

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos
processos e produtos



Atena
Editora
Ano 2022

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos
processos e produtos



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

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

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

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
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
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia química: desenvolvimento de novos processos e produtos

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia química: desenvolvimento de novos processos e produtos / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0198-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.988221306>

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



APRESENTAÇÃO

O e-book: “Engenharia química: Desenvolvimento de novos processos e produtos” é constituído por nove capítulos de livros que apresentaram estudos aplicados a diferentes segmentos industriais e ambientais.

O primeiro capítulo avaliou as propriedades e capacidade de escoabilidade de materiais pulverulentos a base de celulose e lactose na fabricação de medicamentos na forma de comprimidos ou cápsulas, os resultados foram satisfatórios e possibilita a substituição da lactose pela celulose. O segundo trabalho avaliou o processo de cavitação no canal do bico injetor ao se substituir o tipo de combustível em motores que operam a diesel, a viscosidade do combustível e a pressão de injeção foram os fatores que mais influenciaram na cavitação. O terceiro capítulo avaliou diferentes modificações químicas no óleo de soja refinado a partir da reação de inúmeras reações com o intuito de melhorar as características lubrificantes, obtendo-se um lubrificante biodegradável a partir do óleo de soja. O capítulo 4 apresenta o estudo da incorporação do extrato de frutos – cupuaçu – e do mesocarpo do coco de babaçu a fim de conferir atividade antioxidante para biofilmes com potencial utilização em biopolímeros.

O capítulo 5 realizou uma análise bibliográfica de catalisadores e suas propriedades que viabilizam reações de transesterificação heterogênea a fim de obter biocombustíveis. Já o capítulo 6 realizou um estudo apresentando a importância da Espectroscopia Raman como técnica de caracterização de óxidos com propriedades catalíticas. O capítulo 7 apresentou um estudo de desenvolvimento de uma planta pirolítica de baixo custo utilizando resíduos de colheita de Eucalipto como biomassa para a combustão. O capítulo 8 apresentou uma técnica de conversão integral de gás metano em gás carbônico em um reator de leito fixo. Por fim, o estudo de potencialidade de biorremediação utilizando a biomassa de *Chlorella Vulgaris* em processos de tratamento de águas residuárias.

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

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE FLUXO DE MISTURAS DE EXCIPIENTES FARMACÊUTICOS

Marlen Ussifati Rocha

Rodrigo Condotta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9882213061>

CAPÍTULO 2..... 11

AVALIAÇÃO DO FENÔMENO DE CAVITAÇÃO EM INJETORES DO CICLO DIESEL OPERANDO COM BIODIESEL: MODELAGEM E SIMULAÇÃO

Luís Felipe Nunes Truta

Boniek Evangelista Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9882213062>

CAPÍTULO 3..... 24

PREPARAÇÃO DE POTENCIAIS BIOLUBRIFICANTES A PARTIR DE MODIFICAÇÕES QUÍMICAS NO ÓLEO DE SOJA REFINADO

Paulo Roberto de Oliveira

Ana Flávia de Oliveira

Patrick Rodrigues Batista

Carlos Itsuo Yamamoto

Francisco de Assis Marques

Palimécio Gimenes Guerrero Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9882213063>

CAPÍTULO 4..... 37

INFLUÊNCIA DO MESOCARPO DE COCO BABAÇU NA FORMAÇÃO DE BIOFILMES ADITIVADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES – CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*)

Meyrelle Figueiredo Lima

Dennys Correia da Silva

Audirene Amorim Santana

Harvey Alexander Villa Vélez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9882213064>

