

UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA - UFOB
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE LUIS EDUARDO MAGALHAES
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

LUIS CARLOS BIESEK DE OLIVEIRA

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE ALGINATO DE SÓDIO E
QUITOSANA COM EXTRATO DE *Lafoensa pacari*

LUIS EDUARDO MAGALHÃES - BA

2025

LUIS CARLOS BIESEK DE OLIVEIRA

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE ALGINATO DE SÓDIO E
QUITOSANA COM EXTRATO DE *Lafoensa pacari*

Trabalho de conclusão de curso II apresentado à
Universidade Federal do Oeste da Bahia – UFOB,
como requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Biotecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Jamilly Ribeiro Lopes.

LUIS EDUARDO MAGALHÃES – BA

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

O48 Oliveira, Luís Carlos Biesek de.

Produção e caracterização de fimes de alginato de sódio e quitosana com extrato de *Lafoensia pacari*. / Luís Carlos Biesek de Oliveira. – 2025.

38 f.; il. color.

Orientador: Profa. Dra. Jamilly Ribeiro Lopes.

Trabalho de Conclusão de Curso: (graduação em Engenharia de Biotecnologia) – Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães, Luís Eduardo Magalhães, BA, 2025.

1. Curativos biológicos. 2. Alginato de sódio – Quitosana – Aplicações biotecnológicas.
3. Plantas medicinais - *Lafoensia pacari*.

I. Lopes, Jamilly Ribeiro. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia – Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães. III. Título.

CDD: 660.6

BIBLIOTECAS UFOB - Biblioteca Universitária de Luís Eduardo Magalhães

LUIS CARLOS BIESEK DE OLIVEIRA

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE ALGINATO DE SÓDIO E
QUITOSANA COM EXTRATO DE *Lafoensa pacari*

Trabalho de conclusão de curso II apresentado à
Universidade Federal do Oeste da Bahia – UFOB,
como requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Biotecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Jamilly Ribeiro Lopes.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra Jamilly Ribeiro Lopes

Universidade Federal do Oeste da Bahia

Prof. Dr Felipe da Silva Figueira

Universidade Federal do Oeste da Bahia

Prof. Dra Joyce Kelly Marinheiro da Cunha Gonsalves

Universidade Federal do Vale do São Francisco

(A versão assinada deste documento encontra-se com a coordenação de curso)

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha formação, como pessoa e profissional.

Aos meus pais, José e Idalina, que sempre se dedicaram a me educar da melhor forma possível, permitindo que eu me tornasse uma pessoa com princípios e responsabilidade, contribuindo imensamente para minha formação como pessoa e profissional. Em especial à minha mãe, que foi e continua sendo minha fortaleza.

Ao meu irmão João e sua esposa Dilma, que, apesar de distantes da minha graduação, me acompanharam a todo momento e se fizeram presentes em vários momentos, trazendo-me força e sabedoria para continuar.

A todos os meus amigos e colegas, em especial Antonia, Caássia, Eduarda, Francisca, Jayara, Ozânia, Pedro e Tayane, que durante o processo de graduação me deram muito incentivo, estudos e risadas.

À minha orientadora, Professora Dra. Jamilly Ribeiro Lopes, pela orientação, paciência e dedicação ao longo deste processo.

Ao meu professor, Professor Dr. Felipe Figueira, por todos os ensinamentos e lições, que me ajudaram a me tornar um excelente profissional.

Também à minha segunda família, que, em vários momentos, me trouxe auxílio durante dificuldades na graduação, e que, em momentos difíceis, me acolheu. Contribuíram imensamente para minha formação como pessoa e profissional. Agradeço por toda a confiança e amor: Alessandro, Adriana e Rafael (in memoriam).

E, em especial, ao Mateus, que hoje é meu esposo, mas ao longo de todo o processo foi meu parceiro, colega de sala de aula, amigo, namorado e confidente. Sem você, todo esse processo teria sido muito mais doloroso e difícil. Você viveu esse momento comigo e foi meu porto seguro em várias ocasiões.

À Universidade Federal do Oeste da Bahia, pela oportunidade, e a todo o corpo docente, que me ensinou com maestria e se tornou referência para mim.

Gratidão!

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a produção e caracterização de filmes a base de alginato de sódio (AS) e quitosana, incorporando extrato foliar de *Lafoensia pacari*, visando sua aplicação como curativo ativo para reparação tecidual. Os filmes foram elaborados a partir de uma técnica filmogênica, com variações nas concentrações do extrato vegetal. A caracterização físico-química dos filmes foi realizada utilizando-se as técnicas de Espectroscopia de Absorção no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Difração de Raios X (DRX), teor de umidade e teor de intumescimento. As análises macroscópicas dos filmes revelaram variações na coloração de acordo com o material base utilizado. O filme de alginato apresentou coloração completamente transparente, enquanto o de quitosana teve uma tonalidade levemente amarelada. Nos filmes contendo o extrato de *Lafoensia pacari*, observou-se uma coloração uniforme, amarelada e opaca, evidenciando a influência do extrato na modificação da aparência visual do material. Nos grupos com maior concentração de extrato, os filmes apresentaram um tom esverdeado, sugerindo a interação do extrato vegetal com os polímeros. Quanto à análise FTIR, os resultados mostraram que a reticulação com CaCl_2 e a adição do extrato vegetal não induziram a formação de novos picos significativos, mas houve um alargamento nas bandas, indicando um aumento no número de ligações entre os grupos funcionais dos polímeros e do extrato vegetal. Já as análises de DRX revelaram que a reticulação e a adição do extrato promoveram a transformação da estrutura cristalina para uma estrutura mais amorfa, o que é vantajoso para aplicações médicas, visto que esse aumento da amorfização melhora a flexibilidade e a capacidade de absorção de água do material, características essenciais para curativos. Embora os resultados tenham sido satisfatórios em vários aspectos, ainda são necessários testes adicionais para confirmar a eficácia do material, como avaliações de atividade antimicrobiana, liberação de compostos ativos, biodegradabilidade e estudos de citotoxicidade.

Palavras-chave: Alginato de sódio, quitosana, *Lafoensia pacari*, curativo ativo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Composição da pele humana.....	12
Figura 2 Estrutura do Alginato	
Figura 3 Inflorescência do L.pacari	
Figura 4 Filmes após secagem.....	22
Figura 5 FTIR dos filmes sem os extratos vegetais.....	24
Figura 6 FTIR dos filmes com os extratos vegetais	24
Figura 7 Difratoograma dos grupos controle (1), difratoograma dos grupos controle e experimental (2) e difratoograma do grupo experimental (3).	26
Figura 8 Grau de Intumescimento dos filmes.....	28
Figura 9 Teor de umidade dos filmes.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Plantas medicinais comercializadas em Luís Eduardo Magalhães.....	16
Tabela 2 Composição dos filmes.....	20
Tabela 3 Descrição das bandas para quitosana em pó e em forma de filme	23
Tabela 4 Descrição das bandas para o alginato de sódio em pó e em forma de filme	23
Tabela 5 Teste de Tukey para teor de intumescimento	29
Tabela 6 Teste de Tukey para teor de umidade	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS.....	11
2.1	Objetivo Geral	11
2.2	Objetivos Específicos	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1	Pele	12
3.2	Biomateriais.....	13
3.3	Alginato	14
3.4	Quitosana.....	15
3.5	Plantas Medicinais.....	16
3.6	<i>Lafoensia pacari (L. pacari)</i>	17
4	MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1	Material vegetal	19
4.2	Reagentes.....	19
4.3	Preparo dos filmes	19
4.4	Caracterização do filme	20
4.4.1	Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	20
4.4.2	Difração de Raio X (DRX).....	20
4.4.3	Teor de umidade	21
4.4.4	Grau de intumescimento	21
4.4.5	Análise Estatística	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5.1	Avaliação dos Filmes	22
5.1.1	Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	23
5.2	Difração de raio X (DRX)	26
5.3	Grau de intumescimento	27
5.4	Teor de umidade	29
6.	CONCLUSÃO	32
7.	TRABALHOS FUTUROS.....	33
8.	BIBLIOGRAFIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A engenharia de tecidos, um campo essencial dentro dos biomateriais, é definida como a ciência dedicada ao desenvolvimento de substitutos biológicos capazes de restaurar, manter ou aprimorar a funcionalidade de tecidos ou órgãos inteiros (MEZIANE et al., 2024). Entre os diferentes tipos de biomateriais, os curativos desempenham um papel central. Esses materiais terapêuticos são aplicados diretamente em feridas para proteger, absorver e drenar exsudatos, promovendo condições mais favoráveis à cicatrização (KHAN et al., 2022).

