



O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA

JÉSSICA VERGER NARDELI
(ORGANIZADORA)



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
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

CAPÍTULO 1	1
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	
DOI 10.22533/at.ed.8672002041	
CAPÍTULO 2	10
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	
DOI 10.22533/at.ed.8672002042	
CAPÍTULO 3	19
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	
DOI 10.22533/at.ed.8672002043	
CAPÍTULO 4	35
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	
DOI 10.22533/at.ed.8672002044	
CAPÍTULO 5	48
RADIAÇÃO X: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES	
Otavio Augusto Artifon Zanatta	
DOI 10.22533/at.ed.8672002045	
CAPÍTULO 6	64
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

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 cm^{-1} , empregando-se 32 scans e resolução de 4 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 μL de surfactante, 50 μL (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 absorbâncias 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 absorbâncias, 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 absorbâncias, como mostra a Figura 1 abaixo:

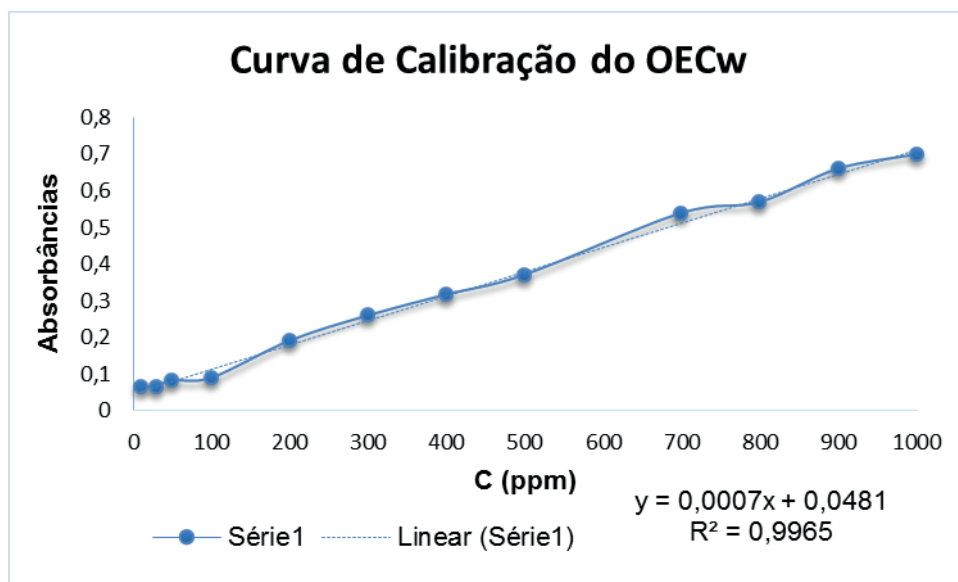


Figura 1: Curva de calibração do óleo essencial de *C. winterianus*.

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.

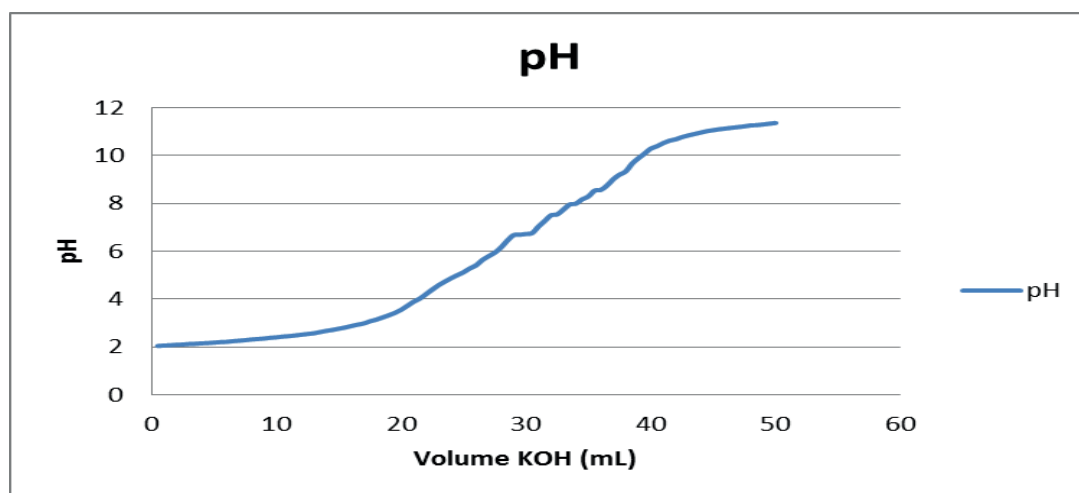


Figura 2: Curva de titulação potenciométrica para determinação do grau de substituição da (CMQ).

