

# A produção do conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra 2

6,0 Gt CO<sub>2</sub>  
Ingrid Aparecida Gomes  
(Organizadora)



**Ingrid Aparecida Gomes**

(Organizadora)

# A Produção do Conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra

## 2

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

P964 A produção do conhecimento nas ciências exatas e da terra 2  
[recurso eletrônico] / Organizadora Ingrid Aparecida Gomes. –  
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A produção do  
Conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-239-5

DOI 10.22533/at.ed.395190404

1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Gomes,  
Ingrid Aparecida. II. Série.

CDD 507

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

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

2019

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “A produção do conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 21 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca do ensino e educação.

As Ciências Exatas e da Terra englobam, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Estas ciências estudam as diversas relações existentes da Astronomia/Física; Biodiversidade; Ciências Biológicas; Ciência da Computação; Engenharias; Geociências; Matemática/ Probabilidade e Estatística e Química.

O conhecimento das mais diversas áreas possibilita o desenvolvimento das habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o seu meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

A ideia moderna das Ciências Exatas e da Terra refere-se a um processo de avanço tecnológico, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador de pesquisas.

Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados a ensino e aprendizagem. A importância dos estudos dessa vertente, é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Ingrid Aparecida Gomes

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
APLICAÇÃO DA FUNÇÃO DENSIDADE COM DISTRIBUIÇÃO BETA EM UM AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO INTERVALAR	
Dirceu Antonio Maraschin Junior Alice Fonseca Finger	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3951904041</b>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>6</b>
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO FATORIAL PARA A OTIMIZAÇÃO NA SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POLISSACARÍDICAS	
Nilvan Alves da Silva Edilson Lima Cosmo Júnior Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3951904042</b>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>15</b>
APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA DETECÇÃO DE FALHAS E DIAGNÓSTICO TERMODINÂMICO NOS COMPONENTES DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO COMERCIAL E INDUSTRIAL	
Ronald de Paiva Gonçalves Euler Guimarães Horta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3951904043</b>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>23</b>
APLICAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE I PARA CLASSIFICAÇÃO DE SETORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Gabriele M. Kestlarek Fernando Jorge C. M. Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3951904044</b>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>34</b>
ANÁLISE DE GESTÃO DO ESTOQUE DE MATÉRIA-PRIMA UTILIZANDO A METODOLOGIA MASP EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA	
Elizabeth Cristina Souza Baltazar De Mesquita João Marcelo Carneiro Mariana Brasil Accioly Paula Nilton da Silva Oliveira Junior Raissa Costa Martins Thuanny Cunha dos Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3951904045</b>	
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>41</b>
CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLÓGICA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO CENTRAL DE RONDÔNIA	
Mirian Gusmão Emanuel Maia Anna Frida Hatsue Modro Fernando Ferreira Morais	

**DOI 10.22533/at.ed.3951904046**

**CAPÍTULO 7 ..... 58**

ANÁLISES DO ACÚMULO DE SEDIMENTOS EM UM REPRESAMENTO DO RIBEIRÃO SÃO BARTOLOMEU NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA – MG

Lucas José Ferreira Viana  
Youlia Kamei Saito  
Mateus Ribeiro Benhame  
Ítalo Oliveira Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.3951904047**

**CAPÍTULO 8 ..... 71**

UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LINGUAGENS DE MODELAGEM DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS

João Felipe Pizzolotto Bini  
Marcos Antonio Quináia

**DOI 10.22533/at.ed.3951904048**

**CAPÍTULO 9 ..... 89**

COMPARATIVO SOBRE OS PRINCIPAIS MODELOS DE BANCOS DE DADOS NOSQL

João Dutra Cristoforu  
Josiane Michalak Hauagge Dall’Agnol  
Lucélia de Souza  
Gisane Aparecida Michelon

**DOI 10.22533/at.ed.3951904049**

**CAPÍTULO 10 ..... 101**

DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE GRÁFICA PARA ANÁLISE E MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE FUNCIONAMENTO DE UM FÓRMULA SAE