O progresso nas pesquisas e no desenvolvimento de novos materiais em engenharia de tecidos é fundamental para atender às crescentes necessidades da área da saúde. O objetivo é criar substitutos que reproduzam as características dos tecidos biológicos naturais, minimizando a ocorrência de inflamações crônicas e os riscos associados ao uso de materiais sintéticos, amplamente utilizados em implantes, que raramente são reconhecidos pelo organismo como corpos estranhos (IKRAM et al., 2021).

Esses curativos devem atuar reduzindo a população bacteriana, controlando a saída de exsudato, estimulando a granulação e protegendo a reepitelização, além de promover trocas gasosas mais eficientes, serem indolores e, sempre que possível, apresentarem baixo custo. (SANTANA, 2023).

Os polímeros utilizados na engenharia de tecidos possuem características essenciais para a fabricação de curativos. O alginato de sódio, um biopolímero, é notável por sua alta hidrofiliabilidade, capacidade de formar gel, biodegradabilidade, biocompatibilidade e ausência de toxicidade. Seus géis apresentam mucoadesão, porosidade e facilidade de manuseio, podendo atuar como uma matriz extracelular artificial importante na engenharia tecidual, além de ser amplamente utilizado em bandagens para o tratamento de lesões, um produto já consolidado no mercado (ZARE et., al 2018).

Biopolímeros biocompatíveis e biodegradáveis, como o alginato de sódio e a quitosana, apresentam um grande potencial para o desenvolvimento de curativos na área de engenharia tecidual. Bandagens feitas de alginato já estão disponíveis no mercado, evidenciando sua eficácia e ampla aplicação (PEREIRA, 2017).

Os curativos podem ser categorizados como passivos, com princípios ativos, inteligentes, biológicos ou compostos (ILYAS et al., 2022). Os curativos passivos têm a função de proteger a ferida e manter o ambiente adequado para a cicatrização, sem interagir diretamente com o processo de cura. Já os curativos com princípios ativos destacam-se por sua ação tópica, determinada pela composição química, sendo especialmente úteis no desbridamento enzimático

e no controle de bactérias presentes na ferida (MEZIANE et al., 2024). Por outro lado, os curativos inteligentes são capazes de responder a estímulos do ambiente da ferida, ajustando a liberação de substâncias ativas conforme necessário. Os curativos biológicos, por sua vez, utilizam materiais derivados de organismos vivos para promover a regeneração celular e acelerar a cicatrização. Finalmente, os curativos compostos combinam diferentes tecnologias e materiais, oferecendo uma solução multifacetada que integra características de várias categorias para melhorar a cicatrização.

A produção de curativos com princípios ativos utilizando extratos vegetais de plantas do cerrado e seus metabolitos secundários, revelou-se uma alternativa promissora, já que muitas dessas plantas possuem em sua composição elementos químicos como taninos, glucanos, flavonóides, alcalóides, triterpenos, sesquiterpenos e saponinas, garantindo propriedades antifúngicas ou antibacterianas (DORNELLES et al., 2022).

O Brasil apresenta uma variedade de biomas e plantas medicinais com grande potencial no desenvolvimento de novos curativos e arcabouços a base de extratos vegetais (MARTINS et al., 2016; FIRMO, 2016). Alguns estudos mostram que a *Lafoensia pacari*, uma planta do cerrado brasileiro, possui metabolitos secundários de interesse farmacológico, tais como taninos, flavonoides e compostos fenólicos (LU et al., (2022); ZHAO et al., (2020); PEREIRA, 2017). Cientificamente já foram comprovadas atividades antimicrobiana, antifúngica, analgésica e antiinflamatória e estas ações do extrato são muito interessantes para tratamento de dermatoses.

A incorporação do extrato foliar de *Lafoensia pacari* em filmes de alginato de sódio e quitosana surge como uma estratégia promissora na engenharia de tecidos. Esses filmes apresentam potencial para serem utilizados como curativos avançados, fornecendo suporte essencial na cicatrização de dermatoses, aproveitando as propriedades terapêuticas do extrato.

Este trabalho propõe a produção e caracterização de filmes poliméricos formados por alginato de sódio e quitosana, com a adição do extrato foliar de *Lafoensia pacari*, com o objetivo de desenvolver curativos ativos destinados à reparação tecidual.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Sintetizar filmes de alginato de sódio (AS) e quitosana, incorporando diferentes concentrações do extrato foliar de *Lafoensa pacari*, e avaliar suas propriedades físico-químicas.

2.2 Objetivos Específicos

- Sintetizar filmes contendo AS e quitosana com diferentes concentrações do extrato foliar de *Lafoensa pacari*;
- Caracterizar físico-quimicamente os filmes produzidos empregando técnicas como Espectroscopia de Absorção no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e Difração de raios X (DRX).
- Avaliar a interação entre os componentes a absorção de líquido através das técnicas de teor de umidade e o grau de inchamento.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Pele

A pele é considerada o maior órgão do corpo humano, possuindo seu próprio metabolismo e auxiliando no funcionamento do corpo. Sua principal função é a de retenção de líquido no interior do organismo e barreira física para o impedimento da entrada de agentes externos (ZOABI et al., 2021). *Figura 1* ilustra a composição da pele através da epiderme, derme e hipoderme.

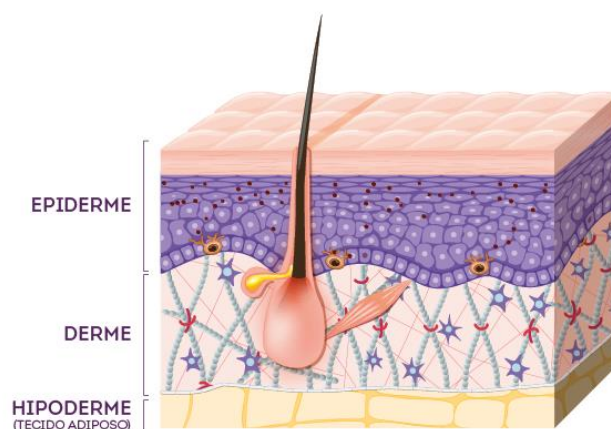


Figura 1 Composição da pele humana (LOPES, 2022)

A epiderme é a camada superior da pele, que contém queratinócitos, responsável pela barreira de proteção contra danos mecânicos e entrada de microrganismos. A derme, formada por fibroblastos e colágeno, é responsável pela rigidez e consistência da pele. E por fim, a hipoderme, com alta composição de gorduras, atua como reserva energética, contribuindo diretamente na elasticidade e isolamento térmico (HOSSEINI, 2021).

