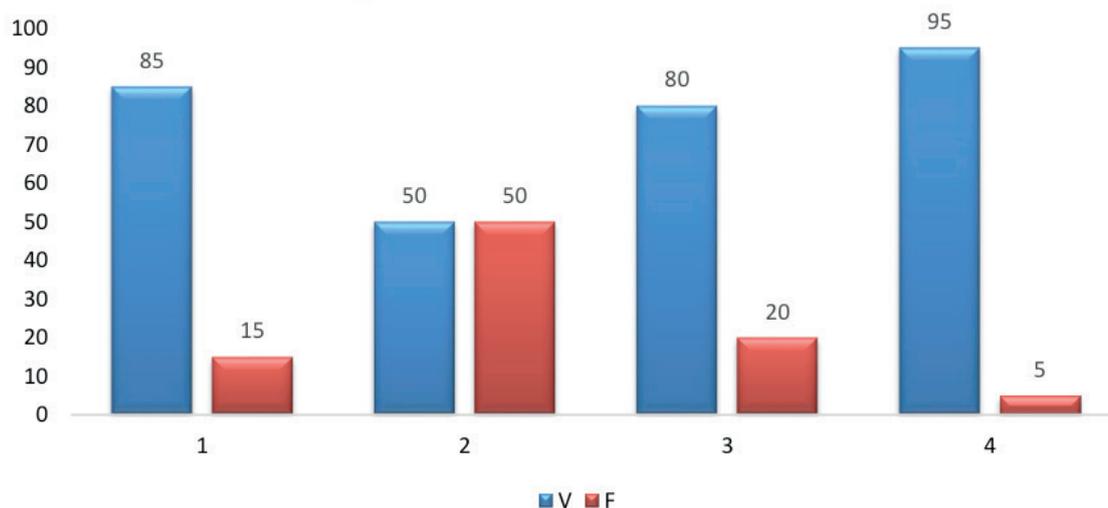
Quantas justificativas (4)	Em relação ao Ruy Barbosa (7)	No geral (103)
1	3 (43%)	3 (4%)
2	1 (14%)	1 (1%)
3	2 (29%)	2 (2%)
4	1 (14%)	1 (1%)



Já no C. E. Dunshee de Abranches, como já estavam em finalização de semestre, do 2º bimestre e se aproximando do recesso escolar, momento do Conselho de Classe, sendo aplicados em uma sexta-feira, onde a presença é muito baixa nessa Unidade Escolar (UE), as 2 turmas de 2º ano que foram consultadas somaram somente 20 (100%) questionários respondidos e os resultados podem ser apresentados abaixo:

QUESTÕES	RESPOSTAS	
	1	V
F		3 (15%)
2	V	10 (50%)
	F	10 (50%)
3	V	16 (80%)
	F	4 (20%)
4	V	19 (95%)
	F	1 (5%)

**Índice de respostas do 2º ano C. E. Dunshee de Abranches**

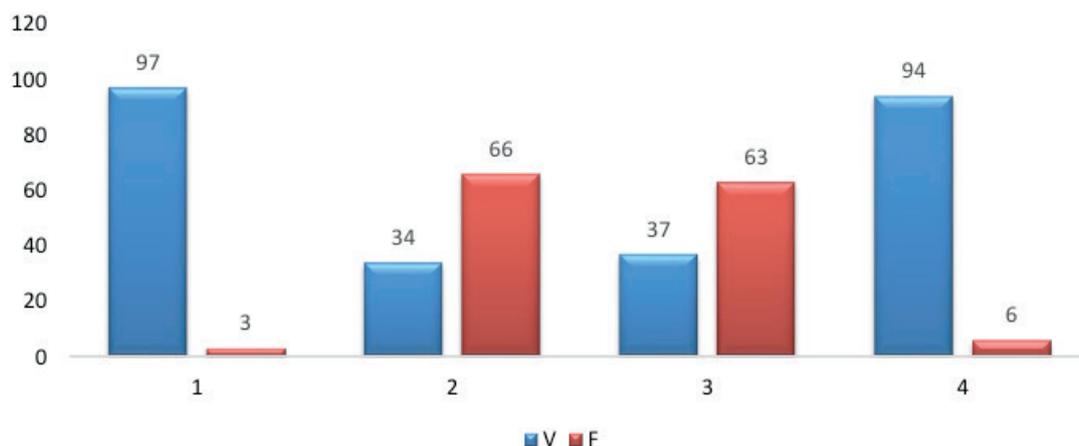


Nessa UE, realmente aparentemente, talvez por ser um número menor de respondentes, mesmo unindo as 2 turmas presentes no dia, também por serem alunos um pouco mais maduros, pois são de 2º ano, esperava-se um número de questionários com justificativas maior, porém nenhum questionário foi retornado com algum tipo de justificativa. Os alunos desse colégio se detiveram às questões objetivas.

Somando-se todos os questionários (103 respondidos:100%), podemos trazer os seguintes resultados gerais:

QUESTÕES	RESPOSTAS	
1	V	100 (97%)
	F	3 (3%)
2	V	35 (34%)
	F	68 (66%)
3	V	38 (37%)
	F	65 (63%)
4	V	97 (94%)
	F	6 (6%)

**Índice de respostas gerais de 2 UE da SEEDUC-RJ (1º e 2º anos)**



## 5 | CONCLUSÕES

Conclui-se que apesar de supostamente menos maduros os alunos de 1º ano justificaram mais suas respostas, o que não quer dizer que tenha havido algum conteúdo mais crítico entre essas justificativas. Dentre todas as justificativas que foram apresentadas pelos alunos da EU Ruy Barbosa, somente um estudante apresentou uma resposta mais questionadora. As demais se detiveram a repetir o conteúdo das afirmativas que foi lhes oferecida para avaliar se seriam verdadeiras ou falsas.

No entanto, os alunos de 2º ano da EU Dunshee de Abranches, apesar de em menor número não justificaram nenhuma de suas respostas, em contrapartida exibiram índices de respostas mais coerentes com o gabarito proposto das afirmativas para serem analisadas.

No âmbito geral, os índices mostrados de respostas verdadeiras e falsas em sua maioria correspondem ao gabarito que deveria ser respondido, portanto conclui-se que o vídeo foi compreendido em sua maioria, só exibindo alguns problemas no C.E. Rui Barbosa na questão 2 e no C. E. Dunshee de Abranches na questão 3, o que no âmbito geral acabou causando uma espécie de equilíbrio contrabalançando quando visto no total de respostas. O vídeo, então parece bem avaliado e aceito por

seus expectadores.

## REFERÊNCIAS

GESSER, A. **Libras? Que língua é essa?: crenças e preconceitos em torno da língua de sinais e da realidade surda**. São Paulo: Parábola Editorial, 2009;

SILVA, M. S. E. **Um olhar sobre a identidade surda**. Fórum Nacional de Crítica Cultural 2. Anais Eletrônicos, p. 272-279, 2010;

**SPREAD THE SIGN** – Glossário internacional de sinais – site – disponível em: <<http://spreadthesign.com>> . (acessado em: 12/2019)

SKLIAR, C. **A educação e a pergunta pelos Outros: diferença, alteridade, diversidade e os outros “outros”**. Ponto de Vista, Florianópolis, n. 5, p. 37-49, 2003;

TAVARES, I. M. S.; CARVALHO, T.S. Inclusão escolar e a formação de professores para o ensino de Libras (língua brasileira de sinais): do texto oficial ao contexto. **Anais do V EPEAL**, 2010.

## PROEJA: PERCEPÇÕES E INTERVENÇÕES PARA OTIMIZAÇÃO DO ENSINO-APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA NO TÉCNICO EM AGROINDÚSTRIA

Data de aceite: 27/03/2020

### **Rogério Pacheco Rodrigues**

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Uberlândia - MG

<http://lattes.cnpq.br/2257826494280397>

### **Danielle Ferreira Tizzo**

Instituto Federal Goiano (IF Goiano)

Morrinhos-GO

<http://lattes.cnpq.br/8822272309604382>

### **Waldiclécio Ribeiro Farias**

Instituto Federal de Goiás

Itumbiara – Goiás

<http://lattes.cnpq.br/4555343143346080>

### **Bárbara Nascimento Aud**

Instituto Federal de Goiás (IFG)

Itumbiara-GO

<http://lattes.cnpq.br/8996325270389445>

### **Anne Kamille Silva**

Faculdade Santa Rita de Cássia (UNIFASC)

Itumbiara-GO

<http://lattes.cnpq.br/6167630304795201>

### **Jéssica Campos Silva**

Instituto Federal Goiano (IF Goiano)

Morrinhos-GO

<http://lattes.cnpq.br/7226013465915432>

### **Lucas Miranda Vieira**

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Uberlândia - MG

<http://lattes.cnpq.br/9133677437543259>

### **Jordana Américo Zei Andrade**

Instituto Federal Goiano (IF Goiano)

Morrinhos-GO

<http://lattes.cnpq.br/3854109210935141>

### **Lucilene Cândida dos Santos**

Instituto Federal Goiano (IF Goiano)

Morrinhos-GO

<http://lattes.cnpq.br/3000695132493878>

### **Caroline Pâmella Ferreira Drigo**

Instituto Federal Goiano (IF Goiano)

Morrinhos-GO

<http://lattes.cnpq.br/4962035906024279>

### **Reginaldo Ferreira da Silva**

Instituto Federal Goiano (IF Goiano)

Morrinhos-GO

<http://lattes.cnpq.br/4866031687141003>

### **Natalia Lázara Gouveia**

Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM)

Uberaba - MG

<http://lattes.cnpq.br/1345292365334099>

**RESUMO:** O Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos (PROEJA) foi implementado em 2006. O Curso Técnico em Agroindústria na modalidade PROEJA é ofertado no IFG – Câmpus Itumbiara desde o primeiro semestre de 2013. Sabendo

que os alunos desta modalidade trazem uma bagagem sociocultural abalada, torna-se um desafio o ensino de Química a estes. A contextualização no ensino vem sendo defendida como um “meio” de possibilitar ao aluno uma educação para a cidadania concomitante à aprendizagem significativa de conteúdos. Assim a contextualização se apresenta como um modo de ensinar conceitos das ciências ligados à vivência dos alunos. O objetivo deste trabalho foi realizar ações facilitadoras para o ensino de Química para alunos do PROEJA. Para isso foram aplicados questionários e também realizadas aulas práticas as quais englobaram explicação oral, o cotidiano dos alunos, reportagens e discussões acerca do assunto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Química, PROEJA.

## PROEJA: PERCEPTIONS AND INTERVENTIONS TO OPTIMIZE TEACHING-LEARNING IN TEACHING CHEMISTRY IN AGRICULTURAL TECHNICIANS

**ABSTRACT:** ‘PROEJA’ was implemented in 2006. The Technical Course in Agroindustry in the PROEJA modality has been offered at IFG - Câmpus Itumbiara since the first semester of 2013. Knowing that students of this modality bring a shaken socio-cultural background, teaching Chemistry to them becomes a challenge. The contextualization in teaching has been defended as a “means” of enabling students to provide citizenship education concomitantly with meaningful content learning. Thus, contextualization is presented as a way of teaching science concepts linked to the students’ experience. The objective of this work was to carry out facilitating actions for teaching Chemistry to students of PROEJA. For this, questionnaires were applied and practical classes were also held, which included oral explanation, students’ daily lives, reports and discussions on the subject.