CAPÍTULO 5..... 44

CATALISADORES QUE VIABILIZAM A TRANSESTERIFICAÇÃO HETEROGÊNEA: UMA ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

Priscila Pereira Silva

Thaina Firmino Voltolini

Evandro Roberto Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9882213065>

CAPÍTULO 6	60
ESPECTROSCOPIA RAMAN <i>IN SITU</i> OU OPERANDO NO ESTUDO DE REAÇÕES CATALISADAS POR ÓXIDOS	
Diego Rodrigues de Carvalho Rômulo Batista Vieira Luelc Souza da Costa	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9882213066	
CAPÍTULO 7	74
CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTA PIROLÍTICA DE BAIXO CUSTO EM ESCALA LABORATORIAL PARA PROCESSAMENTO TÉRMICO	
Victor Hugo Andreis Sebben Fabiano Perin Gasparin Lúcia Allebrandt da Silva Ries	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9882213067	
CAPÍTULO 8	86
GENERALIZED INTEGRAL TRANSFORM TECHNIQUE APPLIED IN METHANE REFORMING PROCESS WITH CARBON DIOXIDE IN FIXED BED REACTOR	
Josiel Lobato Ferreira Emerson Cardoso Rodrigues Dilson Nazareno Pereira Cardoso Wenderson Gomes dos Santos Romero Moreira de Oliveira Bruno Maués Farias João Nazareno Nonato Quaresma Emanuel Negrão Macêdo	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9882213068	
CAPÍTULO 9	106
BIOREMEDIATION POTENTIAL OF <i>Chlorella vulgaris</i> (CHLOROPHYCEAE) IN CASSAVA-PROCESSING WASTEWATERS	
Verónica de Medeiros Carla Cristina Almeida Loures Conceição Fernandes	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9882213069	
SOBRE O ORGANIZADOR	112
ÍNDICE REMISSIVO	113

INFLUÊNCIA DO MESOCARPO DE COCO BABAÇU NA FORMAÇÃO DE BIOFILMES ADITIVADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES – CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*)

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 08/04/2022

Meyrelle Figueiredo Lima

Universidade Federal do Maranhão
São Luís- Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/3921464601801025>

Dennys Correia da Silva

Universidade Federal do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/8567051112814180>

Audirene Amorim Santana

Universidade Federal do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/7431678688628387>

Harvey Alexander Villa Vélez

Universidade Federal do Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/9207609617198847>

RESUMO: Filmes biodegradáveis são produzidos a partir de polímeros naturais, principalmente polissacarídeos e proteínas com potencial aplicação na indústria farmacêutica e alimentícia. A incorporação do mesocarpo de coco babaçu além de conferir maior resistência ao filme, proporciona melhores propriedades físico-químicas. O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento do mesocarpo de coco babaçu e da incorporação de extratos de frutas, no caso o cupuaçu, a fim de lhes conferir atividade antioxidante durante o processo de confecção de filmes de carboidratos e proteínas, assim como caracterizar as interações sinérgicas entre os plastificantes orgânicos, a estrutura reticulada dos

carboidratos e proteínas e o poder plastificante da água e seus reflexos sobre as propriedades físicas de interesse para embalagens de alimentos e fármacos. O cupuaçu foi aliado a uma matriz de melhor rigidez, pois possui um alto teor de água, sendo necessária a utilização de uma matriz mais resistente. Os biofilmes apresentaram boa visibilidade, flexibilidade e facilidade de desprendimento do suporte. Altas concentrações de alginato de sódio, mesocarpo de coco babaçu e glicerol seriam ideais para uma futura produção de sacolas.

PALAVRAS-CHAVE: Biopolímeros; Coco babaçu; Cupuaçu; Antioxidante.

THE INFLUENCE OF BABAÇU COCONUT MESOCARP ON BIOFILMS FORMATION WITH ANTIOXIDANT COMPOUNDS - CUPUACU (*Theobroma grandiflorum*)

ABSTRACT: Biodegradable films are produced from natural polymers, mainly polysaccharides, and proteins with potential application in the pharmaceutical and food industry. The incorporation of babassu coconut mesocarp gives greater resistance to the film, and it also provides better physicalchemical properties. The objective of this work is to evaluate the behavior of the babassu coconut mesocarp and the incorporation of fruit extracts, in this case, cupuaçu, in order to provide them with antioxidant activity during the production process of carbohydrate and protein films. And also characterize the synergistic interactions between organic plasticizers, the cross-linked structure of carbohydrates and proteins, and the plasticizing power of water and its reflections on the physical properties of

interest for food and drug packaging. Cupuaçu was combined with a matrix that presented the best rigidity due to its high water content, requiring the use of a more resistant one. The biofilms showed good visibility, flexibility, and ease of detachment from the support. High concentrations of sodium alginate, babassu coconut mesocarp, and glycerol would be ideal for future bag production.

KEYWORDS: Biopolymers; Babassu Coconut; Cupuacu; Antioxidant.