A restauração da pele, um fenômeno natural para a recuperação, é influenciada por alguns fatores como, infecção, qualidade da cura, perda de fluidos e velocidade de cicatrização, o que pode aumentar significativamente o tempo de cicatrização. O uso desses mecanismos como estratégia de regeneração é um dos grandes desafios clínicos (ZHAO, 2020).

O modo de tratamento de feridas é um caráter dinâmico, que depende da fase de cicatrização do ferimento e fatores clínicos do ferimento. O avanço tecnológico desse campo possibilita o uso de biomateriais capazes de acelerarem a cicatrização, facilitando a vida do paciente (SILVA et al., 2017), todavia, o custo elevado de alguns curativos disponíveis no mercado, inviabiliza seu acesso a toda a população.

3.2 Biomateriais

Os biomateriais biodegradáveis são constituídos de materiais naturais ou sintéticos capazes de se degradar ao mesmo tempo que contribuem para a formação do tecido, a idealização de um biomaterial que possui essas propriedades incentiva o desenvolvimento dessa tecnologia (ZONARI, et al., 2012).

Possuem um papel fundamental na engenharia tecidual, sendo utilizados há anos em substituições intraoculares e na reparação de obstruções dentárias. Com os avanços da engenharia, há uma maior aplicação na área médica, contribuindo para melhorar a qualidade de vida e aumentar a longevidade de pacientes que optam por esses tratamentos (MACEDO, 2017).

A vasta aplicação desses materiais no corpo humano abrange diversas partes do corpo, variando entre curativos, válvulas cardíacas, implantes para correção da coluna vertebral, substituição de tecidos ósseos e outros (GEETHA et al., 2009).

Nos curativos, apesar da finalidade permanecer a mesma, existem diversas opções, variando no mecanismo de ação, o que faz diferença na escolha do tratamento. Curativos interativos compostos por filmes poliméricos ou espumas possuem transparência e permeabilidade ao vapor d'água e ao oxigênio, o que impede a penetração de bactérias externas e auxilia na ventilação da ferida. Já os curativos bioativos possuem estruturas carregadas de substâncias com capacidade de auxiliar no processo de cicatrização, como agentes bacteriostáticos e regeneradores celulares (ZAHEDI et al., 2009).

Os filmes curativos podem ser produzidos a partir de polímeros estruturados em uma matriz 3D com células abertas, sendo hidrofóbicos e com espessura geralmente inferior a 1 mm. Esses filmes têm a função de formar uma barreira protetora sobre a ferida, permitindo a troca gasosa e a manutenção de um ambiente úmido, ideal para a cicatrização. A presença de poros com uma arquitetura e distribuição apropriadas ao tamanho (geralmente na faixa de 100 a 500 μm) e com alta interconectividade (>85%) permite que esses filmes sejam eficazes na absorção de exsudato e, em alguns casos, utilizados como suporte para a regeneração tecidual na engenharia tecidual (PIRES, 2015).

Curativos tradicionais, como gaze e algodão, são amplamente utilizados para manter feridas secas, facilitando a evaporação de exsudatos e prevenindo a entrada de bactérias. Contudo, apresentam complicações como drenagem excessiva, aderindo-se a ferida, o que não só torna sua remoção dolorosa, mas interrompe ou reinicia o processo de cicatrização. Por não

oferecerem um ambiente úmido, esses curativos vêm sendo gradualmente substituídos por alternativas mais eficazes no suporte à cicatrização (RIBEIRO et al., 2022).

Curativos em forma de filmes se adaptam aos tecidos com eficácia, eles devem atender a requisitos como biocompatibilidade, biodegradabilidade, propriedades mecânicas adequadas, porosidade e morfologia apropriada.

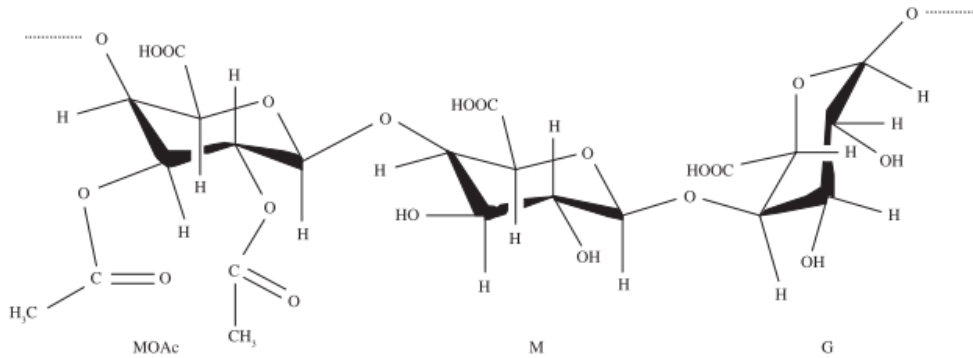
A biocompatibilidade é essencial para favorecer a adesão celular e minimizar reações de rejeição, promovendo a migração celular para a superfície do material (ECHEVERRIA MOLINA, 2021). A biodegradabilidade garante que o material permita a proliferação celular e a formação de matriz extracelular, enquanto seus subprodutos de degradação não apresentem toxicidade (DOLCIMASCOLO, 2019). Além disso, as propriedades mecânicas devem ser compatíveis com os tecidos-alvo, assegurando não apenas resistência para o manuseio durante a aplicação, mas que as características do biomaterial sejam semelhantes à do tecido alvo (BERNADO et al., 2021).

Polímeros naturais, como amido, alginato, quitosana, derivados do ácido hialurônico, e proteínas como colágeno, fibroína da seda e lignoceluloses, destacam-se pela biocompatibilidade e biodegradabilidade, essas características os tornam mais adequados quando comparados a polímeros sintéticos para aplicações em engenharia tecidual (IELO, 2022).

3.3 Alginato

O ácido algínico é extraído de bactérias e algas marrons, sendo insolúvel em água à temperatura ambiente. Para torná-lo solúvel, é necessário submetê-lo a uma reação iônica com cátions como Mg^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} e Na^+ . O sal formado é um biopolímero composto por ligações glicosídicas do tipo β (1-4) entre os ácidos β -D-manurônico (M) e α -L-gulurônico (G), organizados em blocos ao longo de uma cadeia linear (ELNASHAR, 2010) conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 Estrutura do Alginato (YANG et al, 2011)



O alginato pode desempenhar o papel de matriz extracelular artificial, importante na área da engenharia de tecidos, possuindo alta hidrofiliabilidade e capacidade na formação de géis. Possui propriedades de biodegradabilidade, biocompatibilidade e ausência de toxicidade, possibilitando sua aplicação em inúmeras outras áreas como na indústria alimentícia, farmacêutica, biotecnológica, cosmética e outras (LENDLEIN e SISSON, 2011).

Como filmes de alginato de sódio são solúveis em água, para melhorar suas propriedades mecânicas é necessário realizar uma reticulação com cloreto de cálcio, dessa forma obtém-se o alginato de cálcio, insolúvel em água, tornando-se uma opção promissora para o uso farmacológico/terapêutico (GARCIA, 2018).

É muito utilizado na área da saúde para o tratamento de lesões como um substituto para matérias convencionais como algodão, já que o cálcio e o sódio das bandagens de alginato reagem com exsudato da ferida para trocas iônicas. Com fibras em formato de gel, garante um ambiente úmido ao leito da ferida, meio ideal para a restauração tecidual (ROSSI, et al., 2010).