**KEYWORDS:** Chemistry teaching, PROEJA.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos – PROEJA criado em âmbito federal a partir do Decreto nº 5.840, de 13 de julho de 2006 instituiu o ensino profissionalizante de jovens e adultos (Brasil, 2006). O PROEJA tem como perspectiva a proposta de integração da educação profissional à educação básica buscando a superação da dualidade do trabalho manual e intelectual, assumindo o trabalho na sua perspectiva criadora e não alienante. Isto impõe a construção de respostas para diversos desafios, tais como, o da formação do profissional, da organização curricular integrada, da utilização de metodologias e mecanismos de assistência que favoreçam a permanência e a aprendizagem do estudante, dentre outros (PROGRAMA, 2014).

Segundo Zamberlan e colaboradores (2010) o PROEJA foi implantado nas instituições federais com intuito de atender grande parte da população brasileira que não concluiu sua formação acadêmica, ficando assim à margem do sistema escolar.

O Câmpus Itumbiara oferta o curso Técnico em Agroindústria na modalidade PROEJA, com duração de 4 anos, desde o primeiro semestre de 2013. Essa modalidade integra o ensino médio a um curso técnico profissionalizante e é destinado a pessoas que tenham idade mínima de 18 anos e que não tenham concluído o ensino médio. O curso Técnico em Agroindústria tem como objetivo formar profissionais técnicos de nível médio da área de produção alimentícia. Esse curso foi o escolhido para o Câmpus Itumbiara por englobar parte dos conteúdos de vários cursos do Catálogo Nacional de Cursos Técnicos como o Técnico em Alimentos, Técnico em Açúcar e Álcool, Técnico em Biocombustíveis, Técnico em Agronegócio e Técnico em Biotecnologia. O município de Itumbiara encontra-se em uma região estratégica para o Agronegócio, possui grande produção de soja, milho, algodão, cana de açúcar, carne bovina e leite, o que atrai empresas de processamento dessas matérias primas. Além disso, a cidade localiza-se em local estratégico para o escoamento de produtos do agronegócio para o interior do Brasil, região Sudeste e Sul (PPC PROEJA em construção - IFG/ Câmpus Itumbiara).

Em geral, os alunos dessa modalidade de ensino têm pouco tempo de estudo e muitas responsabilidades financeiras e familiares, sendo a grande maioria trabalhadora e responsável pelo sustento de sua família. Sua rotina é cansativa e a falta de motivação desses estudantes também está relacionada com o grande sentimento de culpa e frustração por não ter concluído seus estudos na época oportuna. Se considerarmos as características psicológicas do educando adulto, que traz uma história de vida geralmente marcada pela exclusão, veremos a necessidade de se conhecerem as razões que, de certa forma, dificultam o seu aprendizado. Esta dificuldade não está relacionada à incapacidade cognitiva do adulto. Pelo contrário, a sensação de incapacidade trazida pelo aluno está relacionada a um componente cultural que rotula os mais velhos como inaptos a frequentarem a escola e que culpa o próprio aluno por ter se evadido dela (BUDEL; GUIMARÃES, 2009).

É um desafio ensinar Química para os alunos do PROEJA. A área da Química enfrenta muita dificuldade na inserção do conhecimento teórico a esses alunos, o que se deve às diversas abstrações, como por exemplo, no ensino da estrutura atômica, distribuição eletrônica, propriedades dos elementos da tabela periódica, ligações químicas, geometria molecular, interação intermolecular, funções inorgânicas entre outros conceitos, que não podem ser visualizados na prática cotidiana, pois envolvem explicações moleculares e que necessitam de apoio computacional e/ou laboratorial.

O objetivo geral da disciplina de química no PROEJA é fazer o aluno entender as aplicações da química em seu dia a dia, nos seus aspectos científicos, sociais e no mundo. O desafio é, então, ensinar a química necessária para vida pessoal e profissional do aluno, uma vez que o tempo disponível para se trabalhar os conteúdos programáticos é menor e as características do público da EJA são diferentes do ensino médio regular. Nesse sentido, torna-se eminente repensar os procedimentos adotados em sala de aula e também a importância da formação continuada do docente.

De acordo com Budel e Guimarães (2009) muitas vezes os alunos da modalidade jovens e adultos apresentam dificuldades e conseqüentemente frustrações por não se acharem capazes de aprender Química, e, por não perceberem a importância dessa disciplina no seu dia a dia. Esses alunos querem ver a aplicação imediata do que está aprendendo. Sendo assim, torna-se evidente a necessidade de mudar a forma de ensino. Para isso é preciso expor o conteúdo relacionando-o ao contexto em que o aluno está inserido, para que assim ele possa ter uma visão mais ampla e crítica do conhecimento. Motivados, esses indivíduos encontrarão sentido nos conteúdos que estarão trabalhando, principalmente se houver uma comunicação direta entre esses conteúdos trabalhados em sala ou nos laboratórios e o mundo externo, seu dia-a-dia, seu trabalho, algo palpável que lhe faça sentido (**LIMA; FARKAT, 2010**).

A contextualização no ensino vem sendo defendida por diversos educadores, pesquisadores e grupos ligados à educação como um “meio” de possibilitar ao aluno uma educação para a cidadania concomitante à aprendizagem significativa de conteúdos. Assim a contextualização se apresenta como um modo de ensinar conceitos das ciências ligados à vivência dos alunos seja ela pensada como recurso pedagógico ou como princípio norteador do processo de ensino (**SOUSA; FERREIRA, 2011**).

Sendo a Química uma ciência experimental é essencial que seja adotado em sala de aula o estudo de fenômenos e fatos do cotidiano. A aplicação de atividades práticas no ensino de química é uma contribuição significativa para o desenvolvimento cognitivo do aluno, já que esta facilita o entendimento do assunto visto em sala (**ROCHA; BEZERRA, 2013**).

O objetivo geral do trabalho aqui delimitado foi realizar uma análise do perfil dos alunos e baseado nesse, propor ações facilitadoras para o ensino de Química para alunos do PROEJA do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias de Goiás – Câmpus Itumbiara. Como objetivo específico foi elencado: averiguar quais atividades poderiam ser aplicadas a estes discentes, de acordo com suas peculiaridades descobertas a partir do diagnóstico do perfil de cada um, a fim de melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

## 2 | METODOLOGIA

O trabalho foi dividido em três etapas principais: aplicação de um questionário para traçar o perfil diagnóstico dos alunos estudados e conhecer suas especificidades, montagem e realização de uma aula prática e aplicação de um novo questionário para verificar a eficácia da aula proposta. Estas etapas estão descritas a seguir.

A princípio para análise realizou-se a aplicação de questionários a turmas do curso técnico em Agroindústria na modalidade PROEJA do IFG – Câmpus Itumbiara. Estes foram respondidos pelos alunos com orientação de não se identificarem, respeitando a ética na pesquisa com intuito de analisar o perfil dos estudantes do curso, a importância da disciplina de Química para eles e a maneira que preferem que sejam as aulas de Química. Os dados levantados por meio do questionário foram convertidos em porcentagens para facilitar a interpretação do que foi analisado, e para que se fosse possível ter uma visão geral das particularidades do processo ensino aprendizagem desses alunos jovens e adultos.

Através das respostas dos alunos desenvolveu-se uma aula para cada turma analisada que os atendessem de maneira abrangente. As aulas realizadas foram uma prática laboratorial sobre ácidos e bases, na qual foi desenvolvida uma aplicação deste conceito na identificação de amostras de alimentos contaminados e/ou adulterados e reconhecimento de ácidos e bases.

A prática foi realizada em três etapas, as duas primeiras para construção do conceito ácido-base e depois a leitura de uma reportagem sobre fraude de alimentos e posterior utilização do conceito de amostras de alimentos adulterados.

Os materiais utilizados na aula foram: Água, suco de limão, vinagre, água sanitária, sabão em pó, limpador multiuso, bicarbonato de sódio comercial, fenolftaleína, extrato de repolho roxo, extrato de açafrão, fitas indicadoras de acidez e basicidade feitas de açafrão, béquer, pipeta de 15 mL, solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L, solução de ácido sulfúrico 0,1 mol/L, vidros de relógio, béqueres de 50 mL, espátulas e bastões de vidro.

Na primeira etapa com o auxílio de uma pipeta os alunos tiveram que adicionar 15 mL de solução hidróxido de sódio 0,1 mol/L em um béquer e adicionou 5 gotas do indicador. Em outro béquer os discentes deveriam repetir o mesmo procedimento descrito anteriormente para a solução de ácido sulfúrico 0,1 mol/L. Posteriormente os alunos deveriam anotar os resultados obtidos e usá-los de padrão de comparação para análise do caráter ácido ou básico das substâncias que seriam analisadas em seguida.

Na segunda etapa utilizaram-se béqueres de 50 mL para acondicionar as amostras, sendo que cada amostra foi colocada em três béqueres para testar indicadores diferentes e avaliar a variação decorrente em cada meio. Portanto

colocou-se cerca de 10 mL de suco de limão em três béqueres, 10 mL de vinagre em outros três, 10 mL de água sanitária em mais três vidrarias, 10 mL de limpador multiuso em três béqueres, 10 mL de água destilada em mais três e adicionar nestes três béqueres com água destilada uma espátula de sabão em pó em cada e promover a dissolução destes, 10 mL de água destilada em outros três béqueres e adicionar nos três uma pitada de bicarbonato de sódio e dissolver. Em cada amostra utilizou-se indicadores diferentes e os alunos deveriam observar e anotar sobre o ocorrido e a partir desta experimentação distinguirem quais substâncias amostrais eram ácidas e quais eram básicas.

Na última etapa da aula foram distribuídas aos alunos reportagens sobre fraude e contaminação de alimentos para que lessem. Em seguida foram disponibilizadas três amostras de leite e duas amostras de suco de fruta industrializado. A partir do conteúdo introduzido na aula, bem como a reportagem, os alunos deveriam utilizar os indicadores ácido/base e identificar quais amostras estavam impróprias para consumo.

Após a realização das aulas aplicou-se um novo questionário aos alunos, com a intenção de analisar quais foram as percepções que os alunos obtiveram depois da realização da aula prática.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados obtidos no primeiro questionário aplicado aos alunos do curso Técnico em Agroindústria na modalidade PROEJA, que se dispuseram a participar da pesquisa sem se identificarem, sobre o perfil do aluno, pode-se afirmar que cerca de 50% tem entre 18 a 24 anos de idade, 40% possuem uma idade entre 25 a 31 anos e 10% de 46 a 52 anos de idade. Todos residem em Itumbiara, município onde fazem o curso e 50% dos discentes são do sexo feminino e os outros 50% são do sexo masculino. 50% afirmaram que são casados, 20% solteiros, 10% que tem um contrato de união estável, 10% são amasiados e 10% divorciados.

Sobre a escolaridade do pai 70% afirmaram que possuem somente até o Ensino Fundamental, 10% que possuem Ensino Médio e 20% não souberam responder. Já a respeito ao grau de escolaridade da mãe 70% acusaram ter o Ensino Fundamental e 30% possuem o Ensino Médio. Referente à pergunta sobre se já iniciaram o Ensino Médio anteriormente 40% responderam que sim, 40% disseram que não e os outros 20% não responderam. O fato da maioria dos pais não disporem de Ensino Médio pode contribuir para o fato dos discentes analisados não terem cursado ou concluído o Ensino Médio em seu devido tempo. Os 40% que responderam que já haviam iniciado antes o ensino médio, relataram que desistiram por falta de interesse, tempo e questões familiares.