Piêtro da Silva Santos  
Ronald de Paiva Gonçalves

**DOI 10.22533/at.ed.39519040410**

**CAPÍTULO 11 ..... 114**

DESENVOLVIMENTO WEB: SOFTWARE DE AUXILIO NA GESTAO DE EVENTOS

Francisco de Assis Nunes Cavalcante  
Rafael Miranda Correia

**DOI 10.22533/at.ed.39519040411**

**CAPÍTULO 12 ..... 126**

ELABORAÇÃO DE PRODUTOS EM ROBOTICA ASSOCIADOS A CONCEITOS SOBRE AS EXPERIÊNCIAS DOS USUÁRIOS

Nathalino Pachêco Britto  
Maria Elizabeth Sucupira Furtado  
Atiele Oliveira Cavalcante  
Bruno Lourenço  
Natã Lael Gomes Raulino

**DOI 10.22533/at.ed.39519040412**

**CAPÍTULO 13 ..... 134**

**ESTRUTURA PARA APLICAÇÃO EM ROBÔ PARA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS SUSTENTÁVEL**

Rudi Artur Munieweg  
Karla Beatriz Vivian Silveira  
Sidney Ferreira de Arruda

**DOI 10.22533/at.ed.39519040413**

**CAPÍTULO 14 ..... 141**

**ESTUDO DE FERRAMENTAS DE TESTE BASEADO EM MODELOS EM APLICAÇÕES ANDROID**

Jean Carlos Hrycyk  
Inali Wisniewski Soares  
Luciane Telinski Wiedermann Agner

**DOI 10.22533/at.ed.39519040414**

**CAPÍTULO 15 ..... 148**

**FT-NIR IN THE CONSTRUCTION OF PLS MODELS FOR DETERMINATION OF TOTAL FLAVONOIDS IN SAMPLES OF PROPOLIS SUBMITTED TO DIFFERENT PROCESSES**

Matheus Augusto Calegari  
Bruno Bresolin Ayres  
Larrisa Macedo dos Santos Tonial  
Tatiane Luiza Cadorin Oldoni

**DOI 10.22533/at.ed.39519040415**

**CAPÍTULO 16 ..... 162**

**MODELAGEM MATEMÁTICA E ESTABILIDADE DE SISTEMAS PREDADOR-PRESA**

Paulo Laerte Natti  
Neyva Maria Lopes Romeiro  
Eliandro Rodrigues Cirilo  
Érica Regina Takano Natti  
Camila Fogaça de Oliveira  
Altair Santos de Oliveira Sobrinho  
Carolina Massae Kita

**DOI 10.22533/at.ed.39519040416**

**CAPÍTULO 17 ..... 178**

**MODELAGEM POR SUPERFÍCIE DE RESPOSTA SOBRE O USO COMBINADO DO NITROGÊNIO NA BASE COM DIFERENTES ÉPOCAS DE FORNECIMENTO EM COBERTURA EM SISTEMA SOJA/AVEIA**

Adriana Roselia Krausig  
Douglas César Reginatto  
Odenis Alessi  
Vanessa Pansera  
Ângela Teresinha Woschinski de Mamann  
José Antonio Gonzalez da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.39519040417**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>185</b>
<b>PROPOSTA DE AMBIENTES INTELIGENTES IOT SOB A ÓTICA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	
Larissa Souto Del Rio	
João Octávio Barros Silva	
Marcelo da Silva de Azevedo	
Éder Paulo Pereira	
Ivania Aline Fischer	
Roseclea Duarte Medina	
<b>DOI 10.22533/at.ed.39519040418</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>194</b>
<b>LANÇAMENTO DE SATÉLITES ARTIFICIAIS</b>	
Jadilene Rodrigues Xavier	
Edinei Canuto Paiva	
Sebastiao Batista De Amorim	
Celimar Reijane Alves Damasceno Paiva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.39519040419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>219</b>
<b>REMOTE SENSING TOOLS FOR FIRE MONITORING: THE CASE OF WILDFIRE IN CHILE IN 2017</b>	
Gabriel Henrique de Almeida Pereira	
Clóvis Cechim Júnior	
Giovani Fronza	
Flávio Deppe	
Eduardo Alvim Leite	
<b>DOI 10.22533/at.ed.39519040420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>229</b>
<b>LÓGICA FUZZY COMO PROPOSTA INOVADORA NA SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE TRIGO PELAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E USO DO NITROGÊNIO</b>	
Ana Paula Brezolin Trautmann	
Osmar Bruneslau Scremin	
Anderson Marolli	
Adriana Roselia Krausig	
Ângela Teresinha Woschinski de Mamann	
José Antonio Gonzalez da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.39519040421</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>236</b>



## APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO FATORIAL PARA A OTIMIZAÇÃO NA SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POLISSACARÍDICAS