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 cm^{-1} , referindo-se a grupos acetato ou piruvato, e em 1610 cm^{-1} indicativo de grupos carboxilatos (DARZI, *et al.*, 2012). A banda que surge em 1399,52 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 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 cm^{-1} na análise realizada.

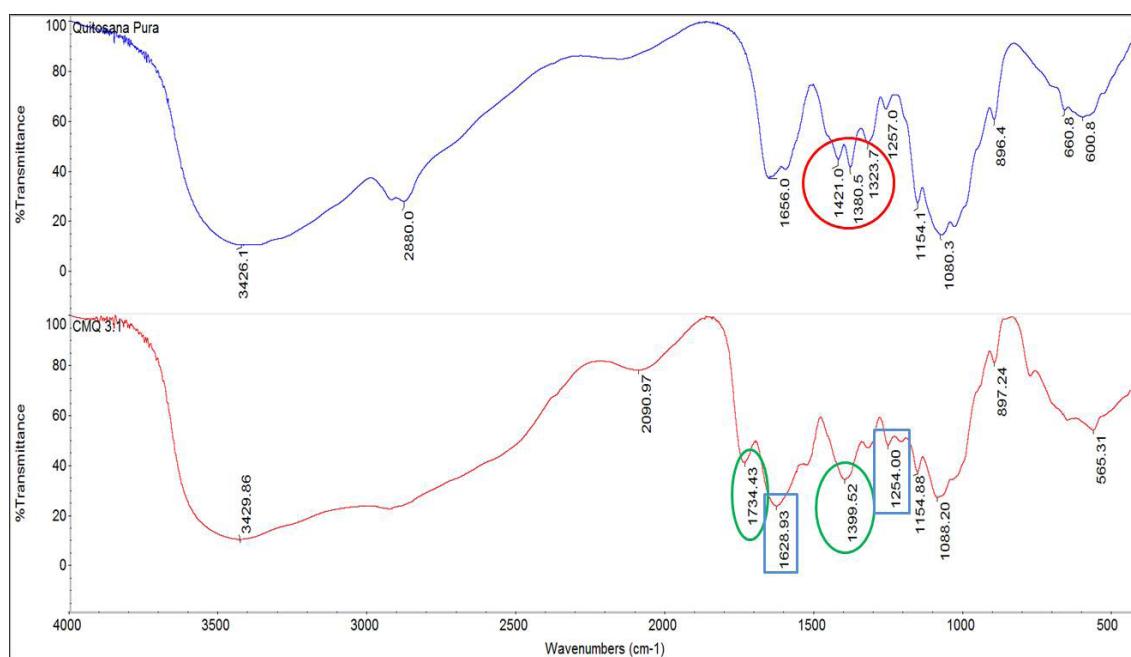


Figura 3: Análise FT-IR comparativa de quitosana (azul) e Carboxi-metil-quitosana (vermelha)

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.

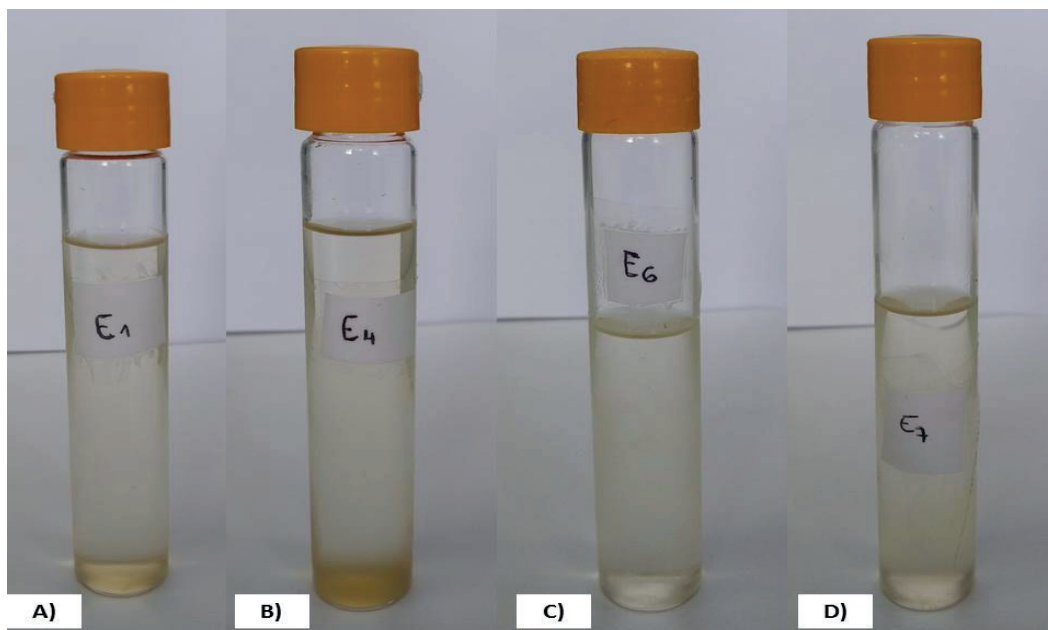


Figura 4: Análise do volume de sedimentação das emulsões. Legenda: A) Emulsão 1; B) Emulsão 2; C) Emulsão 3; D) Emulsão 4