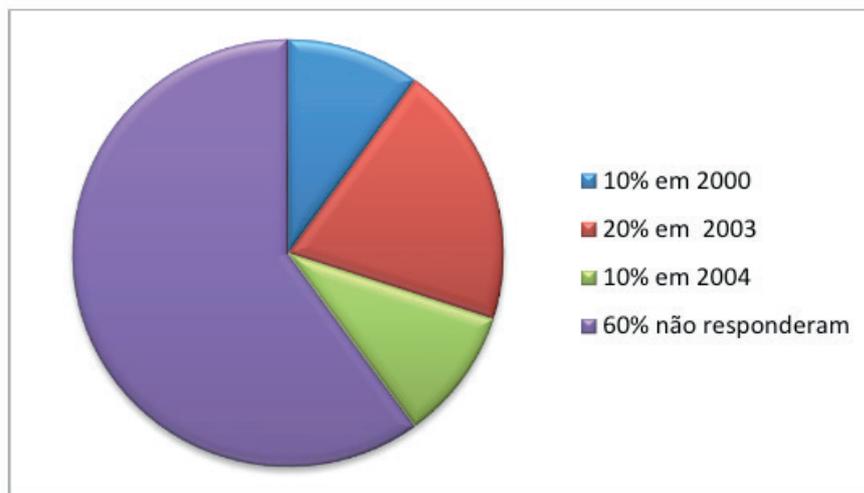


Figura 1. Ano em que os alunos do PROEJA que se dispuseram a responder os questionários terminaram o Ensino Fundamental.

Fonte: Os Autores (2020)

Analisando a Figura 1, observa-se que 10% alegaram que terminaram o Ensino Fundamental no ano de 2000, 20% destes alunos concluíram o Ensino Fundamental em 2003, outros 10% em 2004, e os demais 60% não responderam. Baseado naqueles que responderam, observa-se que completaram o Ensino Fundamental a 10 ou a mais de 10 anos, e esta é uma questão alarmante, pois o tempo que certamente estão sem estudar é considerável, o que implica num trabalho diferenciado com estes alunos, considerando que não se lembrarão de muitas coisas que aprenderam no nível fundamental.

No total de 70% dos alunos afirmam ter vínculo empregatício, sendo que só 30% não trabalham. 50% alegaram que estudam menos que uma hora por dia fora da sala de aula, 40% que estudam de uma a duas horas, e apenas 10% que estudam de duas a três horas por dia. A razão destes não se dedicarem muito tempo de seu dia aos estudos pode-se dar pela falta de tempo devido ao trabalho. Mas ações de conscientização devem ser realizadas, ressaltando a importância do estudo diário além do que se estuda em sala de aula.

Sobre a causa de terem parado de estudar, 10% alegaram a opção outro e descreveram que foi por falta de interesse, 20% disseram que foi para cuidar da casa/família, 40% declararam que abandonaram o estudo para trabalhar, 20% apontaram que os motivos foram para trabalhar e por falta de tempo e 10% responderam que foi por falta de tempo, para trabalhar e para cuidar de casa/família.

O que motivou a decisão de cursar o Técnico oferecido na modalidade PROEJA no IFG – Câmpus Itumbiara foi apontado por 90% dos alunos a facilidade de conseguirem um emprego posteriormente e 10% respondeu que é também pela facilidade de conseguir uma colocação imediata e pela necessidade de conclusão do Ensino Médio.

A respeito da disciplina de Química 100% responderam que gostam e acham importante por diversos motivos, tais como: “o mundo é constituído de Química”; “para o aprendizado e conhecimento”; “ajuda a nos prevenir contra produtos químicos”; “pois tudo que você faz move a Química”; “tudo na vida é Química”; “porque traz informações de uso pessoal importante, tais como processos químicos de coloração dos alimentos”.

60% acham que o número de aulas por semana é suficiente, 10% acham que é suficiente, mas completam que se tivessem mais aula da disciplina ficariam mais satisfeitos, e 30% não souberam responder a questão.

A preferência dos alunos sobre o tipo de aula que preferem, foi o último item do questionário, e a maior parte marcou mais de uma alternativa, contudo em termo de porcentagens obteve-se que 25% preferem aulas prática no laboratório, 25% gostam de debates nos quais discutem sobre artigos científicos, outros 25% apreciam as aulas expositivas que se utiliza quadro branco e pincel, e os demais 25% são adeptos das aulas de resoluções de exercícios.

Com base na análise das repostas ao questionário sobre perfil dos alunos, pôde verificar que o público do PROEJA apresenta uma história de vida muito mais ampla que o adolescente, história essa que tem origem no seu cotidiano doméstico ou no mundo do trabalho. Trabalhar com esses alunos exige antes de tudo, ter a consciência da necessidade de se respeitar o conhecimento trazido pelos sujeitos estudantes e aprender com eles, configurando assim um processo de ensino aprendizagem. É de suma importância conhecê-los para propor uma nova metodologia de aula, que desperte o interesse, a curiosidade e o gosto por se estudar Química.

Neste sentido o grupo que está realizando este trabalho verificou que dentro da viabilidade, o ideal seria que realizassem uma aula de laboratório que desenvolvesse conceitos teóricos e práticos, que abordasse o cotidiano destes alunos de maneira que atendesse o curso de Agroindústria, com foco na área de alimentos, e que gerasse debates, já que estes foram os itens com maior porcentagem na preferência dos tipos de aulas citados pelos alunos. Então a aula foi elaborada, agendada e realizada (Figura 2). O assunto escolhido para a aula prática foi Ácidos e Bases, já que esse tema tinha acabado de ser abordado em sala de aula e os alunos haviam apresentado dificuldades no seu aprendizado. Durante a realização da aula os alunos participaram veementemente de todas as etapas. Após a execução da aula, para averiguar os resultados e também como forma de avaliar o trabalho desenvolvido, aplicou-se outro questionário aos alunos, no qual eles responderam sem se identificar.



Figura 2. Realização da aula prática sobre ácidos e bases aplicada aos alunos do Curso Técnico em Agroindústria.

Fonte: Os Autores (2020)

Você acha que a disciplina de Química ficou mais atrativa com a aula prática no laboratório?	Sim 75%	Não -	Talvez 25%
Você considera a presença de experimentos importantes para o estudo de Química?	Sim 100%	Não -	Talvez -
As aulas práticas de Química facilitam a aprendizagem do conteúdo em sala de aula?	Sim 100%	Não -	Talvez -
A realização das aulas práticas é um estímulo para conclusão do curso?	Sim 100%	Não -	Talvez -
A relação das práticas feitas com assuntos do dia-a-dia torna-as mais interessantes?	Sim 100%	Não -	Talvez -
Você considera que a utilização de mais uma forma didática (uso de reportagens, laboratório e explicação oral), facilita o aprendizado e favorece a correlação do ensino de química com outros assuntos do cotidiano?	Sim 75%	Não -	Talvez 25%
Em sua opinião, qual a importância de se ter aulas práticas de Química?	(Resposta discursiva)		

Quadro 1. Questionário referente às percepções dos alunos do PROEJA após terem realizado a aula prática proposta.

Fonte: Os Autores (2020)

Com base no Quadro 1, verificou-se que 75% dos que responderam o questionário afirmaram que a disciplina de química ficou mais atrativa com a aula prática no laboratório, outros 25% responderam que talvez. 100% dos discentes concordaram que a presença de experimentos é sim importante para o estudo de Química. 100% alegaram que as aulas práticas de Química facilitam a aprendizagem do conteúdo em sala de aula. 100% dos alunos concordaram que a realização das aulas práticas é um estímulo para conclusão do curso. 100% avaliaram as relações

das práticas feitas com assuntos do dia-a-dia tornaram-nas mais interessantes. Ao perguntar se o aluno considera que a utilização de mais uma forma didática (uso de reportagens, laboratório e explicação oral), facilita o aprendizado e favorece a correlação do ensino de Química com outros assuntos do cotidiano, 75% responderam que consideram que sim, e os outros 25% responderam que talvez. Então por último foi realizada uma questão aberta, a qual os alunos deveriam responder na opinião deles qual era a importância de se ter aulas práticas de Química. Generalizando responderam que era de suma importância as aulas práticas de química seja para melhor compreender a teoria, para despertar o interesse pela disciplina e pelo fato que para o mercado de trabalho na área que eles estão cursando exige grande conhecimento laboratorial. Essa percepção dos alunos vai de encontro com o afirmado por Almeida et al., que enuncia que a aula prática é uma maneira eficiente de ensinar e melhorar o entendimento dos conteúdos de química, facilitando a aprendizagem. Os experimentos facilitam a compreensão da natureza da ciência e dos seus conceitos, auxiliam no desenvolvimento de atitudes científicas e no diagnóstico de concepções não científicas. Além disso, contribuem para despertar o interesse pela ciência. Através desta avaliação final aplicada aos alunos em forma de questionário, percebeu-se que a intervenção realizada com os alunos foi de grande significância. Pôde-se perceber que a prática interage significativamente com a teoria, contribuindo para um aprendizado mais efetivo. Essas atividades foram importantes para que os alunos vissem relação dos conteúdos Químicos com assuntos práticos e cotidianos. Os estudantes se sentiram motivados, e argumentaram que reconheceram a relevância nos conteúdos que foram trabalhados e conseqüentemente melhorarão seu rendimento em sala de aula.

Temos consciência que o número de alunos estudados é relativamente pequeno, porém, com os resultados colhidos podemos concluir que a abordagem experimental de Química é uma importante ferramenta na facilitação da aprendizagem de jovens e adultos. Principalmente, se os experimentos guardarem relação com o cotidiano dos estudantes, respeitando a vivência de cada indivíduo nos afazeres de casa, do trabalho, ou seja, suas experiências anteriores (LIMA; FARKAT, 2010).

#### 4 | CONCLUSÕES

Os dados obtidos no delimitado estudo, propicia aos professores subsídios para o desenvolvimento de suas técnicas pedagógicas para o ensino de química no PROEJA. É importante que o professor reflita sobre as metodologias utilizadas, pois através do questionário aplicado foi possível observar que o perfil destes alunos é diversificado. São alunos que ficaram durante anos sem estudar, pelos mais variados motivos, com diferente faixa etária, estado civil, e ainda exerce trabalho

remunerado e é responsável pelo sustento da família, e que mesmo com a falta de tempo para a dedicação aos estudos, estão em busca da qualificação, de um futuro melhor.

Por conseguinte, averiguou-se que ações simples podem ser praticadas a fim de motivar e proporcionar qualidade de ensino a estes alunos. Novas estratégias e processos devem ser utilizados com o propósito de facilitar o aprendizado dos alunos. Inteirar-se sobre o perfil e opiniões dos alunos é essencial para se orientar no processo ensino-aprendizagem e assim vencer as limitações dos envolvidos, acarretando em uma educação de qualidade. Portanto, uma maneira eficaz de se despertar o interesse dos alunos pela Química, é utilizar aulas práticas e assuntos ligados à vida real, aqueles em que os sujeitos estão mais familiarizados para que haja uma maior disposição para aprender.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. C. S. *et al.* Contextualização do ensino de química: motivando alunos de ensino médio. In: X Encontro de Extensão.

BRASIL. Decreto nº 5.840, de 13 de julho de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 de jul. 2006. Seção 1, p. 7.

BUDEL, G. J.; GUIMARÃES, O. M. **Ensino de Química na EJA: uma proposta metodológica com abordagem do cotidiano.** In: CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 1., 2009, Londrina. Anais... Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2009.