### **Nilvan Alves da Silva**

UFC – Universidade Federal do Ceará,  
Departamento de Química Analítica e Físico-  
Química, Fortaleza – Ceará

### **Edilson Lima Cosmo Júnior**

UECE – Universidade Estadual do Ceará,  
Fortaleza – Ceará

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

UECE – Universidade Estadual do Ceará,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Naturais, Fortaleza – Ceará

**RESUMO:** Nanopartículas (NPs) polissacarídicas são produzidas para diversas finalidades na pesquisa e desenvolvimento na área química, farmacêutica e biomédica, entre outras. Dependendo das condições de síntese, as NPs podem apresentar morfologia e características físico-químicas diferenciadas. Neste trabalho, estudou-se o efeito do tipo de revestimento polimérico e o tipo de reticulador iônico nas propriedades das NPs com *Eucalyptus citriodora* encapsulado através de uma matriz de planejamento fatorial do tipo 2<sup>2</sup>. Utilizou-se a análise de variâncias (ANOVA) e o modelo de regressão linear para estimar quais efeitos possuem significância estatística no rendimento e na eficiência de encapsulamento (E.E) das NPs produzidas. Comprovou-se estatisticamente que o tipo de reticulador influenciou diretamente no rendimento das

NPs produzidas, no qual o sistema composto por Quitosana (QUI) revestida com Alginato de Sódio (ALG) e reticulado com Tripolifosfato de Sódio apresentou maior rendimento e maior teor de óleo encapsulado. Não houve comprovação estatística dos fatores estudados no teor de óleo encapsulado, havendo a necessidade de estudo posteriores. Observou-se através da microscopia eletrônica de varredura partículas na escala nanométrica, com morfologia irregular e polidispersa. A análise de Potencial Zeta apresentou valores negativos de potencial devido aos grupamentos carboxílicos do ALG remanescentes disponíveis na superfície das NPs. Desta forma, pode-se afirmar que o tratamento estatístico auxiliou na determinação das melhores condições reacionais para a produção destas NPs. Em estudos posteriores serão adicionados mais variáveis para gerar novas matrizes experimentais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanopartícula. Encapsulamento. Planejamento fatorial.

**ABSTRACT:** Polysaccharide nanoparticles (NPs) are widely used in research and development in the chemical, pharmaceutical and biomedical fields. Depending on the synthesis conditions, NPs may present different morphology and physico-chemical properties. In this work, it was studied the effect of the type of polymeric coating and the ionic crosslinker on

NPs loaded with *Eucalyptus citriodora* using a factorial design 2<sup>2</sup>. ANOVA analysis and linear regression model were used to estimate which effects have statistical significance in the no yield and in the encapsulation efficiency (E.E) of NPs. It was verified statistically that the type of crosslinker influenced significantly in the yield, and the system composed of Chitosan (CHI) coated with Sodium Alginate (ALG) and crosslinked with Sodium Tripolyphosphate presented higher yield and higher drug loading. There was no statistical significance of the effects studied in the drug loading, being part of further studies. Scanning Electron Microscopy showed particles in nanoscale, with irregular morphology and polydispersed. The Zeta Potential presented negative values for NPs due to the remaining carboxylic groups of the ALG available in the surface of NPs. Therefore, in this study the application of the statistical treatment aided to determine the optimum reaction conditions for NPs. Further studies will be conducted to add more variables to generate new experimental matrices.