1 | INTRODUÇÃO

O babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) é uma das mais importantes representantes das palmeiras brasileiras. Esta palmeira é nativa das regiões norte, nordeste e centro-oeste do Brasil. O Nordeste brasileiro possui uma área de cerca de 18 milhões de hectares plantados com babaçu, sendo que a maior parte está concentrada no estado do Maranhão. Ele tem 64 usos catalogados, dos quais cerca de uma dezena poderia ser economicamente viável; contudo, seu potencial continua inexplorado, devido à falta de escala e estrutura produtiva (Carraza et al., 2012).

O Cupuaçu pertence à família Sterculiaceae de denominação *Theobroma grandiflorum* schum. É uma fruta típica da Amazônia, mas também cultivada nos estados do Pará, Maranhão e Tocantins. Sua polpa possui um forte aroma e um notável sabor ácido, sendo empregada em doces no geral e possui maior comercialização quando congelada. Há diversos estudos científicos, tanto no Brasil quanto no exterior, que utilizam as sementes do cupuaçu e sua polpa para tratar doenças no trato gastrointestinal. Essas pesquisas apontam também o uso do cupuaçu como antioxidante e como base para desenvolvimento de produtos de beleza.

Pesquisas focadas no desenvolvimento de películas comestíveis/biodegradáveis baseada em polissacarídeos e proteínas como matrizes para ser utilizado como proteção de alimento e fármacos têm aumentado nos últimos anos. Filmes e recobrimentos comestíveis/biodegradáveis são aqueles formados a partir de polímeros naturais, de origem animal ou vegetal, como polissacarídeos, lipídios e proteínas e que quando lançados no meio ambiente, convertem-se em compostos simples, mineralizados, que, redistribuídos através dos ciclos de carbono, nitrogênio e enxofre não agredem o biossistema.

Os filmes biodegradáveis são preparados geralmente pelo método casting pelo qual a solução aquosa é depositada numa superfície apropriada e secada posteriormente. A formação do filme envolve ligações inter e intramoleculares ou a reticulação das cadeias dos polímeros, formando assim uma rede tridimensional semi-rígida que retém e imobiliza o solvente. O grau de coesão depende da estrutura do polímero, do solvente usado, da temperatura e a presença de outras moléculas, como os plastificantes (Jiménez, 2007). A escolha do plastificante a ser adicionado aos filmes depende da compatibilidade deste com o polímero e o solvente utilizados, isto é, deve ser miscível no polímero e no solvente, de forma a evitar a separação prematura no decorrer do processo de secagem. A concentração

de plastificante usado na elaboração de filmes geralmente varia de 10 a 60g/100g de matéria seca de polímero, dependendo da flexibilidade desejável no filme (Guilbert et al., 1996).

Uma das tecnologias mais promissoras da área de embalagens e conservação de alimentos é a utilização de filmes e coberturas comestíveis formadas por polímeros incorporados de compostos naturais, que além de manter a qualidade e a segurança dos alimentos, conferem ao produto extensão da vida útil e proteção à inibição dos efeitos de oxidação do mesmo.

Este trabalho teve por finalidade avaliar o comportamento do mesocarpo de coco babaçu e da incorporação de extratos de frutas, caracterizar as interações sinérgicas entre os plastificantes orgânicos, a estrutura reticulada dos carboidratos e proteínas e o poder plastificante da água e seus reflexos sobre as propriedades físicas de interesse para embalagens de alimentos e fármacos.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matérias-Primas

Para a confecção dos filmes foi utilizado coco babaçu disponível na flora da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), cloreto de cálcio dihidratado (Merck – Alemanha), glicerol (Dinâmica Química Contemporânea LTDA), alginato de sódio puríssimo (Isofar) e polpa de cupuaçu proveniente da cidade de Anajatuba- Ma.

2.2 Elaboração dos Filmes

Os cocos babaçu foram lavados em água corrente para retirar as sujidades grosseiras (como areia, palha e materiais indesejáveis). Em seguida, foram retirados os mesocarpos e secados em estufa à vácuo a 105°C até obtenção de umidade menores que 3%, que são propícias a produtos em pó. Depois, foram triturados em moinhos de martelo, bola e faca e peneirados.

Os filmes foram confeccionados de acordo com metodologia estabelecida por Silva et al. (2016) e Santana et al. (2013), sendo obtidos segundo a técnica de *casting*, a qual consiste na preparação da solução filmogênica e aplicação conveniente da mesma em um suporte (placas de estireno, d=14 cm).