KRUGER, J. G.; LEITE, S. Q. M. **O ensino de química no curso técnico integrado PROEJA em metalurgia e materiais (IFES campus Vitória): análise das percepções discentes.** In: Ciências e Cognição; v. 15, n. 1, p. 17-186, 2010.

LIMA, C. M.; FARKAT, W. A.T. **A abordagem experimental para o ensino de química no proeja: algumas considerações metodológicas.** In: Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação Tecnológica, v. 5, 2010, Maceió, Anais... Maceió: Centro de Convenções de Maceió, 2010.

**PROGRAMA nacional de integração da educação profissional com a educação básica na modalidade de educação de jovens e adultos (Proeja).** Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12288&Itemid=562](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12288&Itemid=562)> Acesso em: 9 abr. 2014

ROCHA, G. C.; BEXERRA, A. C. S. **A importância da prática aliada a teoria no ensino de química.** In: 11º Simpósio Brasileiro de Educação Química, 2013, Teresina/PI.

SOUSA, P. A. A.; FERREIRA, L. N. A. **Química ambiental para jovens e adultos (EJA): Estratégias de ensino em busca da identidade ambiental.** In: Congresso Norte-Nordeste de Química, v. 4, 2011, Natal, Anais... Natal: UFRN, 2011.

ZAMBERLAM, A., *et al.* **Refletindo sobre o PROEJA: Produções de Santa Maria.** Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 2010.

## OBTENÇÃO DE CRISTAIS DE ALÚMEN DE CROMO E POTÁSSIO, TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE CR(VI) E SUA REUTILIZAÇÃO NA ESMALTAÇÃO DE CERÂMICAS COMO PROPOSTA DE EXPERIMENTO NA GRADUAÇÃO

Data de aceite: 27/03/2020

Data de submissão: 28/12/2019.

**Alfredo Alberto Muxel**

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC  
Blumenau  
Blumenau – Santa Catarina  
<http://lattes.cnpq.br/0297261021413130>

**Yara Karolini Cirilo**

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC  
Blumenau  
Blumenau – Santa Catarina

**RESUMO:** Os compostos de cromo são usados em muitos processos industriais e agrícolas, e em especial, os compostos de Cr(VI), apresentam alta toxicidade aos seres vivos, onde a sua facilidade de difundir na membrana celular e modificar a transcrição da molécula de DNA podem ocasionar efeitos carcinogênicos e mutagênicos. Desta forma, o monitoramento e tratamento desses resíduos é de fundamental importância, como a redução do Cr(VI) em Cr(III) que é mais estável, de menor mobilidade, considerado micronutriente, participando de rotas metabólicas de glicose, lipídeos e proteínas no organismo humano. Neste trabalho é apresentado uma metodologia de tratamento

dos resíduos de Cr(VI) derivados da síntese do alúmen de cromo e potássio produzidos durante a aula experimental da disciplina de Química Inorgânica Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Blumenau. O tratamento consiste em reduzir os resíduos de Cr(VI) em Óxido de Cromo (III), denominado “verde de cromo”, e utiliza-lo na pigmentação de peças cerâmicas. As peças em argila são produzidas e pigmentadas com tinta a base do óxido pelos próprios alunos e transformadas em peças cerâmicas após cozimento em forno a 800 °C. Através deste trabalho os estudantes podem aprimorar suas técnicas de laboratório, aprofundar seus conhecimentos sobre o tema, além de realizar o tratamento dos rejeitos gerados através de sua reutilização na esmaltação de peças cerâmicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alúmen de cromo e potássio; reutilização; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; esmaltação de cerâmicas.

OBTAINING CHROME AND POTASSIUM  
ALUM CRYSTALS, TREATMENT OF  
CR(VI) WASTE AND ITS USE IN CERAMIC  
EMALMING AS A PROPOSAL FOR  
GRADUATION EXPERIMENT

**ABSTRACT:** Chromium compounds are used

in many industrial and agricultural processes, and in particular Cr (VI) compounds have high toxicity to living beings, where their ease of diffusing into the cell membrane and modifying transcription of the DNA molecule may cause carcinogenic and mutagenic effects. Thus, the monitoring and treatment of these residues is of fundamental importance, as the reduction of Cr (VI) in Cr (III) is more stable, less mobile, considered micronutrient, participating in metabolic pathways of glucose, lipids and proteins in the human organism. This work presents a methodology for the treatment of Cr (VI) residues derived from the synthesis of chromium and potassium alum produced during the experimental class of Experimental Inorganic Chemistry of the Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC Blumenau. The treatment consists in reducing the residues of Cr (VI) in Chromium (III) Oxide, called "chromium green", and use it in the pigmentation of ceramic pieces. The clay pieces are produced and pigmented with oxide dye by the students themselves and turned into ceramic pieces after baking at 800 ° C. Through this work students can improve their laboratory techniques, deepen their knowledge on the subject, and perform the treatment of tailings generated through their reuse in the enamelling of ceramic pieces.

**KEYWORDS:** Chromium and potassium alum; reuse; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; enamel ceramic.

## 1 | INTRODUÇÃO

O cromo e seus compostos, como o alúmen, são amplamente utilizados em processos industriais e agrícolas como: fertilizantes, compostos de pigmentação, curtimento de couro, conservação de madeira, controle de corrosão em ligas metálicas e produção de aço inoxidável (DU *et al.*, 2006; LUSHCHAK *et al.*, 2009; YOON *et al.*, 2011).

Devido a esta vasta gama de aplicações, torna-se necessário o monitoramento e o tratamento dos resíduos gerados nesses processos, uma vez que a química inorgânica do cromo é rica em espécies, cores, geometrias e toxicidades diferentes. Seus estados de oxidação vão de -2 até +6. Os estados +2 e +3 são os mais estáveis termodinamicamente, enquanto +3 e +6 são os de maior importância em solução aquosa (FERREIRA, 2002).

O Cr(III) é considerado um micronutriente em virtude de sua participação nas rotas metabólicas de glicose, lipídeos e proteínas no organismo humano (KARAK, 2010). Entretanto, no meio intracelular o Cr(III) pode ser oxidado a Cr(VI) por moléculas orgânicas e por esse motivo a exposição a esta forma deve ser controlada (SOUZA, 2014).

O Cr(VI) apresenta maior toxicidade aos seres vivos devido à fácil difusão na membrana celular, oxidando-a e produzindo radicais livres que ao modificar a transcrição da molécula de DNA ocasionam efeitos carcinogênicos e mutagênicos (KUBRAK *et al.*, 2010; STANIEK *et al.*, 2009; PETERSON *et al.*, 2008).

Diante do exposto, a disciplina de Química Inorgânica Experimental do curso de Licenciatura em Química da UFSC - Blumenau estimula os alunos a propor metodologias de gerenciamento e tratamento dos resíduos gerados durante os experimentos, uma vez que a química deste metal é explorada durante a síntese do alúmen de cromo e potássio. Dessa forma, os alunos são incentivados a sugerir novos caminhos para práticas já descritas, e apresentar um relatório com essa nova proposta.

Num primeiro momento da disciplina, a experiência consiste em sintetizar, isolar e caracterizar o composto de coordenação do metal de transição em questão. Nesta fase os alunos tem contato com diversas técnicas de caracterização presentes na estrutura da disciplina e tem liberdade para sugerir aperfeiçoamentos ao experimento com a utilização de técnicas adicionais que julgarem necessárias.

O tratamento dos resíduos da síntese do alúmen foi proposta aos estudantes e uma rota alternativa, com a diminuição dos rejeitos gerados e a reutilização destes na esmaltação da cerâmica foi apresentada.

O objetivo deste trabalho foi expandir a forma tradicional de realizar experimentações no laboratório de Química Inorgânica e fornecer aos estudantes a oportunidade de propor alternativa a sua própria aprendizagem.

## 2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1 Síntese do alúmen de crômio e potássio ( $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ )

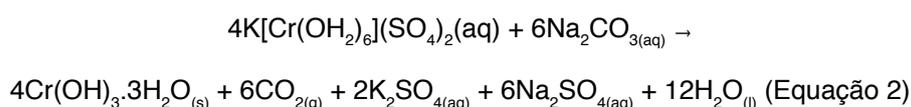
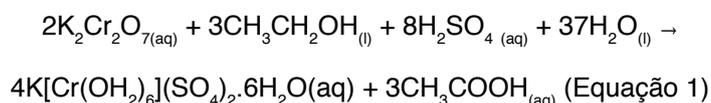
Em um béquer de 150 mL dissolve-se 6,0 g de dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) em 15 mL de água destilada e adiciona-se 3,5 mL de etanol. Resfria-se e mantém-se a suspensão em banho de gelo, enquanto, sob agitação, adiciona-se lentamente 50 mL de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 2,0 mol.L<sup>-1</sup>, não deixando que a temperatura ultrapasse 60 °C. Terminada a adição, a temperatura ambiente, agita-se a mistura até a obtenção de uma solução homogênea, tampa-se a solução com um vidro de relógio e deixa-se em repouso absoluto por uma semana. Após a separação dos cristais do alúmen (catação; filtração), a solução ácida contendo resíduos de cromo (VI) deve ser tratada conforme descrito no item 2.2.

O composto formado, Alúmen, é o nome dado a uma classe de compostos correspondentes a sulfatos duplos hidratados de um metal trivalente, nesse caso o cromo, e de um metal monovalente, nesta síntese, o potássio. O Alúmen de Cromo e Potássio é facilmente produzido por cristalização a partir de uma solução que contenha os íons necessários, produzindo cristais de cor violeta, geometria cúbica e com ponto de fusão de 89 °C.

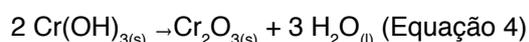
## 2.2 2 Tratamento de resíduos de cromo (VI)

O procedimento básico consiste em reduzir o Cr(VI) contido nos resíduos gerados nos experimentos a Cr (III) e precipitá-lo como seu hidróxido. Isto pode ser feito empregando-se o etanol como agente redutor do crômio. Esta redução deve ser feita em meio ácido (ácido sulfúrico) e é necessário neutralizar a solução contendo Cr(III) para a obtenção do precipitado  $\text{Cr}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Portanto, para o tratamento de soluções aquosas de cromo (VI) adiciona-se álcool etílico, mantém-se a solução resfriada e sob agitação, enquanto adiciona-se lentamente ácido sulfúrico  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  (Equação 1). Coloca-se a solução em uma capela e deixa-se em repouso até que a reação esteja completa (obs: poderá ocorrer a formação de cristais escuros do respectivo alúmen de crômio).

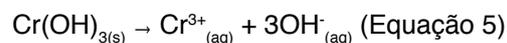
A neutralização final das soluções aquosas ácidas, após a redução do cromo (VI), pode ser feita adicionando-se lentamente carbonato de sódio (dispensa o uso de pHmetro) até completa precipitação do hidróxido de cromo (III) trihidratado (Equação 2). Deixa-se em repouso (digestão/decantação), elimina-se o sobrenadante, filtra-se a vácuo em funil de Buchner, lava-se com água e deixa-se secar a temperatura ambiente. O hidróxido de cromo (III), depois de seco, pode ser armazenado apropriadamente, como substância não oxidante. A solução restante, cujo pH está próximo de 8, pode ser descartada na pia, com grande quantidade de água.