**KEYWORDS:** Nanoparticle. Encapsulation. Factorial design.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nanopartículas (NPs) polissacarídicas para o uso em sistemas de liberação controlada de fármacos têm recebido atenção especial nos últimos anos por apresentarem uma série de vantagens, como o aumento da segurança, da eficácia e da biodisponibilidade de agentes bioativos, além de maior estabilidade para estes fármacos frente a degradação química ou enzimática (PITOMBEIRA et al., 2014; NIVETHAA et al., 2016). A Quitosana (QUI), originada da carapaça de crustáceos, é um polissacarídeo que possui grupamentos catiônicos em sua rede polimérica e que tem a capacidade de formar o núcleo de NPs. A QUI sob a ação de agentes de reticulação e juntamente com um polímero aniônico pode apresentar características físico-químicas essenciais para constituir unidades de redes interiônicas em um complexo polieletrólítico propício a encapsular fármacos. A Goma Arábica (GA) é um polímero aniônico constituída essencialmente por um arranjo altamente ramificado de galactose, arabinose, ramnose e ácido glucurônico (SARIKA et al., 2015). O Alginato de Sódio (ALG), outro polímero aniônico, é constituído por unidades de ácido gulurônico e manurômico (LERTSUTTHIWONG et al., 2009). O ALG tem recebido destaque entre os vários polímeros possíveis para complexar com a QUI (SARKER et al., 2015). Sendo a QUI reticulada o núcleo de uma nanopartícula e o ALG ou a GA sendo o revestimento polimérico, pode-se gerar estruturas do tipo *core-shell*. *Eucalyptus citriodora*, pertencente ao grupo de óleos de eucalipto, tem como principal constituinte o citronelal, tendo ações como inseticida e nematicida, no qual pode apresentar maior estabilidade e maximização dos efeitos biológicos quando encapsulado. Desta forma, levando em conta as variações na concentração de soluções poliméricas, tipo de agentes reticuladores ou tipo de núcleo e revestimento polissacarídeo, o resultado final das NPs serão afetadas significadamente. Portanto, através de um tratamento

estatístico pode-se identificar as principais variáveis que afetam o desempenho de um sistema. Neste contexto, o planejamento experimental empregando a metodologia de planejamento fatorial pode auxiliar na escolha das melhores condições para o estudo (CANTO et al., 2001). O planejamento fatorial é uma abordagem estatística que envolve a construção de uma combinação de fatores, escolhidos dentre os parâmetros que se deseja estudar, para a investigação da significância desses fatores sobre o estudo (KITAGAWA et al., 1994). Objetiva-se neste trabalho a aplicação da metodologia de planejamento fatorial 2<sup>2</sup> com posterior análise de variâncias (ANOVA) e emprego do modelo de regressão linear para a avaliação das condições experimentais que afetam de forma expressiva o rendimento da reação e na eficiência de encapsulamento do óleo essencial de *E. citriodora* de acordo com fatores e efeitos de interação apresentados neste estudo.

## 2 | METODOLOGIA

**Materiais:** Neste trabalho, utilizou-se QUI, oriunda de camarão, ALG (Dinâmica) e GA (Dinâmica). Foram utilizados Persulfato de Amônio, PFA, (Dinâmica) e Tripolifosfato de Sódio, TFS, (Dinâmica) como agentes de reticulação e Tween 80® (Dinâmica) como agente emulsificante. O princípio ativo escolhido para o encapsulamento foi o óleo essencial de *E. citriodora*.

**Métodologia de síntese das NPs:** Para a síntese de NPs preparou-se soluções de 1,0% (m/v) de QUI em ácido acético 2,0% (v/v) e soluções de 1,0% (m/v) de ALG e GA em água destilada. Uma mistura da solução de QUI 1,0%, emulsificante Tween 80® e o óleo de *E. citriodora* foram misturadas e agitadas manualmente em um recipiente fechado na proporção de 40:1:1. A emulsão formada foi transferida para um erlenmeyer e posta em banho ultrassônico (Ultra 800) por 15 minutos. Em seguida, adicionou-se uma solução de reticulador na concentração de 0,1 mol·L<sup>-1</sup> por gotejamento para a formação do pré-núcleo das NPs, deixou-se o sistema em agitação magnética durante 30 minutos. Após isso, acrescentou-se solução de revestimento polimérico por gotejamento, o sistema foi mantido sob agitação por mais 30 minutos. A proporção de polímero-núcleo e revestimento foi de 10:1. Após o término da agitação, o sistema foi transferido para tubo falcon e centrifugado (Nova Técnica NT 810) a 4000 RPM por 20 minutos, o sobrenadante foi descartado e a amostra restante foi congelada e secada por liofilização (L101, Liobras®, Brazil). Realizou-se quatro diferentes experimentos para produção de NPs, onde os sistemas compostos por um núcleo-polimérico/reticulador/revestimento-polimérico foram QUI/PFA/ALG, QUI/PFA/GA, QUI/TFS/ALG e QUI/TFS/GA.