3.4 Quitosana

A quitosana é um biomaterial altamente valorizado na biotecnologia devido às suas propriedades, entre elas, destacam-se os efeitos analgésicos, a capacidade de mucoadesão, a atividade hemostática e as propriedades antimicrobianas. Além disso, é biodegradável, biocompatível e bioadesiva, também estimulando a migração e a proliferação celular (RESENDE et al., 2024).

Pesquisas recentes também indicaram que a quitosana apresenta propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes, ampliando seu campo de aplicação na engenharia de tecidos e terapias regenerativas (PATHAK et al., 2021).

A quitosana, um derivado da quitina, pode ser processada em diversas formas, incluindo estruturas porosas, esponjas, microesferas, membranas, nanopartículas e arcabouços. Essas formas versáteis permitem uma vasta aplicação como curativos, sistemas de liberação prolongada e lentes de contato (SILVA et al., 2022; JIA et al., 2023).

Os curativos à base de quitosana também oferecem uma alta permeabilidade ao oxigênio, controle eficiente da perda de água e boa capacidade de absorção dos exsudatos das lesões. Além disso, proporcionam proteção contra agentes infecciosos e desempenham um papel importante na cicatrização das feridas (GARCÍA et al., 2021; PEREIRA et al., 2017).

O avanço no desenvolvimento de curativos de pele que auxiliam no processo de cicatrização tem sido o desafio dentro da engenharia tecidual. Então, a incorporação substâncias bioativas como extrato de plantas medicinais à curativos em forma de filmes podem servir como curativos avançados, oferecendo suporte adicional na cicatrização de feridas.

3.5 Plantas Medicinais

O Cerrado, segundo maior bioma da América do Sul, ocupa uma área de 2.036.448 km², o que representa cerca de 22% do território nacional. Esse bioma é caracterizado por uma grande variedade de espécies e é considerado a savana mais rica do mundo, com mais de 11.627 espécies identificadas. Estima-se que pelo menos 70% dessas espécies possuam efeitos medicinais (MMA, 2017)

Extratos vegetais bem como produtos do metabolismo secundário de muitas plantas do Cerrado brasileiro têm se revelado uma alternativa promissora pelas suas propriedades antifúngicas ou antibacterianas. Os metabólitos secundários tais como: taninos, glucanos e flavonóides, alcalóides, triterpenos, sesquiterpenos, e saponinas entre outros apresentam grande interesse na engenharia de tecidos (SANTANA, 2011).

Em Luís Eduardo Magalhães, um levantamento das plantas medicinais comercializadas no município (oeste baiano), indicou 39 espécies listadas na Tabela 1 como plantas medicinais (LIMA et al., 2018).

Tabela 1 Plantas medicinais comercializadas em Luís Eduardo Magalhães (LIMA et al., 2018).

NOME POPULAR	ESPÉCIE
Rúcula	<i>Eruca sativa</i>
Carqueja	<i>Baccharis trimera</i>
Alecrim	<i>Rosmarinus officinalis</i>

Arnica	<i>Solidago microglossa</i>
Noni	<i>Morinda citrifolia</i>
Barbatimão	<i>Stryphnodendron</i>
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i>
Arruda	<i>Ruta graveolens</i>
Mastruz	<i>Chenopodium ambrosioides</i>
Dedaleiro	<i>Lafoensia Pacari</i>
Cajuzinho do cerrado	<i>Anacardium Humile</i>
Jatobá	<i>Hymenaeae courbaril L.</i>
Mangaba	<i>Hancornia speciosa</i>
Sucupira	<i>Bowdichia virgilioides</i>
Cipó trindade	<i>Tynnanthus Fasciculatus</i>
Chapéu de couro	<i>Echinodorus macrophyllus</i>
Capim santo	<i>Cymbopogon citratus</i>
Poejo ou vique	<i>Mentha pulegium</i>
Babosa	<i>Aloe vera</i>
Maracujá	<i>Passiflora edulis</i>
Pequi	<i>Caryocar brasiliense</i>
Boldo ou 7 dores	<i>Peumus boldus</i>
Cagaita	<i>Eugenia dysenterica</i>
Manjeriço ou alfavaca	<i>Ocimum basilicum</i>
Sabugueiro	<i>Sambucus nigra</i>
Erva cidreira	<i>Melissa officinalis</i>
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>

Apesar do estudo procurar por plantas medicinais, dessas apenas 28 tinham confirmação da indicação terapêutica na literatura (BESSA et al., 2013; CONCEIÇÃO et al., 2011; FONSECA, 2005; JARDIM et al, 2016) das quais 12 são plantas encontradas no Cerrado. Dentre as plantas supracitadas como medicinais do Cerrado está a pacari (*Lafoensia pacari*).

3.6 *Lafoensia pacari* (L. pacari)

A *Lafoensia pacari* é uma planta pertencente à família Lythraceae, que inclui cerca de 600 espécies diferentes. A *Lafoensa pacari* pode possuir vários nomes vulgares, entre eles:

pacari, louro-de-serra, dedaleira, mangabeira-brava, copinho, dedal, dedaleiro. É uma planta com inflorescência, ilustrada na Figura 3, ocorrida durante os meses de outubro a dezembro, ocorrendo a maturação dos frutos de abril a junho (PEREIRA, 2017; FIRMO, 2016).



Figura 3 Inflorescência do *L.pacari* (França, 2018).

A *Lafoensa pacari* é uma árvore que pode atingir alturas de 5 a 25 metros e um diâmetro que varia de 20 a 60 cm. Sua distribuição geográfica abrange a América Central e a América do Sul, sendo encontrada no cerrado brasileiro em estados como Bahia, Goiás, Minas Gerais, Maranhão, Mato Grosso, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, Amapá, Pará, Rio Grande do Sul, Piauí, Rondônia e Tocantins (FIRMO, 2016).

A planta é notável pela presença de metabolitos secundários de grande interesse, como taninos, glucanos, flavonoides, alcaloides, triterpenos, sesquiterpenos e saponinas, que conferem a ela propriedades antifúngicas e antibacterianas.

O Cerrado oferece diversas plantas medicinais com propriedades antimicrobianas entre elas a *Lafoensia pacari*, planta que se destaca por seu perfil fitoquímico rico em flavonoides, terpenos e outros compostos bioativos. Flavonoides e terpenos, por exemplo, possuem propriedades antioxidantes e antimicrobianas que tornam os extratos dessa planta eficazes na formulação de filmes antibacterianos (FIRMO et al., 2016; OTA et al., 2020).

A utilização sustentável dessa planta pode beneficiar tanto o setor industrial quanto o ambiental, promovendo a conservação do Cerrado e o estímulo à economia local. Essa abordagem reforça a importância do manejo consciente e da aplicação de conhecimentos tradicionais no desenvolvimento de biofilmes inovadores com aplicações médicas e industriais (ARALDI et al., 2023).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material vegetal

A coleta do material vegetal foi realizada no platô da Serra da Bandeira (-12°06'08.5''S, 44°59'47.2''W) que fica localizada no município de Barreiras, Bahia em junho de 2017, as excisatas foram confeccionadas e depositadas juntamente ao Herbário da Universidade Federal do Oeste da Bahia (número de tombo BRBA 7608) e o extrato foi cedido pela professora Katyúscya Veloso Leão, UFOB - *Campus* de Barreiras.

4.2 Reagentes

Quitosana (Êxodo Científica), Alginato de sódio (Êxodo Científica), Cloreto de cálcio Dihidratado (Alphatec), plastificante (glicerol).