O hidróxido de cromo (III) poderá ser desidratado a  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  para formar hidróxido de cromo (III) anidro (Equação 3), ou a  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  para obter o óxido de cromo (III) (Equação 4), denominado “verde de cromo” ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) que é um pigmento empregado em pinturas esmaltadas, esmaltação de cerâmicas e na coloração de vidros.



O hidróxido de cromo (III), pó azul esverdeado é muito pouco solúvel em água. A constante de solubilidade  $K_{\text{ps}}$  é de  $6,3 \times 10^{-31}$  para dissociação (Equação 5).



## 2.3 Preparação e esmaltação de cerâmicas

Para a preparação das peças cerâmicas as equipes devem providenciar a argila e o processo de construção da peça se dá pelos próprios estudantes com a argila úmida, sendo que depois de pronta é necessário a sua secagem antes de ir ao forno, para evitar que a mesma estoure durante a queima.

O processo de secagem na cerâmica é uma etapa extremamente importante, sendo fundamental para manter a integridade da peça. Para evitar rachaduras, quebras ou deformações o processo de secagem deve ocorrer ao ar e de maneira homogênea (GIARDULLO, 2005).

A preparação do pigmento a base de óxido de cromo (III) é realizada pela mistura de:  $\text{SiO}_2 = 59\%$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 23,2\%$ ;  $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 7\%$ ;  $\text{NaO} = 10,6\%$ , e aplicadas as peças usando como base glicerina. Após pigmentadas as modelagens em argila tornam-se objetos cerâmicos após serem queimadas a uma temperatura superior a  $600\text{ }^\circ\text{C}$ , alterando-se assim, as suas características físico-químicas, conferindo durabilidade, resistência e impermeabilidade ao objeto cerâmico. Esta queima também serve para fixar e fundir a pigmentação utilizada.

O processo de queima pode ser dividido em etapas para se obter um melhor resultado. A primeira etapa é realizar uma pré-secagem por 1 hora a  $70\text{ }^\circ\text{C}$ , uma secagem por mais 1 hora a  $100^\circ\text{C}$  e depois programar o forno a uma taxa de subida de temperatura de  $100^\circ\text{C}/\text{hora}$  até a temperatura final de  $800\text{ }^\circ\text{C}$  onde a queima deve durar entre 30 a 50 minutos. Após esse tempo desliga-se o forno e deixa-se esfriar naturalmente.

## 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento didático proposto neste artigo permite, através de procedimentos simples, efetuar a síntese do alúmen de cromo e potássio, através da cristalização de uma solução contendo os íons necessários. A discussão das várias etapas do experimento pode ser aprofundada em função das características da disciplina, podendo ser adaptada aos recursos disponíveis no laboratório da instituição.

A caracterização do composto, a título de experimentação na graduação, pode ser realizada através da análise das características do cristal: cristais cúbicos de coloração violeta e, através da determinação do seu ponto de fusão.

Por fim, através deste trabalho, os estudantes foram oportunizados em aprimorar técnicas de laboratório, aprofundar seus conhecimentos sobre o tema e ainda propor aperfeiçoamento do experimento através do tratamento dos rejeitos gerados através de sua reutilização na esmaltação de peças cerâmicas através do

preparo de um pigmento a base desses rejeitos.

## REFERÊNCIAS

DU, C.; ZHENG, S.; LI, H.; ZHANG, Y. **Solid-Liquid Equilibria of  $K_2CO_3 + K_2CrO_4 + H_2O$  System.** Journal of Chemical Engineering Data, v. 51, p. 104, 2006.

FERREIRA, A. D. Q. **O impacto do cromo nos sistemas biológicos.** Química Nova, v. 25, p. 572-578, 2002.

GIARDULLO, C.; GIARDULLO, P.; SANTOS, U. P.; **O Nosso Caderno de Cerâmica – introdução à técnica para cerâmica artística.** S.l.p., 1ª Edição, 2005.

KARAK, T.; BHAGAT, R. M. **Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review.** Food Research International, v. 43, p. 2234, 2010.

KUBRAK, O. I.; LUSHCHAK, O. V.; LUSHCHAK, J. V.; TOROUS, I. M.; STOREY, J. M.; STOREY, K. B.; LUSHCHAK, V. I. **Chromium effects on free radical processes in goldfish tissues: Comparison of Cr(III) and Cr(VI) exposures on oxidative stress markers, glutathione status and antioxidant enzymes.** Comparative Biochemistry Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, v. 152, p. 360, 2010.

LUSHCHAK, O. V.; KUBRAK, O. I.; LOZINSKY, O. V.; STOREY, J. M.; STOREY, K. B.; LUSHCHAK, V. I. **Chromium(III) induces oxidative stress in goldfish liver and kidney.** Aquatic Toxicology, v. 93, p. 45, 2009.

LI, J.; WEI, H.; GUO, S.; WANG, E. **Selective, peroxidase substrate based “signalon” colorimetric assay for the detection of chromium (VI).** Analytica Chimica Acta, v. 630, p. 181, 2008.

PETERSON, R. L.; BANKER, K. J.; GARCIA, T. Y.; WORKS, C. F. **Isolation of a novel chromium(III) binding protein from bovine liver tissue after chromium(VI) exposure.** Journal of Inorganic Biochemistry, v. 102, p. 833, 2008.

SOUZA, T.M.; SACZK, A.A.; MAGRIOTIS, Z. M.; PEREIRA, R.A.; PINTO, F. M.; FERREIRA, A.F.F.; ANDRADE, T.C. **Recuperação e Aplicação do Dicromato de Potássio Proveniente do Resíduo de Sulfocromica.** Rev. Virtual Quim., v. 6, n. 2, p. 453-466, 2014.

STANIEK, H.; KREJPCIO, Z. **The effects of tricentric chromium(III) propionate complex supplementation on pregnancy outcome and maternal and foetal mineral status in rat.** Food and Chemical Toxicology, v. 47, p. 2673, 2009.

YOON, I.-H.; BANG, S.; CHANG, J.-S.; KIM, M. G.; KIM, K.-W. **Effects of pH and dissolved oxygen on Cr(VI) removal in Fe(0)/H<sub>2</sub>O systems.** Journal of Hazardous Materials, v. 186, p. 855, 2011.

## DIALÉTICA EDUCATIVA ENTRE TICS E EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: ABORDAGEM CTS

Data de aceite: 27/03/2020

### **Eleonora Celli Carioca Arenare**

Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT-  
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação da  
Rede Amazônica de Educação em Ciências e  
Matemática-REAMEC/UEA.

### **Maria de Fátima Vilhena da Silva**

Universidade Federal do Pará/UFPA- Programa  
de Pós-Graduação da Rede Amazônica de  
Educação em Ciências e Matemática-REAMEC/  
UFMT/UFPA.

### **Francisco Hermes Santos da Silva**

Universidade Federal do Pará/UFPA- Programa  
de Pós-Graduação da Rede Amazônica de  
Educação em Ciências e Matemática-REAMEC/  
UFMT/UFPA.

**RESUMO:** Neste trabalho foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica, para investigar acerca de duas metodologias de ensino, tanto individualmente como de forma dialética, buscando-se relações advindas dos fundamentos da abordagem CTS. Desta forma, a sua construção tem como objetivos específicos, a produção acadêmica investindo nas teorias da aprendizagem e conhecimento, como aportes teóricos. Na busca dessa abordagem utilizou-se a plataforma Google Acadêmico, com ênfase em trabalhos de

enfoque metodológicos, publicados de 2006 a 2016. Foram selecionados 22 trabalhos, escritos na seguinte classificação: 3 teses, 12 dissertações e 7 artigos científicos. Entretanto, somente um trabalho aborda a integração das duas metodologias, o que evidencia uma grande lacuna a ser preenchida nas produções relacionadas a questões metodológicas, além de se constatar que menos de 50% dos trabalhos produzidos na acadêmica têm sido publicados, em periódicos científicos nacionais e internacionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Química; TICs; Experimentação; Abordagem CTS; Teorias da Aprendizagem.

**ABSTRACT:** In this work, a bibliographical research was developed to investigate two methodologies of teaching, both individually and in a dialectical way, seeking relationships arising from the foundations of the CTS approach. In this way, its construction has as specific objectives, the academic production investing in the theories of learning and knowledge, as theoretical contribution. In the search for this approach, the Google Scholar platform was used, with emphasis on methodological approaches, published from 2006 to 2016. Twenty-two papers were selected, written in the

following classification: 3 theses, 12 dissertations and 7 scientific articles. However, only one paper deals with the integration of the two methodologies, which shows a large gap to be filled in the productions related to methodological issues, and it is verified that less than 50% of the works produced in the academic have been published in national scientific journals and international organizations.

**KEYWORDS:** Teaching Chemistry; TICs; Experimentation; CTS Approach; Theories of Learning.

## INTRODUÇÃO

Na sociedade contemporânea, o ser humano, vive submerso no mundo das informações, as quais quando não bem administradas podem gerar efeitos não muito propícios para o desenvolvimento crítico de um cidadão, que deveria viver para transformar o meio e não para se englobado em suas críticas sem sentidos retóricos e pouco evolutivos. No entanto, cada vez mais a sociedade exige estudantes que se posicionem, julguem e tomem decisões, e que sejam responsabilizados por isso. (BRASIL, 2006).

Com base nesta abordagem, o processo educativo, pode possibilitar a formação ética de um cidadão com capacidades de romper com informações ultrapassadas, eficaz para reconstruir por meio das informações adquiridas, novos sentidos em situações vivenciadas na vida cotidiana. Sendo assim, o processo de ensino- aprendizagem é contínuo, não está atrelado a circunstâncias e situações que o estagnam, mais ele é gerado a partir de princípios ético e moral, que permeiam a realidade existente em uma determinada comunidade, de acordo com a realidade do contexto presenciado no momento, de sua abordagem.

Sendo assim, o processo de ensino-aprendizagem, de muitas disciplinas interferem de forma a colaborar na construção da formação do aluno, desenvolvendo neste o espírito investigativo, instigando-o a pesquisar, investigar, elaborar hipóteses e desencadear muitas perspectivas que envolvem um espírito científico. Ao olhar para a Ciência “Química” e suas contribuições neste sentido, muitos pesquisadores e estudiosos da área (SCHNETZLER, (1994); SCHNETZLER; SANTOS, (2000); SANTOS; SCHNETZLER (2003); TORRICELLI, (2007); MORAES,(2008); GUIMARÃES (2016)) colaboram com diversas reflexões no sentido do ensino, entretanto muitas lacunas ainda precisam ser preenchidas, analisadas, estudadas e investigadas, para que a importância desta Ciência, associada ao seu programa de conteúdos, levem o professor e o aluno a desenvolverem estruturas cognitivas capazes de promover a sociedade uma visão menos catastrófica, com relação a essa Ciência, dando-lhe a devida importância para o desenvolvimento da vida em sociedade, de forma mais produtiva, promovendo no aluno por meio de inúmeras

informações, a capacidade de construir um conhecimento novo por meio da visão científica.

Aliadas a esses propósitos de maximizar o processo de ensino-aprendizagem várias tendências de metodologias de ensino, surgem como propostas de serem ferramentas capazes de produzir na sala de aula, efeitos positivos em relação a compreensão dos diversos conteúdos a serem ministrados, dentre estas destacam-se: Jogos, Experimentação, TICs, Projetos, Modelagem, História da Química, Leitura de Textos, etc.