### Determinação de rendimento e de eficiência de encapsulamento das Nps

Os 4 sistemas produzidos foram caracterizados pelo rendimento, relação da

massa seca e da massa total adicionada no experimento, onde o valor da massa seca foi obtida através de pesagem em balança analítica. A eficiência de encapsulamento (E.E) foi determinado por Espectrofotometria de Absorção Molecular no UV-Visível (Shimadzu UV-1800). Para determinação do encapsulamento, amostras em duplicata de 3,0 mg de cada sistema polissacarídico foi deixada em repouso em 5,0 mL de álcool etílico 95% durante um período de 24 e 48 horas. Posteriormente, realizou-se a análise de absorbância do solvente no comprimento de onda em 277 nm, a concentração do óleo foi calculado por meio do auxílio da Equação 1 obtida através de uma curva de calibração, absorbância versus concentração, feita por consecutivas diluições do óleo em álcool etílico.

$$y = 0,00009x + 0,0111 \quad R^2 = 0,9977 \quad (1)$$

em que  $y$  é a absorbância e  $x$  a concentração do fármaco. A determinação da porcentagem de E.E do óleo nas NPs foi determinada pela Equação 2.

$$\% \text{ E.E} = (Ms/Mt) \times 100 \quad (2)$$

em que:  $Ms$  é a concentração em massa de óleo presente nas NPs secas e  $Mt$  é a concentração total de óleo que foi adicionada antes da liofilização, durante a síntese.

**Planejamento fatorial e Análise Estatística:** Para o planejamento experimental fatorial aplicou-se a metodologia do tipo  $2^2$  com proposito de estudar as condições ideais para a produção de NPs. Os níveis das variáveis de entrada (independentes), o tipo de revestimento polimérico e o tipo de reticulador, tiveram codificação binária, nível baixo (-1) e nível alto (+1) conforme a Tabela 1. Realizou-se 4 diferentes experimentos em duplicata, totalizando 8 experimentos. As variáveis respostas (dependentes) foram o rendimento de reação e a E.E do óleo de *E. citriodora*. Para compor a análise de variâncias (ANOVA) realizou-se cálculos de contrastes, efeitos e somas quadradas dos efeitos para a verificação da significância estatística. Utilizou-se de um modelo matemático de regressão linear realizado por meio do programa Microsoft Excel a fim de expressar por uma equação os resultados do experimento com planejamento do tipo  $2^2$ . O modelo de regressão linear foi governado pela Equação 3.

$$Y_i = \beta_0 + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

em que  $\beta_0$  é uma constante que representa a média geral da resposta e  $\beta$  é outra constante, ambas são coeficientes de regressão,  $X_i$  é uma variável codificada que representa o fator explicativo desta equação e  $\varepsilon_i$  é uma variável que inclui os fatores residuais e os erros do estudo.

**Tamanho de Partícula e Potencial Zeta:** O diâmetro das partículas e a aferição da carga superficial por Potencial Zeta foi determinado por uma amostra do material

em suspensão em um analisador Nano Zeta Sizer (Malvern 3600).

### **Análise morfológica por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV):**

Amostra de NPs foram fixadas em fitas de carbono e revestidas com uma fina camada de ouro (Metalizador Quorum QT150ES). A amostra foi observada em um Microscópio Eletrônico de Varredura (FEG Quanta 450 ambiental com EDS/EBSD) com uma voltagem de aceleração de até 20 kV.

## **3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste trabalho, NPs foram produzidas por meio de complexação polieletrólítica entre a QUI e ALG/GA em que o agente reticulante foi adicionado para proporcionar a interligação das cadeias poliméricas. O tipo de reticulador e o tipo de revestimento polissacarídeo utilizado determinam as propriedades finais do material bem como seu desempenho diante de aplicações específicas. Assim, diversos fatores podem afetar tais propriedades tornando necessário a aplicações de modelos matemáticos que podem prever condições experimentais que levam a uma melhor otimização do experimento. Para a avaliação da influência das variáveis independentes (tipo de reticulador e revestimento polimérico) nas variáveis dependentes (rendimento de reação e E.E do óleo essencial de *E. citriodora*) aplicou-se a metodologia do planejamento fatorial em 2 níveis, baixo e alto (-1 e +1) com experimentos em duplicata. Desta forma, elaborou-se uma matriz de planejamento expressada na Tabela 1 em que possui os resultados de rendimento e encapsulamento de óleo nas NPs em diferentes condições de síntese. De acordo com a tabela, o fator A representa o tipo de revestimento polimérico que em nível baixo (-1) é o ALG e em nível alto (+1) a GA. O fator B representa o tipo de reticulador, onde em nível baixo (-1) é o TFS e em nível alto (+1) é o sal PFA.