4.3 Preparo dos filmes

A quitosana foi solubilizada em solução aquosa de ácido láctico 1% (v/v) numa concentração de 5,0% (p/v), o alginato de sódio com concentração de 5,0% foi solubilizado em água destilada com agitação constante e temperatura de $23 \pm 1^\circ\text{C}$ por um período de 3 horas. As amostras foram produzidas de acordo a descrição da Tabela 2.

Para a formulação dos grupos V e VI, o extrato vegetal de *L. pacari* foi solubilizado em álcool etílico P.A. na concentração de 4,11 mL/mg. Em 100 g da solução polimérica do grupo IV, foram adicionados 6,1 mL e 8,2 mL do extrato, formando os grupos V e VI com concentrações de 1,5% e 2,0%, respectivamente.

Tabela 2 Composição dos filmes.

Amostras	Composição				
	Alginato de sódio	Quitosana	CaCl ₂ e Glicerol	Extrato de folha <i>Lafoensa pacari</i> C ₁	Extrato de folha <i>Lafoensa pacari</i> C ₂
Grupo I	X				
Grupo II		X			
Grupo III	X	X			
Grupo IV	X	X	X		
Grupo V	X	X	X	X	
Grupo VI	X	X	X		X

Após os processos de mistura dos grupos, foi realizada a agitação em processador doméstico (Mondial L-550-W) para garantir a homogeneidade da solução. Cada filme foi produzido por *casting*, utilizando 10 ml de solução dispersas sobre uma placa de Petri, e foram colocadas para secar em estufa a 35°C por 24 horas. Antes de sua caracterização, os filmes foram armazenados por 72 h em um dessecador para uniformizar seu conteúdo de umidade.

4.4 Caracterização do filme

4.4.1 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

As amostras dos filmes foram analisadas em espectrômetro com Transformada de Fourier na região do Infravermelho (FTIR) (SHIMADZU IRAFFINITY-1S), utilizando um atenuador de refletância total (ATR), a resolução do equipamento foi de cm^{-1} , com 32 varreduras e faixa de número de onda de $2000 - 700 \text{ cm}^{-1}$.

4.4.2 Difração de Raio X (DRX)

Foi utilizado um difratômetro RIGAKU ULTIMA IV, operando em modo de varredura, com radiação $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$) e filtro de níquel com voltagem de 40 kV e corrente de 40 mA, velocidade de varredura $2^\circ/\text{min}$ em 2θ ($2 - 50^\circ$) e um passo de 0,02.

4.4.3 Teor de umidade

O teor de umidade foi determinado pela diferença entre a massa inicial e a massa final após 24 horas em estufa a 25°C, expressa em porcentagem (%) em relação ao valor inicial. A pesagem foi realizada uma única vez, utilizando uma balança analítica, conforme descrito na Equação 1 (MIGUEL et al., 2009).

$$Perda\ de\ massa = \frac{massa\ inicial - massa\ final}{massa\ inicial} * 100 \quad Eq. (1)$$

4.4.4 Grau de intumescimento

Para a análise do grau de intumescimento, foi utilizado o método gravimétrico, com a avaliação da diferença entre dois líquidos: água destilada e solução salina (KCL – NaOH com ph = 7,44). Essa solução tem a função de simular a parte inorgânica do exsudato de feridas (SOBCZYK, 2020).

O método gravimétrico considera a massa seca inicial de uma determinada amostra e sua massa após 24h imersa nessa solução. Para cada formulação filmogênica, foram preparadas três amostras (5cm²) pesadas e imersas na em aproximadamente 80mL da solução salina por um período de 24h.

Após esse procedimento, o excesso do liquido foi removido com papel filtro e a massa residual aferida em balança analítica. O grau de intumescimento foi determinado em triplicata e calculado conforme a equação 2.

A massa da amostra filmogênica dos grupos I à VI foi quantificada (m_0) e o material imerso em água destilada sob leve agitação em temperatura ambiente. A amostra foi retirada em determinados períodos de tempo com o excesso da água removida com auxílio de papel filtro e sua massa final (m_f) determinada, com voltando a solução. O grau de intumescimento foi calculado pela relação a seguir:

$$GI = \frac{m_f - m_0}{m_0} * 100 \quad Eq. (2)$$

4.4.5 Análises estatísticas

Todos os ensaios foram realizados em triplicata, com intervalos de confiança de 90%, utilizando o software *Statistica* 10. A significância dos dados foi avaliada pelo teste de ANOVA e Tukey com significância de 10%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente, os filmes serão avaliados macroscopicamente, observando-se suas características visuais, como coloração, textura e uniformidade. Em seguida, os resultados de FTIR dos filmes produzidos, obtidos pela comparação dos espectros, permitirão a identificação das principais bandas, revelando possíveis interações entre os segmentos dos polímeros e o extrato vegetal de *L. pacari*, além das modificações geradas pela reticulação do alginato de sódio. Essas interações podem levar a alterações na estrutura cristalina dos polímeros, que serão analisadas por meio de difratogramas de DRX.

Após isso, serão apresentados os dados referentes ao teor de umidade e ao grau de intumescimento dos filmes, evidenciando como a interação entre os componentes influenciou ou não a absorção de líquido.

5.1 Avaliação dos Filmes

As características macroscópicas observadas nos filmes variaram conforme o material base utilizado. Os filmes controle apresentaram coloração translúcida, sendo o filme de alginato completamente transparente, enquanto o de quitosana exibiu uma coloração levemente amarelada. No grupo filmogênico, onde ocorreram as misturas, os filmes apresentaram uma coloração uniforme, com um tom amarelado e opaco, conforme observado na Figura 4. Nos grupos V e VI, os filmes apresentaram um tom mais azulado, mantendo a característica opaca, o que indica a influência dos extratos ou aditivos na modificação da aparência visual do material. Essas variações de coloração podem estar relacionadas à interação entre os componentes do filme e os extratos adicionados, afetando tanto a estrutura quanto a aparência dos filmes.



Figura 4 Filmes após secagem (Autor).

5.1.1 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

A análise FTIR desempenha um papel fundamental na caracterização dos filmes produzidos a partir de alginato de sódio, quitosana e o extrato vegetal de *Lafoensia pacari*. Essa técnica permitiu a identificação dos principais grupos funcionais presentes nos filmes e possibilitou a compreensão das interações entre esses componentes e como elas afetam as propriedades dos materiais.

Os resultados obtidos pelas análises de FTIR foram utilizados para identificar as principais bandas que identifiquem possíveis interações entre os segmentos dos polímeros de alginato e quitosana com o extrato vegetal de *L. pacari*.

Para avaliar as possíveis modificações causadas pela reticulação do alginato de sódio, os espectros de FTIR do pó de quitosana e alginato de sódio, cujos valores são bibliográficos, estão listados nas Tabelas 3 e 4, juntamente com os resultados obtidos nas análises dos filmes.

Tabela 3 Descrição das bandas para quitosana em pó e em forma de filme (BRODERICK et al., 2006; BYRNE et al., 2017; LOPES J. R., 2015).

Modo de vibração	Pó de quitosana	Filme de quitosana
OH	3450	3290
C=O	1650	1726
CONH	1650	1726
NH₂	1580	1589
CO	1030 - 1150	1120

Tabela 4 Descrição das bandas para o alginato de sódio em pó e em forma de filme (BRODERICK et al., 2006; BYRNE et al., 2017; LOPES J. R., 2015).