Nesse processo de ensino-aprendizagem em Química, as teorias da aprendizagem e do conhecimento, integram as situações que possibilitam estudos cognitivos relacionados as motivações e dificuldades dos alunos em aprender, exigindo do professor reflexões constantes relacionadas ao emprego das metodologias de ensino, na explanação de conteúdo a serem abordados, no decorrer do ano letivo, com ênfase na promoção da utilização da abordagem (CTS) - Ciência, Tecnologia e Sociedade. Envolvidos com essa dialética de construção do conhecimento, por meio da integração de duas metodologias (TICs e Experimentação) bastante utilizadas no Ensino de Química.

Construir uma dialética educativa, relacionando as teorias de aprendizagem com a utilização da abordagem CTS, buscando reconhecer de que formas surgem fatores que interferem no processo cognitivo do aluno, por meio da integração destas duas metodologias de ensino, TICs e Experimentação, especificamente no Ensino de Química, tornou-se um dos objetivos específicos para o desenvolvimento deste trabalho. Entretanto, esse trabalho tem como objetivo principal, investigar as implicações da relação dialética entre as Tendências Metodológicas de Ensino, conhecidas como TICs e Experimentação no Ensino de Química com fundamentos da abordagem CTS.

## **ENSINO DE QUÍMICA E ABORDAGEM “CTS” (CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE)**

Integrar o Ensino de Química com a abordagem CTS, de certa forma quebra visões distorcidas com relação a esta ciência, tendo em vista que, a situação problema, na escolha de um tema gerador, deve partir de uma questão social, com relação direta com o conhecimento científico e tecnológico, o que possibilita por meio da Experimentação e das TICs, demonstrações de conteúdos e sua relevância para o contexto social, além de trazer ao aluno conhecimentos capazes de levá-lo a compreensão de situações e construção de um conhecimento científico, que tenha significado e compreensão na resolução de problemas sociais, que englobem

contextos de situações culturais diferenciadas.

Muitos pesquisadores, estudiosos e acadêmicos (AIKENHEAD,(2005); GARCEZ(2014); CARVALHO, (2007); GAIA et al (2008); FREITAS-REIS; FARIA,(2015); CAVALCANTI; SOARES (2010); SOARES (2008);) têm investigado fatores relacionados a Tendências das Metodologias de Ensino para que o aluno compreenda a importância da Ciência “Química” , na efetivação e promoção do desenvolvimento em sociedade, utilizando abordagens diferenciadas, capazes de despertar o interesse, a motivação e o espírito científico na vida de alunos desde o Ensino Fundamental, percorrendo o Ensino Médio, levando-os a escolha da carreira científica no Ensino Superior, de forma que a evasão na Ciência “Química”, seja a mínima possível e o aluno seja despertado para prosseguir na vida acadêmica ingressando no mestrado e prosseguindo para o doutorado, alavancando conhecimentos capazes de o levarem a um pós-doc na área da Ciência “Química”.

Entretanto, o desinteresse e a motivação relacionados ao processo de aprendizagem na disciplina de Química, estão relacionadas muitas vezes a desmotivação em utilizar diferentes metodologias de ensino, para transmitir conteúdos curriculares, tendo um leque de situações a serem investigadas, muitos professores tornam as informações obtidas pelos alunos ainda enfadonhas, estáticas, estigmatizadas e desapropriadas, acarretando desestímulo no aluno, tornando essa área da Ciência pouco significativa e até mesmo excludente.

No meio da construção do conhecimento científico, surgem barreiras que podem ser ultrapassadas, Queiroz e Almeida (2004) dizem que uma destas dificuldades são as atividades experimentais que, possam relacionar a teoria com a prática.

### **TICS, EXPERIMENTAÇÃO E ABORDAGEM CTS.**

As contribuições das TICs, enquanto tendências metodológicas de ensino, para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, têm sido objeto de estudo de vários pesquisadores (TRINDADE; HARTWIG, 2012; YANO, 2012; LEITE: LEÃO, 2015; CANTO FILHO, et al 2014; ALMEIDA, et al 2009; SANTOS, et al 2010; FLORES; MOL, 2016; BARRO et al, 2015; CORREIA et al, 2013; GONÇALVES et al, 2014, ROLANDO et al, 2014; KAFER; MARCHI, 2014) , como ferramentas significativas podem ser usadas como: mapas conceituais, produção de vídeos (tanto para aulas expositivas como para processos demonstrativos experimentais e aulas experimentais), criação de site de Ensino de Química e divulgação científica, utilização de simulação, pesquisas de artigos em periódicos da área e utilização das TICs de forma geral.

Toda essa utilidade das TICs contribui para a Ciência “Química” de forma

significativa, tanto no ensinar como no processo de aprender, pois, esta é uma Ciência Experimental e dependendo do conteúdo a ser transmitido, torna-se bastante abstrata, o que muitas vezes interfere na compreensão do aluno com relação a sua assimilação do conteúdo ministrado.

Enquanto que a Tendência metodológica Experimentação, contribui para que o aluno por meio da observação das práticas experimentais, entenda a utilização e importância dos conteúdos da Química, e por meio da visualização de seus processos e transformações, tornando para o aluno esta Ciência, mais compreensiva, útil e necessária para ser estudada na escola e aprendida para ser desenvolvida e utilizada em diferentes áreas da sociedade, isso relatam os pesquisadores (GIORDAN, 1999; SAVIANI, 2000; ARROIO, et al. 2006; PINTO, 2012) da área de Ensino de Química, há décadas.

Porém uma das maiores dificuldades, segundo os professores, é que em pleno século XXI, muitas escolas não têm subsídios (materiais e equipamentos) e estrutura (laboratório de Química, com segurança e requisitos necessários para sua utilização) capazes de proporcionar aos alunos aulas Experimentais, conforme revelam algumas pesquisas brasileiras (Galiazzi et al. 2001), entretanto, essas dificuldades podem ser facilmente supridas, quando o professor busca experimentos oriundos de materiais de baixo custo, o que muitas pesquisas relacionadas a Experimentação (BENITE; BENITE, 2009) destacam, demonstrando que a má utilização ou a não utilização de aulas experimentais é um problema não da metodologia de ensino, mas da formação do professor, que muitas vezes não busca alternativas para suprir tais adversidades relacionadas ao processo de ensino.

Uma das formas de romper com essa problemática é a utilização de práticas experimentais através da Abordagem CTS, fazendo uso da Ciência, Tecnologia e Sociedade; trazendo possibilidades de integração entre o conteúdo de Química a ser desenvolvido em sala de aula, os acessórios tecnológicos disponíveis, para levar a compreensão social da importância da disciplina e de seu estudo em sala de aula.

É objeto de estudo desse artigo, fazer uma relação dialética entre duas Metodologias de Ensino, no caso a Experimentação e as TICs; de forma a integrar as diversas ferramentas que as TICs proporcionam a elaboração de práticas experimentais no Ensino de Química, utilizando a criatividade e a percepção para integrar os conteúdos curriculares, em um mundo abstrato, dinâmico e muitas vezes desconhecido dos alunos, visto que, a era das Tecnologias invadiu e permanece fazendo efeitos na personalidade e até mesmo na forma de ver o mundo e os alunos tem maior interesse pelo que podem ver e perceber, pegar e manusear na prática diária do que pelo que fica somente na imaginação. No Ensino de Ciências, a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais

que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação. DELORS, (2001).

O trabalho faz uma relação de categorização do Ensino de Química, com relação as TICs e a Experimentação, por meio de enfoque metodológico, interligando as Teorias da Aprendizagem e Conhecimento. Compreende-se dessas relações, que:

As teorias cognitivas de Jean Piaget e Vigostki propõe que o conhecimento é construído individualmente e socialmente, através das relações do sujeito com o mundo e com os demais sujeitos, dentro de contextos sociais e culturais determinados. O que têm uma relação bastante significativa com a integração das TICs com a Experimentação, visto que esta integração pode ser provida de forma individualizada ou em equipe, utilizando a abordagem CTS, através de temas geradores atuais, com ênfase e pesquisa em diferentes contextos a níveis regionais, nacional e internacional, proporcionando informações globalizadas, que quando bem administradas possibilitam a construção do conhecimento científico, de forma eficaz, com a concepção de diferentes culturas internalizadas, nas com mesmas concepções da Ciência, visto que esta será a mesma em qualquer parte do mundo.

É necessário que o professor se capacite para criar, intensificar e diversificar práticas pedagógicas que colaborem com o processo de ensino-aprendizagem (PERRENOUD, 2000).

De acordo com Silva (2016) quando o sujeito estabelece uma ligação entre o conhecimento e uma determinada ação (comparação, relação, diferenciação, etc.) ocorre uma assimilação, pois, como afirma Piaget (1980), há uma intermediação dos esquemas já estabelecidos cognitivamente para a compreensão do que se apresenta como novo ao indivíduo. Pádua (2009) considera que nos processos cognitivos – na relação sujeito/objeto, quando uma pessoa entra em contato com o objeto de conhecimento ele retira desse objeto algumas informações e as retém, e são essas informações, e não todas, e nem outras que são retidas porque existe uma organização mental a partir de estruturas já existentes.

“[...] Na assimilação cognitiva o objeto não é alterado por ser assimilado pelas estruturas mentais, nem é convertido em substância própria do organismo, mas apenas integrado no campo de aplicação dessas estruturas”. (PÁDUA, 2009, p.24).

A aprendizagem significativa de Ausebel é outra teoria da aprendizagem que de certa forma, dependendo do planejamento do professor com relação a programação da aula pode colaborar e fazer parte do ensino de Química, integrando a Experimentação e as TICs, visto que a mesma, acontece por meio da agregação dos conhecimentos adquiridos aos conhecimentos prévios do alunos, o que lhe possibilita a construção do conhecimento científico. Visto que;

## METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a partir de cinco etapas:

Primeira Etapa: Um levantamento bibliográfico na plataforma Google Acadêmico no período de 2006 a 2016, onde foram coletados artigos, dissertações e teses, utilizando-se os seguintes critérios de pesquisa:

- “Ensino de Química” e “Teorias da Aprendizagem” e “Enfoque Metodológico”
- “Ensino de Química” e “Experimentação” e “Enfoque Metodológico”
- “Ensino de Química” e “TICs” e “Enfoque Metodológico”
- “Ensino de Química” e “TICs” e “Abordagem CTS” e “Enfoque Metodológico”
- “Ensino de Química” e “Experimentação” e “Abordagem CTS” e “Enfoque Metodológico”
- “Ensino de Química” e “TICs” e “Experimentação” e “Enfoque Metodológico”

Segunda Etapa: Foram separados e lidos na íntegra os trabalhos que apresentavam em seus títulos, resumos e sumário uma das seguintes palavras-chaves: Ensino de Química, TICs, Experimentação, Abordagem CTS.

Terceira Etapa: Identificação na produção acadêmica da relação entre Experimentação e TICs na abordagem CTS, conforme as Teorias de aprendizagem e Conhecimento.

Quarta Etapa: Análise e Categorização dos trabalhos conforme a integração das duas Tendências de Metodologias de Ensino, explanados neste trabalho – TICs e Experimentação no Ensino de Química.

Quinta Etapa: Averiguação dos fundamentos da abordagem CTS na relação experimentação e TICs no Ensino de Química.