Condição Experimental	Fator A	Fator B	Rendimento (%)	E.E (%)
1	(-1)	(-1)	38,2 ± 0,997	22,3 ± 0,580
2	(+1)	(-1)	32,9 ± 2,638	7,5 ± 0,672
3	(-1)	(+1)	7,6 ± 0,608	10,8 ± 2,906
4	(+1)	(+1)	5,8 ± 2,121	3,5 ± 1,023

Tabela 1 - Matriz do planejamento fatorial 2<sup>2</sup> com as respostas de rendimento e eficiência de encapsulamento

Os resultados da análise de variâncias (ANOVA) para a resposta da variável dependente, rendimento, estão descritas na Tabela 2. Esta análise fornece informações sobre quais fatores possuem alto grau de significância e se existe efeito de interação nas variáveis independentes que possam afetar o rendimento da reação. Quando um fator apresenta no teste F a condição  $F_{\text{calculado}} < F_{\text{crítico}}$ , este não apresenta significância

estatística e conseqüentemente não pode ser utilizado para fins preditivos. Conforme a tabela, é possível constatar pela análise que apenas o fator B é significativo, pois o valor do  $F_{\text{calculado}} = 3,71$  é maior que o valor do  $F_{\text{crítico}} = 3,60$ , a 95% de nível de confiança. Desta forma, constata-se que há a presença de significância estatística para o tipo de reticulador e que pode ser utilizado para prever o comportamento deste fator sob o rendimento. O fator A e o efeito de interação AB que representa a interação entre o tipo de revestimento e tipo de reticulador não apresentaram influência.

	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado}}$
<b>A</b>	25,78	1	25,78	0,06	3,60
<b>B</b>	1666,38	1	1666,38	3,71	3,60
<b>AB</b>	6,41	1	6,41	0,01	3,60
<b>Erro</b>	1797,46	4	449,37	-	-
<b>Soma Quadrática Total</b>	3496,02	7	-	-	-

Tabela 2. Análise de variâncias (ANOVA) para a variável resposta Rendimento de Reação

Aplicou-se o modelo de regressão linear para a análise do efeito do fator B que apresentou significância estatística no rendimento das NPs. A tabela 3 consta os dados obtidos para o modelo de regressão selecionado a fim de verificar a adequação desta ferramenta matemática neste estudo.

	Grau de Liberdade	Soma Quadrática	Média Quadrática	F	F de significação
<b>Regressão</b>	2	846,08	423,04	132,03	0,061
<b>Resíduo</b>	1	3,20	3,20	-	-
<b>Total</b>	3	849,28	-	-	-

Tabela 3 - Dados do modelo de regressão linear

Pela tabela pode-se observar que o nível baixo da significância (F de significação de 0,061) descreve que o modelo de regressão linear estabelecido é válido para prever o rendimento de reação com base no tipo de reticulador. O modelo apresentou um  $R^2$  de 99,60%. Isto indica que esta análise consegue indicar que aproximadamente 100% da variação nos valores que há no rendimento da reação pode ser explicada pela equação 4 abaixo, onde Y é o Rendimento e B o tipo de Reticulador.

$$Y = 21,12 - 14,43B \quad (4)$$

Pela equação, um maior valor de rendimento é obtido quando o tipo de reticulador é de nível baixo, TFS, codificado por (-1). Quando se usa PFA o rendimento cai em torno

de 15%. A tabela 4 descreve a análise de variâncias (ANOVA) para o encapsulamento do óleo essencial *E. citriodora* nos sistemas poliméricos. Constata-se que não houve influência dos fatores principais A e B e do efeito de interação secundário AB na E.E, pois todos os valores de  $F_{\text{calculado}}$  foram inferiores ao valor crítico de acordo com a tabela. Isto pode ser devido a variáveis não estudadas neste trabalho. Conseqüentemente, para este estudo, não torna-se necessário a apresentação da equação do modelo de regressão linear para a E.E.