A espessura dos filmes foi controlada através da massa de solutos na solução filmogênica vertida no suporte (aproximadamente 50 ml). A secagem dos filmes foi a 40°C em estufa com recirculação de ar (Nova Ética, 400 1ND, Brasil) durante 18- 20 horas. Após a secagem, os filmes foram removidos do suporte e armazenados a uma umidade relativa de 52%.

2.3 Caracterização dos Filmes

Silva et al. (2016a) concluiu através de seus ensaios que os biofilmes preparados pela mistura de pectina e MCB apresentaram propriedades melhoradas quando comparadas aos filmes preparados a partir de pectina pura, apresentando variabilidade na aparência e facilidade de remoção dos moldes. A resposta obtida através de um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para permeabilidade de água não foi influenciada ao nível de 10% de significância pelas variáveis independentes (alginato de sódio, mesocarpo de coco babaçu e glicerol) estudadas. Já as respostas umidade, solubilidade e espessura apresentam R² de 75%, 64% e 88%, respectivamente.

Foram utilizadas então nesse trabalho formulações chamadas de formulações ótimas, substituindo a pectina pelo alginato. A Formulação 1 possui maior quantidade de glicerol (5 ml) enquanto a Formulação 2 possui quantidade menor (1 ml), além da adição da polpa do cupuaçu em conjunto com a água destilada. O cupuaçu possui a função de antioxidante, fator proposto por Silva et al. (2016b). Após a confecção das duas formulações, testes de umidade (ω), solubilidade (S), espessura (δ), gramatura (G) e cinética de secagem foram realizados.

Conteúdo de umidade (ω): determinado por gravimetria usando estufa à vácuo a 105°C durante 24 h. O cálculo da umidade é expresso em fração de massa conforme a Equação 1:

$$\omega = \left(m_i - \frac{m_f}{m_i} \right) * 100 \quad (1)$$

onde ω é a porcentagem de umidade; m_i é a massa inicial do material e m_f é a massa final do material seco.

Solubilidade em água (S): A massa (m_i) de uma amostra dos filmes é quantificada e imersa em 50 ml de água destilada sob agitação (175 rpm) à 25°C por 24 h, utilizando-se uma mesa agitadora orbital (Tecnal, modelo TE-145, Brasil). Após esse tratamento, as soluções com as amostras são levadas à estufa para a determinação da massa seca final, m_f . A porcentagem de solubilidade foi calculada segundo Gontard através da Equação 2.

$$\%S = \left(m_i - \frac{m_f}{m_i} \right) * 100 \quad (2)$$

Espessura (δ): medida com micrômetro digital com resolução 0,001 mm (Mitutoyo, modelo MDC-25S, Japão).

Gramatura (G): foi determinada segundo SOBRAL (1999) pela pesagem de uma área definida do filme em balança analítica utilizando-se a Equação 3.

$$G = 100000 * \frac{P}{A} \quad (3)$$

Cinética de Secagem: Pedacos de filme contendo a solução polimérica foram pesados em intervalos de tempo predefinidos durante o processo de secagem (controle gravimétrico), a fim de avaliar a secagem cinética para cada condição. Os pedacos foram secos até atingir peso constante (estado de equilíbrio), observando-se diferentes tempos de secagem.

O teor final de umidade das películas compostas foi determinado no final do processo de secagem, sendo os resultados cinéticos representados em função do teor de umidade com base no peso seco, representado pela Equação 4.

$$RU = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (4)$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores obtidos para o conteúdo de umidade (ω) e solubilidade em água (S) dos filmes são mostrados na Tabela 1.

Formulações	ω (%)	S (%)
1	15,48 ± 0,01	49,67 ± 2,43
2	28,11 ± 0,01	69,34 ± 6,03

Média em triplicata ± desvio padrão.

Tabela 1: Conteúdo de umidade (ω) e Solubilidade em água (S) dos filmes contendo mesocarpo d coco babaçu.

Os filmes da Formulação 2 obtiveram maior resultado para umidade (ω) e solubilidade (S) do que os de formulação 1. Este fato ocorreu devido a menor quantidade de plastificante existente nesta formulação, o que permite um maior preenchimento de umidade e melhor solubilidade do filme, possibilitando a quebra das moléculas do polímero. Altos valores de solubilidade em água podem estar também relacionados à evaporação do plastificante durante o ensaio gravimétrico em estufa.