## RESULTADOS

TÍTULO	PRODUÇÃO ACADÊMICA	ANO	REGIÃO	IES	UF
1 - Novas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação aplicadas à educação no Brasil: o estado da arte.	Artigo	2008	Sul	IFSC	SC
2 - A arte de envolver o aluno na aprendizagem de Ciências usando softwares educacionais	Artigo	2010	Sul	PUC	PR
3 - Produção de vídeos didáticos sobre a bioquímica dos carbo-hidratos	Dissertação	2011	Centro-Oeste	UnB	DF
4 - Visões sobre o software Educandus: estudo de caso com professores de Química da rede pública	Dissertação	2011	Nordeste	UFRPE	PE
5- Montagem de uma disciplina experimental: contribuição para a Química Geral	Artigo	2011	Sudeste	PUC	SP
6 - Possibilidades Didáticos Metodológicas presentes na rede social Orkut: Contribuições para o Ensino de Química	Tese	2012	Centro-Oeste	UFG	GO
7 - As relações afetivas na prática tutorial e sua relação com a aprendizagem no curso a distância de Licenciatura Plena em Química	Dissertação	2012	Nordeste	UFRN	RN
8 - O Ensino de Química e a escola pública: A isomeria geométrica medida pelo uso de programas computacionais	Dissertação	2013	Sul	UCS	RS
9 - Contribuição das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para a acessibilidade de pessoas com deficiência visual: O caso da Universidade Federal do Ceará	Dissertação	2013	Nordeste	UFC	CE
10 - O uso de blogs e aulas	Dissertação	2013	Nordeste	UFC	CE

experimentais como práticas educativas no ensino de físico-química para o ensino médio: um estudo descritivo a partir do conceito de aprendizagem significativa					
11 - Robótica Educacional aplicada ao Ensino de Química: Colaboração e Aprendizagem	Dissertação	2014	Centro-Oeste	UFG	GO
12 - Módulos Didáticos sobre tópicos de Educação Ambiental para o Ensino Médio	Tese	2014	Sudeste	Unicamp	SP
13 - Experimentos de Química: uma alternativa pedagógica para o ensino médio na EJA	Dissertação	2015	Norte	UNIR	RO
14 - As TICs e o seu potencial lúdico	Artigo	2015	Nordeste	UFRPE	PE
15 - Aulas em Multimídia como ferramenta pedagógica na melhoria do Ensino de Química de alunos do 1 ano do ensino médio: um estudo de caso	Dissertação	2015	Nordeste	UFC	CE
16 - Atividade Experimental de Condutividade Eletrolítica: uma abordagem da Química com base em uma proposta CTSA	Dissertação	2015	Nordeste	UFS	SE
17 - Vídeos Midiáticos e os Conteúdos para o Ensino de Química	Dissertação	2016	Sudeste	Unicamp	SP
18 - O estado da arte sobre o Ensino de Química pautado sobre o modelo CTS	Artigo	2016	Nordeste	UFS	SE
19 - O Ensino de Química e o desenvolvimento da aprendizagem a partir da relação entre as TICs e a Experimentação em sala de aula	Tese	2016	Centro-Oeste	UFG	GO
20 - Uso da Química Forense como ferramenta de Ensino através da Aprendizagem Significativa	Dissertação	2017	Nordeste	UFC	CE
21 - O Facebook em ação nas aulas de Química: da ideia ao produto	Artigo	2016	Sudeste	UFMG	MG
22 - Levantamento bibliográfico em revistas brasileiras de ensino: artigos sobre o conteúdo Tabela Periódica	Artigo	2017	Sul	UTFPR	PR

Tabela I – Produção Acadêmica, tipo de trabalho e ano de publicação

Fonte: ARENARE (2018)

Na pesquisa relacionada a produção acadêmica, identificou-se 22 trabalhos, escritos na seguinte classificação: 3 teses, 12 dissertações e 7 artigos científicos, que relacionam-se integrando as seguintes temáticas: “Ensino de Química”, “Experimentação”, “TICs”, “Teorias da Aprendizagem”, “Abordagem CTS” e “Enfoque Metodológico”.

A Tabela I nos possibilita a compressão de que poucos trabalhos a nível de doutorado têm sido publicados envolvendo as temáticas analisadas, entretanto a nível de mestrado a produção têm crescido significativamente, porém a publicação de poucos artigos científicos (menos de 50%) oriundos da vida acadêmica, o que simboliza dizer que poucos destes trabalhos têm sido publicados em periódicos nacionais e internacionais, suscitando lacunas a serem preenchidas na divulgação científica dos trabalhos oriundos da acadêmica de Ciências a nível nacional, com relação a essas abordagens, para que em a linha de pesquisa, relacionada a Metodologias na área de Ensino de Química, tenha implicações significativas em seu desenvolvimento educacional e científico a nível nacional.

Categorização	TICs	Experimentação	TICs + Experimentação
<b>Teorias da Aprendizagem e do Conhecimento</b>	3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12,	7, 11, 13,14, 15, 20,	7, 17.19
<b>Abordagem CTS</b>	1, 2,3,6,21,22	6, 16,18,	6

Tabela II - Categorização dos trabalhos conforme a integração das duas Tendências de Metodologias de Ensino: TICs e Experimentação

Fonte: ARENARE (2018)

A Tabela II nos permite a observação, relacionada individualmente e com contribuição mútua das metodologias analisadas e o ensino de Química, onde apenas 18,18% dos trabalhos integram as TICs e Experimentação, sendo que apenas 4,54% dos trabalhos analisados, destacam-se por investir na abordagem CTS; o que demonstra a enorme lacunas relacionada a ausência de trabalhos publicados com essa abordagem.

Título	TICs	Experimentação	TICs + Experimentação
1- Novas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação aplicadas à educação no Brasil: o estado da arte.	Abordagem de um artigo com confecção de recurso audiovisual.	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase
2 - A arte de envolver o aluno na aprendizagem de Ciências usando softwares educacionais	Software Educacional Software de Simulação	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase
3 - Produção de vídeos didáticos sobre a bioquímica dos carbo-hidratos	Aplicação de um vídeo Flash	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase

4 - Visões sobre o software Educandus: estudo de caso com professores de Química da rede pública	Apresentação e análise do software Educandus	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase
5 - Montagem de uma disciplina experimental: contribuição para a Química Geral	Nenhuma ênfase	Experimentos Conceituais; experimentos metodológicos; experimentos fundamentais; experimentos quantitativos	Nenhuma ênfase
6 - Possibilidades Didáticos Metodológicas presentes na rede social Orkut: Contribuições para o Ensino de Química	Rede Social Criação de Comunidades Postagens em Blog	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase
7 - As relações afetivas na prática tutorial e sua relação com a aprendizagem no curso a distância de Licenciatura Plena em Química	Plataforma a distância	Fenômenos experimentais; Efeito Tyndall; células galvânicas; corrosão; pigmentos; caracterização de hidrocarbonetos e de alguns compostos orgânicos;	Plataforma a distância: Fenômenos experimentais; Efeito Tyndall; células galvânicas; corrosão; pigmentos; caracterização de hidrocarbonetos e de alguns compostos orgânicos;
8 - O Ensino de Química e a escola pública: A isomeria geométrica medida pelo uso de programas computacionais	Programas com simulação computacional	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase
9 - Contribuição das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para a acessibilidade de pessoas com deficiência visual: O caso da Universidade Federal do Ceará	Softwares:- Windows ou Linux; b) Navegadores Web - Mozilla Firefox ou Internet Explorer; c) Softwares de correio eletrônico - Gmail ou Webmail ou quaisquer compatíveis; d) Processadores de textos - Microsoft Word; e) Adobe Reader; f) Leitores de Telas - NVDA/ Orca/ Jaws; g) Ambiente operacional - Dosvox;	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase

10- O uso de blogs e aulas experimentais como práticas educativas no ensino de físico-química para o ensino médio: um estudo descritivo a partir do conceito de aprendizagem significativa	Criação de Blog	Laboratório  Técnicas de Segurança no laboratório	Exposição e Confecção de Vídeos e Textos Educacionais, abordando, o tema Soluções: Produção de Detergente Água Sanitária Desinfetante
11- Robótica Educacional aplicada ao Ensino de Química: Colaboração e Aprendizagem	Nenhuma ênfase	Titulação	Nenhuma ênfase
12 - Módulos Didáticos sobre tópicos de Educação Ambiental para o Ensino Médio	Nenhuma ênfase	Motivação; Capacidade de trabalhar em equipe; Aprendizagem de Conceitos científicos	Nenhuma ênfase
13 - Experimentos de Química: uma alternativa pedagógica para o ensino médio na EJA	Nenhuma ênfase	Confecção de experimentos utilizando materiais alternativos	Nenhuma ênfase
14 - As TICs e o seu potencial lúdico	Ponto de vista filosófico, epistemológico, psicológico, sociológico, lúdico, didático	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase
15 - Aulas em Multimídia como ferramenta pedagógica na melhoria do Ensino de Química de alunos do 1 ano do ensino médio: um estudo de caso	CDs, Softwares: PowerPoint, Prezi, Word e Adobe Flash Player, Simuladores. Software Graphpad Prism 6,	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase
16 - Atividade Experimental de Condutividade Eletrolítica: uma abordagem da Química com base em uma proposta CTSA	Nenhuma ênfase	Atividade experimental com materiais de baixo custo, de fácil aquisição no cotidiano dos alunos. (água, açúcar, sal de cozinha, fio de cobre, pilhas e/ou baterias, adaptador de pilhas).	Nenhuma ênfase

17- Vídeos Midiáticos e os Conteúdos para o Ensino de Química	Análise de vídeos publicados em redes sociais	Vídeos Experimentais	Análise de vídeos publicados em redes sociais  Vídeos experimentais
18 - O estado da arte sobre o Ensino de Química pautado sobre o modelo CTS	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase
19 - O Ensino de Química e o desenvolvimento da aprendizagem a partir da relação entre as TICs e a Experimentação em sala de aula	Produção de vídeos	Aparato conceitual: Interpretação do fenômeno	Produção de vídeos
20 - Uso da Química Forense como ferramenta de Ensino através da Aprendizagem Significativa	Nenhuma ênfase	Experimentação de crimes fictícios	Nenhuma ênfase
21 - O Facebook em ação nas aulas de Química: da ideia ao produto	Rede Social	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase
22 - Levantamento bibliográfico em revistas brasileiras de ensino: artigos sobre o conteúdo Tabela Periódica	Site Vídeos Atividades científicas com softwares	Nenhuma ênfase	Nenhuma ênfase

Tabela III – Produção acadêmica e sua ênfase na Tendência Metodológica

Fonte: ARENARE (2018)

A Tabela III destaca a baixa produção acadêmica, correlacionada as TICs e Experimentação e ao mesmo tempo, demonstra uma lacuna que precisa ser preenchida com mais pesquisas e projetos, nessa dupla perspectiva, pois, apenas dois trabalhos (9,09%) dos vinte e dois em análise, têm ênfase nessa dialética (TICs e Experimentação), destacam-se mais trabalhos de cunho relacionado as TICs (46,66%) e nesse processo de forma intermediária, pesquisas com ênfase em experimentação (44,25%).