	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado}}$
<b>A</b>	259,58	1	259,58	2,17	3,59
<b>B</b>	109,30	1	109,30	0,91	3,59
<b>AB</b>	33,33	1	33,33	0,28	3,59
<b>Erro</b>	477,95	4	119,49	-	-
<b>Soma Quadrática Total</b>	880,16	7	-	-	-

Tabela 4 - Análise de variâncias (ANOVA) para a variável resposta Eficiência de Encapsulamento

Para a análise de carga superficial por Potencial Zeta e Tamanho de Partícula foi escolhido os experimentos 1 e 3 por apresentarem melhores resultados em termo de E.E. De acordo com a Tabela 5, os valores de Potencial Zeta foram negativos para QUI/TFS/ALG e QUI/PFA/ALG. O experimento 1 apresentou valor médio de potencial situado em torno de -5,74 mV e o experimento 3 apresentou potencial de -2,55 mV. Com tais valores corrobora-se que houve revestimento polimérico acarretado pelo ALG. Este polissacarídeo possui grupamentos aniônicos distribuídos em sua cadeia polimérica, que são grupos carboxílicos em resíduos de ácido  $\beta$ -D-manurônico e  $\alpha$ -L-gulurônico.

Condição Experimental	NP	Potencial Zeta (mV)	Tamanho de partícula (nm)
1	QUI/TFS/ALG	-5,74 $\pm$ 0,29	14 (8%); 220 (53%)
3	QUI/PFA/ALG	-2,55 $\pm$ 0,32	37 (54%); 44 (9%)

Tabela 5 - Resultados de carga superficial Potencial Zeta e tamanho de partícula

Na tabela 5 encontra-se os valores dos diâmetros para as NPs da condição experimental 1 e 3. As NPs de QUI/TFS/ALG apresentaram distribuição bimodal com uma pequena fração de 14 nm (8%) e com perfil majoritário de 220 nm (53%). Já as NPs de QUI/PFA/ALG, apresentaram menor tamanho geral em uma distribuição unimodal com uma fração de partículas de tamanho médio de 44 nm (9%) e com 37 nm (54%). O aumento da fração de tamanho das NPs na condição 1 pode ser devido a formação de complexos inter-agregados na etapa de revestimento de ALG quando é adicionado

quantidade superior ao limite de sítios disponíveis remanescentes dos grupos aminos da QUI para promover a complexação polieletrólítica. Foi escolhido para a análise em MEV o sistema com melhor resultado de rendimento e encapsulamento e que utilizou TFS, pois apresentou significância estatística. Pela Figura 1 que representa o sistema QUI/TFS/ALG pode-se observar que as NPs formadas por QUI reticulada e revestidas com ALG apresentaram uma morfologia irregular com superfície rugosa e com moderada dispersão.

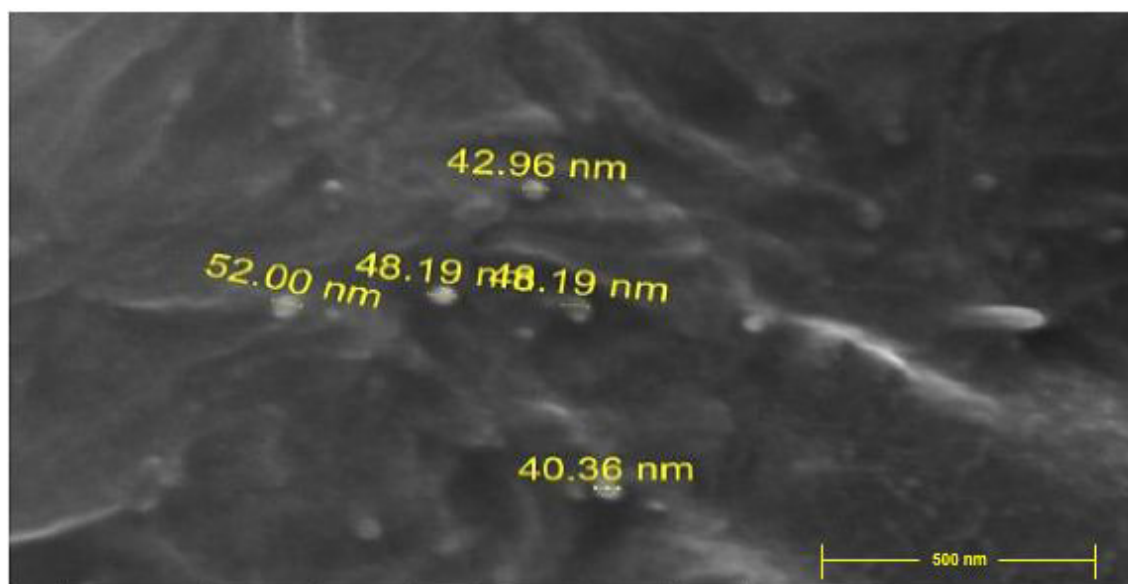


Figura 1 - Microscopia Eletrônica de Varredura de NPs de QUI reticulada com TFS e revestimento a base de ALG.