De acordo com a Tabela 2, não houve diferença entre as formulações em relação à gramatura dos filmes. Porém a formulação 1 apresentou maior espessura em relação a Formulação 2. Esse comportamento pode ser explicado pela presença do antioxidante (polpa de cupuaçu) nos filmes, o que causa maior rigidez nas suas ligações.

Formulações	G (g/cm ²)	δ (mm)
1	260,72 ± 0,81	0,37 ± 0,11
2	260,72 ± 0,81	0,33 ± 0,04

Média em triplicata ± desvio padrão.

Tabela 2: Gramatura (G) e espessura (δ) dos filmes contendo mesocarpo de coco babaçu.

Devido ao alto teor de água presente na polpa do cupuaçu, a cinética de secagem dos filmes foi realizada a uma temperatura de 80 °C. Na Figura 1, observa-se os gráficos das variações das razões de umidade para os filmes de formulação 1 e 2.

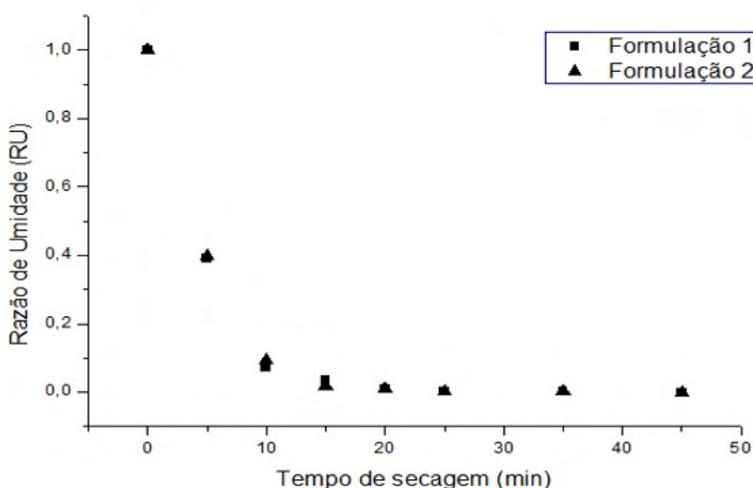


Figura 1: Variação da razão de umidade em função do tempo para os filmes contendo mesocarpo de coco babaçu.

É observada a influência do ar na cinética do processo sendo esperado que, quanto maior a temperatura, menor tempo para que a amostra se estabilize. As duas formulações apresentaram aproximadamente o mesmo comportamento da curva, porém a formulação 2 apresentou um maior teor de secagem devido ao fato de possuir uma menor quantidade de glicerol, o que ocasiona um maior preenchimento de água no meio poroso.

4 | CONCLUSÕES

Os biofilmes apresentaram boa visibilidade, flexibilidade e fácil de manusear (facilidade de desprendimento do suporte). A polpa do cupuaçu possui um alto teor de água, por isso foi necessário alia-lo a uma matriz de melhor rigidez, como o mesocarpo do

coco babaçu, para a confecção dos filmes biodegradáveis.

Apesar da formulação com menor quantidade de glicerol ser mais solubilizável e degradável, ela apresentou manualmente maior resistência aos filmes. A incorporação do extrato de cupuaçu aos filmes conferiu a eles uma maior resistência à solubilidade e uma maior espessura.

REFERÊNCIAS

CARRAZA, L. R.; SILVA, M. L. D. A.; ÁVILA, J. C. C. Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto do babaçu. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), 2012.

GONTARD, N. GUILBERT, S. CUQ, J. L. Edible wheat gluten film: I. Influence of the main process variables on films properties of an edible using response surface methodology. Food Sci. Technol (Campinas), v. 57, p. 190, 1992.

JIMÉNEZ, E. N. Propriedades mecânicas e de barreira, solubilidade e microestrutura de filmes de farinha de amaranto modificada com epicloridrina ou misturada com poli (vinil álcool). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

SANTANA, A. A.; KIECKBUSCH, T. G. Physical evaluation of biodegradable films of calcium alginate plasticized with polyols. Braz. J. Chem. Eng., v. 30, p. 835 – 845, 2013.