Título	Fundamentação
6 - Possibilidades Didáticos Metodológicas presentes na rede social Orkut	Contribuições para o Ensino de Química. Segundo Esquembre (2002), as ferramentas computacionais podem contribuir para o ensino de Química, por possibilitar um ensino contextualizado, baseado na relação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), contribuindo para o envolvimento de estudantes nas atividades escolares, possibilitando a visualização de modelos que explicam fenômenos microscópicos, explicando fatores experimentais, e de certa forma trazendo a compreensão de processos abstratos, que interferem servem como obstáculos a construção do conhecimento científico.
10 - O uso de blogs e aulas experimentais como práticas educativas no ensino de físico-química para o ensino médio: um estudo descritivo a partir do conceito de aprendizagem significativa	- O próprio autor do trabalho, relata que o mesmo, têm uma abordagem construtivista no sentido de que o professor usa o método científico na construção do ensino e do conhecimento, promovendo o desenvolvimento cognitivo do aluno. Entretanto, o trabalho em nenhum momento faz ênfase a abordagem CTS, embora, integre a Ciência, a Tecnologia e envolva aspectos sociais, levando o aluno a conhecer as possibilidades de utilização dos conteúdos nas práticas do dia-a-dia.
16 - Atividade Experimental de Condutividade Eletrolítica	uma abordagem da Química com base em uma proposta CTSA. O autor descreve que o experimento está no contexto CTSA por utilizar material que não agride a natureza e de fácil aquisição. Nesse contexto, uma metodologia da prática científica envolta na CTSA, proporciona aos alunos uma oportunidade para explanarem suas ideias, desenvolverem competências a partir da investigação experimental e resolverem problemas. Entretanto, o mesmo não tem relação dialética entre as TICs e a Experimentação.
20 - Uso da Química Forense como ferramenta de Ensino através da Aprendizagem Significativa	Segundo o próprio autor o trabalho envolve questões de investigação, comunicação e contextualização sociocultural, permite ao aluno desenvolver mudança de atitude com relação a sua visão com relação a disciplina, desenvolver competências e habilidades formando um pensamento crítico e criativo. Entretanto não especifica nada sobre abordagem CTS e nem faz relação alguma entre TICs e Experimentação.
22 - Levantamento bibliográfico em revistas brasileiras de ensino:	Apesar do trabalho não apresentar relação entre a dialética com TICs e Experimentação, aborda ênfase em artigos sobre o conteúdo Tabela Periódica, explanando abordagem CTS, onde foram agrupados os artigos que trabalharam com o conteúdo químico a partir de atividades de cunho tecnológico e social, como as exposições abertas à comunidade, os filmes baseados em histórias em quadrinhos e as paródias elaboradas com músicas populares da cultura brasileira.

Tabela IV - Trabalhos com relação dialética entre TICs e Experimentação e seus Fundamentos na Abordagem CTS e de trabalhos que não comentam essa relação nas tem indícios significativos.

FONTE: ARENARE (2019)

A Tabela IV nos leva a compreensão de que somente um dos trabalhos analisados faz a integração entre TICs, Experimentação e abordagem CTS, porém

existem outros trabalhos em que o autor de alguma forma utiliza a abordagem, mas, não dar ênfase a mesma.

## CONCLUSÃO

A utilização das TICs na Experimentação, por meio da Abordagem CTS é uma alternativa de envolver o aluno no mundo das Ciências, levá-lo a obtenção de conhecimentos mais perceptíveis que promovam, realmente não somente a aprendizagem, mas a quebra de visões distorcidas relacionadas a importância, necessidade e compreensões da Ciência “Química” para a sociedade. Além de envolver o professor da Química, no mundo da investigação e planejamento de aulas com temas geradores que instige o aluno a ser motivado no processo do conhecimento científico, visto que este desta forma, tanto torna-se um investigador de suas próprias práticas pedagógicas, vivenciadas no processo diário da sala de aula.

Entretanto, utilizar metodologias de ensino e ter a percepção de formas capazes de fazer aulas diferenciadas, envolve também a formação inicial do professor, visto que muito dos professores que participam de pesquisas publicadas alegam suas dificuldades, por meio da má estrutura do processo educativo, mas existem uma diversidade de oportunidade que muitas vezes envolvem recursos alternativos, de baixo custo, que não são abordados com a devida frequência. Resta-nos refletir sobre este processo de acomodação refletido nas lacunas existentes em publicações científicas na área de ensino de Química. Refletir e também de alguma forma criar situações que produzam mudanças a partir de nosso próprio comprometimentos com a educação Científica.

Envolvidos no contexto amazônico, surgem infinitas oportunidades de envolver a abordagem CTS a conteúdos da ciência Química e partir para a publicação de trabalhos, como uma estratégia de instigar a comunidade de professores e pesquisadores da área, alavancando continuas propostas capazes de desenvolver um senso crítico e ético, enquanto pesquisadores da área científica.

## REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea comoquiera que se le llame. *Educación Química, México*, v. 16, n. 2, p. 114-124, 2005.

ARROIO, A. et al. O show da química: motivando o interesse científico. *Química Nova*, v. 29, n. 1, p. 173, 2006.

BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M. O laboratório didático no Ensino de Química: uma experiência no ensino público brasileiro. *Revista Ibero-americanas de Educación*, v. 48, n. 2, p. 1-10, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. *Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília, 2006.

CAVALCANTI, E. L. D. e SOARES, M. H. F. B. O ludismo e avaliação da aprendizagem: possibilidades para o ensino de química. In *ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA*, 15, 2010. Brasília. Anais... Brasília: UnB, 2010, p. 03-04.

CARVALHO, H. W. P. de. Ensino e aprendizado de química na perspectiva dinâmico- interativa. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 2, p.34-47, 2007.

DELORS, J. *Educação: um tesouro a descobrir*. São Paulo: Cortez; Brasília: MEC; UNESCO, 2001.

ESQUEMBRE, F. Computers in physics education. *Computer Physics communications*, v.147, p.13-18, ago. 2012.

FREITAS-REIS, I. e FARIA, F. L. Abordando o tema alimentos embutidos por meio de uma estratégia de ensino baseada na resolução de casos: os aditivos alimentares em foco. *Química Nova na Escola*, v. 37, p. 63-70, 2015.

GAIA, A. M.; ZAMBOM, D. M.; AKAHOSHI, L. H.; MARTORANO, S. A. A. e MARCONDES, M. E. R. Aprendizagem de conceitos químicos e desenvolvimento de atitudes cidadãs: o uso de oficinas temáticas para alunos do ensino médio. *Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)*, UFPR, Curitiba, 2008

GALIAZZI, M. C. et al. Objetivos das Atividades Experimentais no Ensino Médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, 2001.

GARCEZ, E. S. C. Jogos e atividades lúdicas em ensino de química: um estudo estado da arte. *Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás*, Goiânia, 2014.

GIORDAN, M.; O papel da experimentação no Ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, n.10, 1999.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Revista Química Nova na Escola*, v. 31, N° 3, São Paulo, 2009. Disponível em: Acessado em: 30 de março de 2016.

MORAES, R. Cotidiano no Ensino de Química: superações necessárias. In: GALIAZZI, M. do C. ET AL. (Org) *Aprender em rede na Educação em Ciências*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008. 304 p.

PERRENOUD, P. A. *Novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 2000

PINTO, A. C. O ensino médio de química: o que fazer para melhorá-lo? *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 23, n. 6, p. 985-986, 2012.

SANTOS, W.L.P.; SCHNETZLER, R.P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. Ijuí, Editora Unijuí, 2003.

SCHNETZLER, R. P. (1994) Do ensino como transmissão, para um ensino como promoção de mudança conceitual nos alunos: Um processo e um desafio para a formação de professores de Química. *Caderno Anped*. Belo Horizonte – MG, 16ª Reunião Anual, n. 6,

SCHNETZLER, R. P.; SANTOS, W. L. P. (2000) *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. 2 ed. Ijuí: Unijuí.

SOARES, M. *Jogos para o Ensino de Química: teoria, métodos e aplicações*. Espírito Santo: Ex Libris, 2008, p. 01-02.

TORRICELLI, E. *Dificuldades de aprendizagem no Ensino de Química*. (Tese de livre docência), Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Educação, 2007.

## SOBRE A ORGANIZADORA

**JÉSSICA VERGER NARDELI** - Possui graduação em Química Bacharel com Atribuições Tecnológicas pela Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD (2012), com Mestrado em Química pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Instituto de Química de Araraquara, SP (2014). Desenvolveu estágio de pesquisa no exterior durante o Mestrado e Doutorado na Universidade de Lisboa - Instituto Superior Técnico de Lisboa - IST, Lisboa, Portugal. Atualmente desenvolve Doutorado pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Instituto de Química de Araraquara, SP. Revisora dos periódicos indexados: *Corrosion* e *Advanced Engineering Forum*. Tem experiência na área de Química, Engenharia Química, Engenharia de Materiais com ênfase em Química de Materiais e Eletroquímica. Atualmente a autora tem se dedicado nos seguintes temas: revestimentos contra corrosão, revestimento orgânico, síntese, tratamento de superfície, polímeros, poliuretano, química verde, estudo eletroquímico, caracterização de superfície, caracterização eletroquímica convencional e localizada, revestimento *self-healing*, *smart coating*. Possui experiência nas técnicas: *Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR-ATR), *Optical Microscope* - OM, *Scanning Electron Microscopy* - SEM, *Adhesion tests*, *Raman*, *Nuclear Magnetic Resonance* - NMR, *Atomic Force Microscopy* - AFM, *Thermogravimetric Analysis* - TGA, *Electrochemical Impedance Spectroscopy* - EIS, *Localized Electrochemical Impedance Spectroscopy* - LEIS and *Scanning Vibrating Electrode Technique* - SVET coupled with the *Scanning Ion-selective Electrode Technique* - SIET.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abordagem CTS 100, 103, 104, 106, 108, 113, 114  
Ação antioxidante 10, 12, 16  
Alfa-Pinene 65  
Alúmen de cromo e potássio 94, 96, 98  
Análise Citotóxica 67  
Análise de sedimentação 27  
Análise química 66  
Antioxidantes 10, 11, 65, 71  
Atividade antioxidante 10, 13, 15, 17, 64, 66, 69, 70

### C

Cádmio 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46  
Caracterização das emulsões 23  
Carboximetil-quitosana 19, 20, 21, 22, 33  
Chemistry teaching 84  
Cobalto 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46  
Composição química 11, 34, 64, 66, 67  
Compostos fenólicos 10, 12, 16  
*Cymbopogon winterianus* 19, 20, 34

### D

Determinação do grau de substituição 22, 26  
Dialética educativa 100, 102  
DLLME-SFO 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44  
Docagem molecular 1, 3, 6, 7, 8

### E

Eficiência de encapsulamento 24, 25, 31, 33  
Emulsões 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34  
Energia de interação 4  
Ensino de ciências 73, 74, 104, 115  
Ensino de química 75, 83, 84, 86, 92, 93, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 114, 115, 116  
Esmaltação de cerâmicas 94, 97, 98  
Extração do óleo essencial 66

### F

Fitoquímica 11, 12, 17  
Fontes vegetais 11  
FTIR 117

## I

Identificação botânica 66

## L

Ligantes 3, 5, 6, 7, 8

## M

Metabólitos secundários 10, 11, 21

Microextração 35, 37, 38, 42, 46

Myrtaceae 64, 65, 66, 70, 72

## N

Nanoemulsões 19

Níquel 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46

NS2B-NS3 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9

## O

*Ouratea fieldingiana* 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17

## P

Perfil cinético de liberação 20, 25

PROEJA 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

## Q

Quitosana 19, 20, 21, 22, 27, 33

## R

Raios-X 62, 63

## T

Testes fitoquímicos 12

Theories of Learning 100, 101

Titulação potenciométrica 22, 26

Tratamento de resíduos de cromo (VI) 97

Tubos de Crookes 50

## Z

Zika 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**