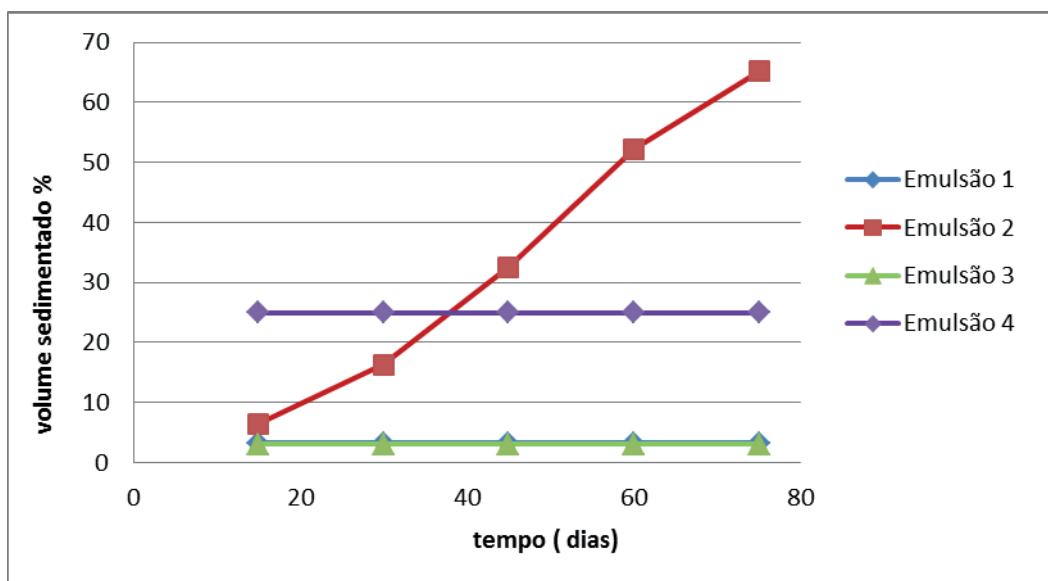


Figura 5: Valores de volume de sedimentação (%) em função do tempo para as emulsões

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.