Modo de Vibração	Pó de ALG	Filme de ALG
OH	3290	3290
CH		2879 - 2935
COO- ASSIMÉTRICO	1598	1589
COO- SIMÉTRICO	1405 - 1308	1409 - 1222
CO	1115 1072	1087
C-O-C	1019	1024

A Figura 5 apresentam os FTIR dos filmes sem os extratos vegetais, grupos controle I e II (Alginato de sódio puro e quitosana), grupo III (Alginato de sódio + quitosana) e grupo IV (Alginato de sódio + quitosana + reticulação com CaCl_2 e plastificante) e a Figura 6 apresenta os filmes com extrato da *L. pacari* em diferentes concentrações.

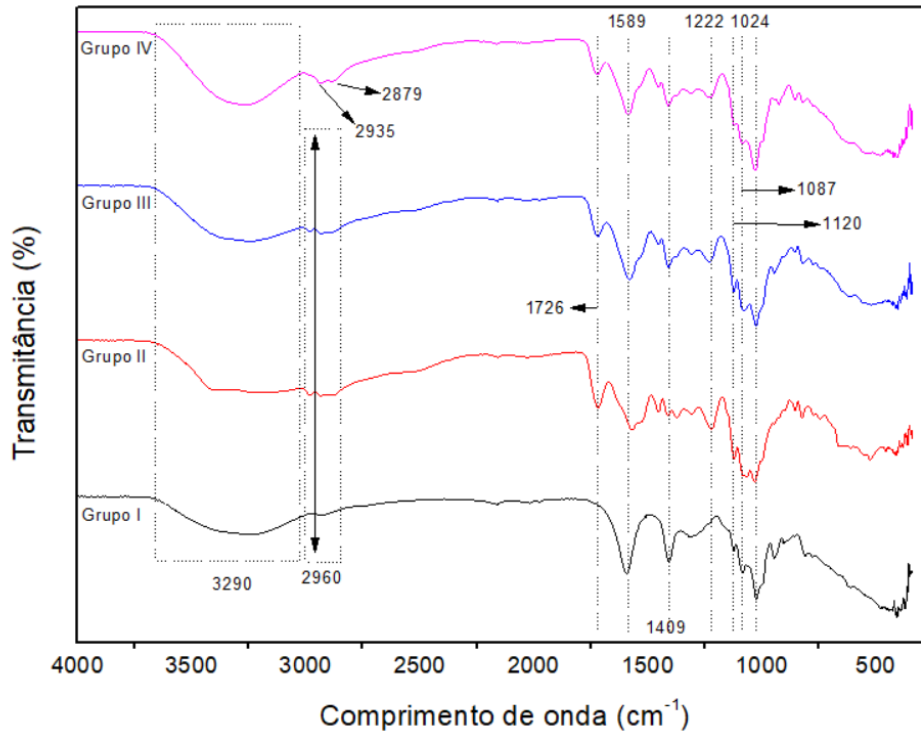


Figura 5 FTIR dos filmes sem os extratos vegetais.

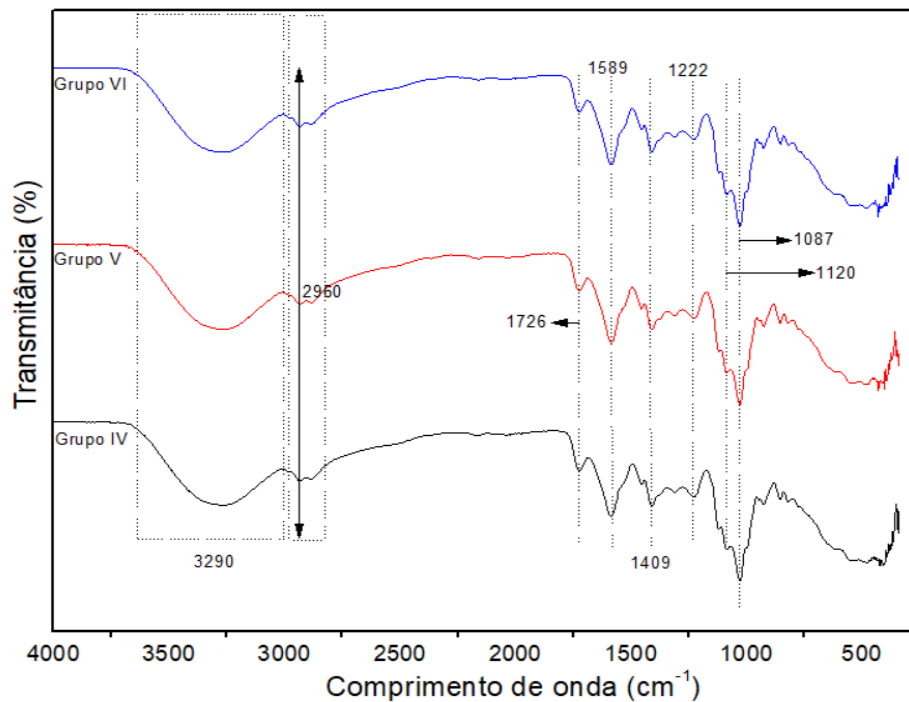


Figura 6 FTIR dos filmes com os extratos vegetais

O pico em 3290 cm^{-1} da Figura 5, que corresponde ao estiramento de grupos hidroxila (-OH), indica que a estrutura interage por meio de ligações de hidrogênio, uma característica importante para a formação da rede tridimensional do filme estabilização do polímero em condições ambientais variadas (SHANKAR & RHIM, 2018).

As bandas em 2935 cm^{-1} e 2879 cm^{-1} representam os estiramentos das ligações C-H de grupos metileno (-CH₂) e metila (-CH₃), que são característicos nos polímeros alginato e quitosana e indicam a presença de grupos que conferem flexibilidade e capacidade de interação entre as moléculas (NAIR et al., 2020). Essas interações facilitam a formação de uma estrutura homogênea que favorece a resistência mecânica do filme.

A banda em 1726 cm^{-1} marca a presença do grupo carbonilo (C=O) e sugere que o alginato está na forma carboxilada facilitando interações com o cloreto de cálcio e contribuindo para a formação de uma rede iônica com propriedades de resistência e solubilidade (LI et al., 2021).

Outras bandas, como as em 1589 cm^{-1} e 1409 cm^{-1} , indicam a presença de quitosana com grupos amida e metileno adicionando-se propriedades funcionais como atividade antimicrobiana e interação com outros materiais (ELSAYED et al., 2020).

Já as bandas em 1222 cm^{-1} , 1024 cm^{-1} , 1087 cm^{-1} , e 1120 cm^{-1} , também associadas a estiramentos C-O, reforçam a presença de grupos éter ou álcool, que são importantes para a formação da rede intermolecular no filme e ajudam a garantir sua flexibilidade (KUMAR et al., 2021).

Na curva II (Figura 6) foram avaliados os grupos IV, grupos V e VI (com concentrações distintas de extrato vegetal de *Lafoensia pacari*). A adição do extrato vegetal de *Lafoensia pacari* nas diferentes concentrações não gerou alterações substanciais nas bandas espectrais. Os picos associados aos grupos funcionais hidroxila (3290 cm^{-1}), carbonila (1726 cm^{-1}) e amida (1589 cm^{-1}) mantiveram sua intensidade e posição, indicando que o extrato vegetal não causou modificações significativas nas interações presentes entre o alginato e a quitosana (NAIR et al., 2020; FIORI et al., 2020).

O que efetivamente alterou a estrutura do filme foi a reticulação, promovida pela adição de plastificante e cloreto de cálcio, conforme observado na curva do grupo IV da Figura 6. A reticulação causou uma pequena alteração na intensidade e forma dos picos, o que pode indicar uma reorganização das redes iônicas formadas entre o alginato e o cloreto de cálcio (CAMPOS et al., 2019; LEE et al., 2021). No entanto, visualmente, não foram observadas

mudanças significativas, e a presença do extrato vegetal não interferiu diretamente na formação dessa rede, sugerindo que o impacto estrutural do extrato foi mínimo.