#### 4 | CONCLUSÃO

Por meio da análise de variâncias (ANOVA) e pela equação da regressão linear observou-se que apenas o fator do tipo de reticulador apresentou significância estatística no rendimento da reação, que quando se utiliza o TFS obtém-se um melhor valor experimental. Não houve significância pelos fatores estudados na E.E. Através da análise de Tamanho de Partícula infere-se que o material é nanoparticulado e que através do Potencial Zeta, as NPs foram revestidas com ALG. A imagem gerada pela MEV mostrou NPs de morfologia irregular e com polidispersão. Portanto, por meio da aplicação de um planejamento fatorial foi possível otimizar e prever as melhores condições reacionais a fim de obter NPs com propriedades adequadas para uma futura aplicação como sistemas de liberação controlada de princípios ativos com propriedades farmacológicas. Estudos posteriores irão incluir mais variáveis e fatores principais e de interações secundárias a fim de obter melhorias na produção das NPs.



## 5 | AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos laboratórios LQPN e LQUIN da UECE pela parceria, ao Laboratório de Tecnologia da Biomassa (Embrapa) pela análise do Tamanho de Partícula e Potencial Zeta, a Central Analítica da UFC pela análise morfológica e a Funcap e CNPq pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- CANTO, E. L.; TASIC, L.; BRUNS, R. E.; RITTNER, R. MAGN. RESON. **Principal component analysis in studies of substituent-induced chemical shifts of 1,4-disubstituted benzenes.** Magnetic Resonance in Chemistry, v. 39, p. 316– 322, 2001.
- KITAGAWA, R.; BRUNS, R. O. Y. E.; DE MENEZES, T. J. B. **Optimizing the Enzymatic Maceration of Foliole Purée from Hard Pieces of Hearts of Palm (*Euterpe edulis* Mart.) using Response Surface Analysis.** Journal of Food Science, v. 59, p. 844-884. 1994.
- LERTSUTTHIWONG, P.; ROJSITTHISAK, P.; NIMMANNIT, U. **Preparation of turmeric oil-loaded chitosan-alginate biopolymeric nanocapsules.** Materials Science and Engineering C, v. 29, p. 856-860, 2009.
- PITOMBEIRA, N.A.O., VERAS NETO, J.G., SILVA, D.A., FEITOSA, J.P.A., PAULA, H.C.B., DE PAULA, R.C.M., 2015. **Self-assembled nanoparticles of acetylated cashew gum: Characterization and evaluation as potential drug carrier.** Carbohydrate. Polymers, v. 117, p. 610–615, 2014.
- NIVETHAA, E.A.K., DHANAVEL, S., REBEKAH, A., NARAYANAN, V., STEPHEN, A. **A comparative study of 5-Fluorouracil release from chitosan/silver and chitosan/silver/MWCNT nanocomposites and their cytotoxicity towards MCF-7.** Materials Science and Engineering C, v. 66, p. 244–250, 2016.
- SARIKA, P.R.; JAMES, N.R.; KUMAR, P.R.A.; RAJ, D.K.; KUMARY, T.V. **Gum arabica-curcumin conjugate micelles with enhanced loading for curcumin delivery to hepatocarcinoma.** Carbohydrate Polymers, v. 134, p. 167-174, 2015.
- SARKER, B.; ROMP, J. SILVA, R.; LANG, N.; DETSCH, R.; KASCHTA, J.; FABRY, B.; BOCCACCINI, R. A. **Alginate-base hydrogels with improved adhesive properties for cell encapsulation.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 78, p. 72-78, 2015.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Ingrid Aparecida Gomes** - Bacharel em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2008), Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado em Gestão do Território da Universidade Estadual de Ponta Grossa (2011). Atualmente é Doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Foi professora colaborada na UEPG, lecionando para os cursos de Geografia, Engenharia Civil, Agronomia, Biologia e Química Tecnológica. Também atuou como docente no Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE), lecionando para os cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Participou de projetos de pesquisas nestas duas instituições e orientou diversos trabalhos de conclusão de curso. Possui experiência na área de Geociências com ênfase em Geoprocessamento, Geotecnologia, Geologia, Topografia e Hidrologia.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-239-5