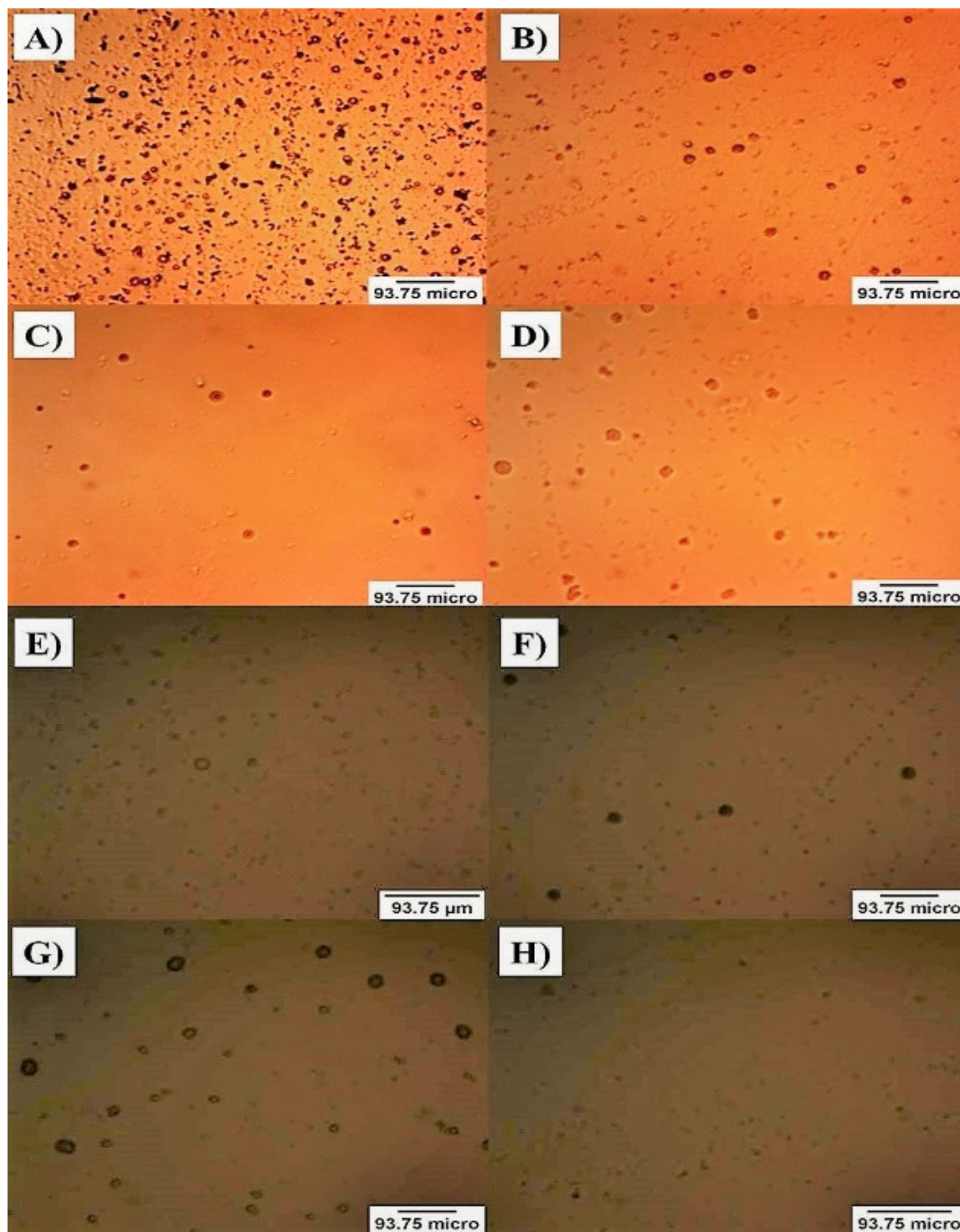


Figura 6: Análise de microscopia óptica após 30 dias e após 90 dias de preparação das emulsões: A) e E) Emulsão 1; B) e F) Emulsão 2; C) e G) Emulsão 3; D) e H) Emulsão 4.

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 (μm)	Desvio Padrão	Média (μm)	Desvio Padrão
Emulsão 1	72,21	$\pm 19,70$	72,44	$\pm 1,03$
Emulsão 2	83,15	$\pm 17,27$	83,67	$\pm 6,37$
Emulsão 3	63,47	$\pm 16,15$	63,54	$\pm 9,65$
Emulsão 4	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
Encapsulamento	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.

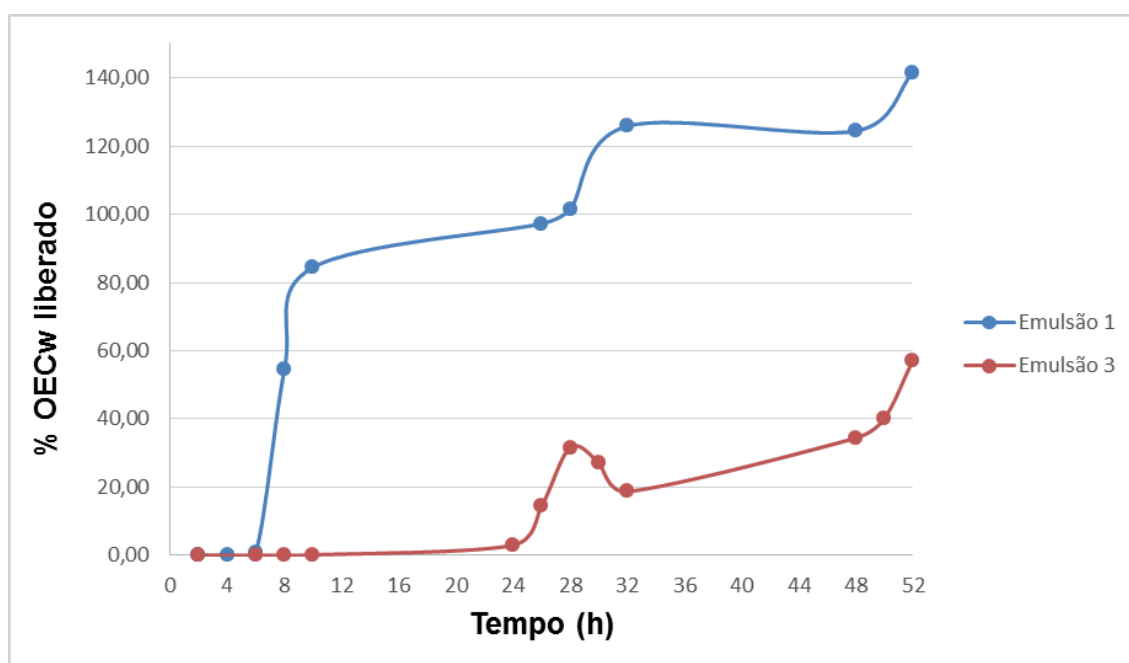


Figura 7: Curva de liberação *in vitro* do OECw das emulsões 1 e 3.

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.

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