5.2 Difração de raio X (DRX)

A análise de difração de raios X (DRX) foi utilizada para investigar as alterações estruturais nos filmes produzidos a partir de alginato de sódio, quitosana e o extrato vegetal de *Lafoensia pacari*. A partir dos gráficos de DRX da Figura 7, foi possível identificar como as diferentes combinações e aditivos afetam a cristalinidade e a formação da estrutura do material.

No gráfico 1, ilustrado na Figura 7, que abrange as amostras de alginato de sódio e quitosana sem aditivos, foram observados picos significativos na faixa de 2θ entre 10° e 20° . O pico em $14,5^\circ$ corresponde à reflexão do plano da estrutura cristalina do alginato, indicando a presença de uma organização molecular ordenada que contribui para a rigidez do material (GONÇALVES, 2021). Esse pico é característico de polímeros semicristalinos e sugere que o alginato mantém sua estrutura cristalina mesmo quando combinado com a quitosana.

O pico em $16,8^\circ$ está associado à reflexão do plano da quitosana, confirmando a presença de regiões cristalinas no filme. Esse pico é fundamental para entender a interação entre as cadeias poliméricas, pois indica que a quitosana contribui para a formação de uma rede tridimensional estável (AHMED et al., 2021). A intensidade desse pico também sugere que a quitosana está bem dispersa na matriz de alginato, favorecendo a homogeneidade do material.

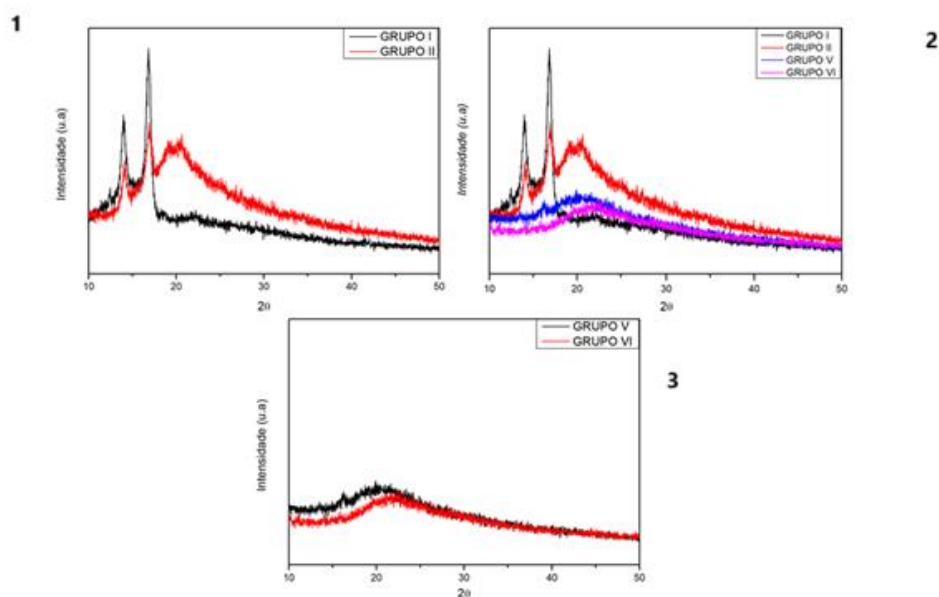


Figura 7 Difratoograma dos grupos controle (1), difratoograma dos grupos controle e experimental (2) e difratoograma do grupo experimental (3)

No gráfico 2, que abrange as amostras compostas pelos grupos I, II, V e VI, foi observada a adição do plastificante, cloreto de cálcio e o extrato vegetal de *Lafoensia pacari* em concentrações distintas.

Os grupos V e VI, em particular, correspondem às amostras já reticuladas com plastificante e cloreto de cálcio, além da adição do extrato vegetal. Como resultado, observa-se uma diminuição na intensidade dos picos em 14,5° e 16,8°, quando comparado ao gráfico I. Esse comportamento indica que o plastificante e o cloreto de cálcio interferem na organização cristalina dos polímeros, promovendo uma transição para uma estrutura mais amorfa (MOHAMMADI et al. 2018).

A formação de um pico largo em torno de 20° é um indicativo de que a presença do plastificante aumenta a mobilidade das cadeias poliméricas, resultando na redução da cristalinidade do material e contribuindo para uma estrutura mais flexível.

No gráfico 3, que representa as amostras reticuladas com cloreto de cálcio e extrato de *Lafoensia pacari*, os picos característicos do alginato e da quitosana desaparecem completamente. Em seu lugar, observa-se uma curva suave com um único pico largo em 21,5°, que é típico de materiais amorfos. Essa mudança indica que a reticulação e a adição do extrato vegetal não causaram uma alteração significativa na cristalinidade do material, mas sim favorecem a formação de uma rede polimérica mais flexível e homogênea, comportando-se de maneira semelhante ao material reticulado apenas com plastificante e cloreto de cálcio (KUMAR et al. 2021; RAJPUT & BHINDER (2023).

5.3 Grau de intumescimento

Na Figura 8 observa-se as barras que avaliam a capacidade de absorção de água de cada um dos grupos. Com exceção do grupo controle I, que durante o processo para terminar o grau de intumescimento foi completamente solubilizado.

Os grupos que passaram pelo processo de reticulação com CaCl₂ e plastificante mostraram uma capacidade de absorção significativamente menor quando comparado aos grupos controles restantes (II e III). O processo de reticulação, que tem como objetivo aumentar a estabilidade estrutural dos filmes, mostrou resultado claro na capacidade de absorção de água. O CaCl₂ utilizado nesse processo, provavelmente fortaleceu as ligações intermoleculares do alginato, resultando em uma estrutura mais densa, dificultando a absorção da solução salina que teve como objetivo mimetizar o exsudato de feridas (QUEIROZ, 2023). Além disso, o plastificante utilizado nesse processo de mistura contribuiu para melhorar a

flexibilização dos filmes. Porém, ao analisar os resultados, fica claro que a capacidade de absorção de água não foi alterada de maneira substancial, uma vez que a estrutura dos filmes se manteve relativamente compactada devido à reticulação, como mostrado na Figura 8 (Pires, 2021).