SILVA, D. C., SILVA, L. J.S., SANTANA, A.A., LOPES, I.A. Filmes de pectina incorporado de mesocarpo de coco babaçu. Anal do XXI Congresso de Engenharia Química. Fortaleza, 2016a.

SILVA, D. C.; PESSOA, M. A.; LIMA, M. F.; VÉLEZ, H. A. V. SANTANA, A.A. Estudo da modelagem de cinética de secagem da polpa de cupuaçu na produção de biopolímeros. Anal do 3º. Encontro Nordeste de Ciência e Tecnologia de Polímeros. Fortaleza, 2016b.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acetilação 24, 25, 28, 32, 33
Ácidos graxos 28, 30, 45, 52
Adsorb 88
Aeração 2, 4, 5, 7
Agência Nacional de Petróleo (ANP) 29, 34
Alimentos 37, 39, 43, 44, 86
Análise da fluidez 2
Antioxidante 37, 38, 40, 41
Atividade catalítica 46, 47, 49, 52, 53, 54, 61, 68

B

Bico injetor 11, 14, 15, 16, 19, 20, 22
Biochar 74, 75, 76, 77, 80, 81, 82, 83, 84
Biocombustíveis 12, 23, 34, 44, 45, 59, 76
Biodegradáveis 24, 26, 37, 38, 43
Biodiesel 11, 12, 13, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 34, 35, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 106, 107
Biofarmacêuticas 2
Biofilmes 37, 40, 42
Biolubrificantes 24, 26, 28, 33, 34, 36
Biomassa 12, 45, 74, 75, 79, 80, 83, 84, 85, 106, 107
Bio-óleo 74, 75, 76, 80, 82, 83, 84
Biopolímeros 37, 43
Bioremediation 106, 107, 109, 110
Boudouard 86, 88

C

Carbon dioxide 86, 87, 90, 98, 101, 102, 104, 105
Catalisadores 27, 44, 46, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 68, 69, 72
Catálise 44, 47, 48, 49, 51, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 68, 72
Cavitação 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23
Chlorella vulgaris 106, 107, 110
Cisalhamento 2, 4, 5, 7, 8

Combustíveis 11, 12, 24, 25, 26, 36, 45, 56
Coupled Integral Equations Approach (CIEA) 86, 93
Cupuaçu 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

D

Densidade relativa 26, 29, 30, 31, 32, 33
Diesel 11, 12, 13, 16, 20, 22, 23, 34, 35, 36, 44, 45, 68

E

Efeito Raman 61
Epoxidação 24, 27, 29
Escoabilidade 1, 3
Espalhamento Raman 62, 63, 64
Espectroscopia Raman 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73
Excipientes farmacêuticos 1, 2, 6

F

Fármacos 1, 2, 3, 37, 38, 39
Fóton 62, 64

G

Gás de arraste 74, 75, 77, 80
Generalized Integral Transform Technique (GITT) 86, 87, 95

H

Hidroxilação 24, 31

I

Injeção 4, 11, 12, 13, 20, 21, 22, 23

L

Lactuca sativa 106, 107, 108

M

Materiais pulverulentos 1, 2
Matrizes energéticas 44
Microcelulose 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9
Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 3
Modelo de Schnner e Sauer 11, 16
Monocromadores 65

Motores 11, 12, 13, 32, 35, 45

N

Não-renováveis 11

O

Óleos vegetais 12, 24, 26, 45, 47, 49, 58

Óxidos 44, 46, 47, 50, 52, 54, 60

P

Petróleo 12, 25, 29, 34, 44, 45

Phytotoxicity 106

Pirólise 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Ponto de fluidez 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34

Ponto de fulgor 26, 29, 30, 31, 32

Porosidade 2, 3, 5, 6, 48, 50, 54

Propriedades fenomenológicas 2

R

Renováveis 11, 12, 25, 44

Reômetro 4

Resíduos 34, 53, 55, 57, 75, 84, 85, 112

Reutilização 49, 52, 54, 75, 112

T

Termoconversão 75

Toxicidade 26, 45, 106, 107

Transesterificação heterogênea 44

Triglicerídeos 29, 45, 47, 48, 51, 55

V

Viscosidade 11, 12, 13, 16, 19, 20, 22, 24, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 47

W

Wastewaters 106

Z

Zeólitas 44, 46, 47, 54, 56, 57, 58

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

ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos
processos e produtos



**Atena**
Editora
Ano 2022

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

ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos
processos e produtos