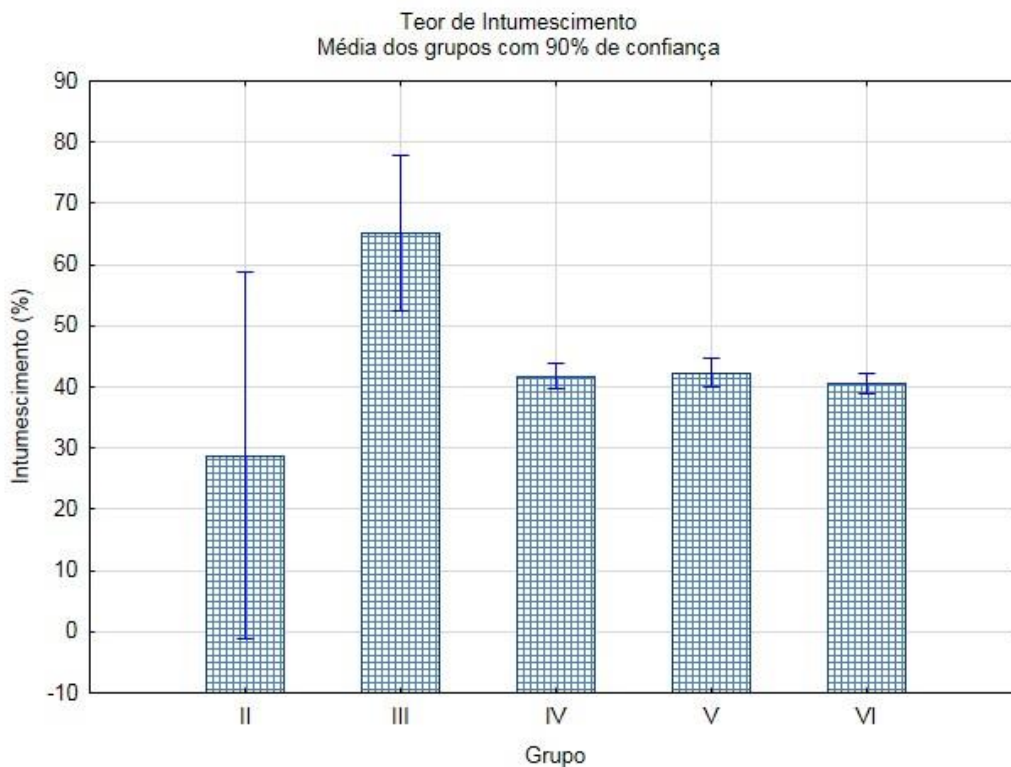


Figura 8 Grau de Intumescimento dos filmes.

A adição do extrato vegetal de *L. pacari* nos grupos V e VI mostrou uma pequena variação quando comparada ao grupo IV. Isso indica que, apesar do extrato vegetal possuir outras atividades bioativas, como a atividade antimicrobiana ou antioxidante, não houve influência significativa na capacidade de absorção de água nesses grupos. Todavia, a estrutura mais rígida dos filmes que passaram pelo processo de reticulação pode ter reduzido a capacidade de interação com a solução salina, o que limitou a absorção de líquido e explica a semelhança desses grupos nos processos de absorção (VAZ, 2012). Por outro lado, o grupo III, que representa uma mistura entre os dois polímeros, apresentou uma absorção de 65%, o que é esperado, considerando que o grupo I foi totalmente solubilizado. A mistura desses dois polímeros pode ter resultado em uma estrutura mais equilibrada, com propriedades intermediárias entre os filmes individuais.

A capacidade de absorção observada nos grupos V e VI apresenta resultados significativos, mostrando que podem possuir diversas aplicações no controle de feridas, visto que o controle sobre a absorção de exsudado é crucial.

De acordo com a tabela 5 é possível observar o poc host em grupos homogêneos com significância de 10%.

Tabela 5 Teste de Tukey para teor de intumescimento

Teste de Tukey				
Grupo	Intumescimento (%)	1	2	3
II	28,8		****	
VI	40,6	****		
IV	41,7	****		
V	42,3	****		
III	65,1			****

No teste de teor de intumescimento, a análise pelo teste de Tukey revelou resultados distintos em comparação com o teste de teor de umidade. Foram observados três padrões de resultados diferentes. Os grupos II e III apresentaram médias significativamente diferentes dos demais e entre si, enquanto os grupos IV, V e VI não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Dessa forma, é importante destacar que os tratamentos influenciaram entre si, e que a simples adição do extrato não foi suficiente para gerar um resultado satisfatório.

5.4 Teor de umidade

Os resultados obtidos nas análises de umidade mostraram variações significativas entre os diferentes grupos analisados, conforme ilustrado na Figura 9. Para cada grupo, foi possível observar que as características do material influenciaram diretamente os teores de umidade obtidos, refletindo a composição de cada um.

Nos grupos controle I, II e III, foram avaliados teores mais baixos.

O grupo II, formulado exclusivamente com quitosana, apresentou o menor teor de umidade entre os grupos analisados. Isso pode ser explicado pela estrutura da quitosana, que, embora seja hidrofílica, possui uma maior capacidade de formar interações com a água, mas não retém tanta umidade quanto outros materiais. Em contraste, o grupo I, que possui características mais hidrofílicas, apresentou um teor de umidade relativamente maior (SEVERO, 2019).

A maior retenção de água no grupo IV pode ser explicada pela presença de reticulação com CaCl₂ e plastificante. Embora a reticulação tenha proporcionado maior estabilidade e flexibilidade ao filme, ela também pode ter formado uma rede mais compacta e densa, o que

permite a retenção de água em sua estrutura interna. No entanto, a menor capacidade de intumescimento pode ser atribuída à restrição no movimento das cadeias poliméricas devido à reticulação, o que limita a expansão do material. Assim, a retenção de água é aumentada pela maior capacidade de absorção do filme, enquanto o intumescimento é restrito pela estrutura mais rígida criada pela reticulação, que impede a expansão significativa do filme (COSTA, 2018).

O grupo IV, que foi reticulado com CaCl_2 e plastificante, apresentou um teor de umidade de 33,76%. Observa-se que nesse grupo, a ação de reticulação, que apesar de demonstrar claramente uma maior estabilidade e flexibilidade do material, também resultou em uma maior retenção de água no filme (AZEVEDO,2022). Porém, ao observarmos os grupos V e VI, que possuem em sua estrutura extrato vegetal de *Lafoensia pacari*, é observado teor de umidade de 37,61% e 36,13%, respectivamente. Esses números refletem que, apesar de pouca diferença, o extrato de pacari pode ter influenciado na capacidade desses filmes de reterem água (HILL, 2013).

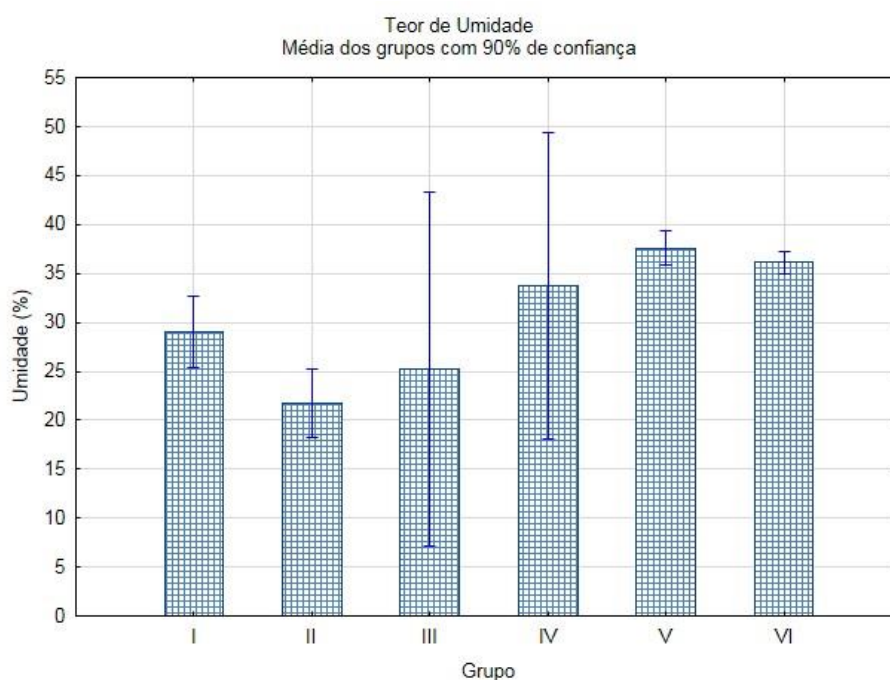


Figura 9 Teor de umidade dos filmes.

Através dos dados obtidos na figura 9, é possível observar que os maiores teores de umidade apresentados nos grupos V e VI podem ser vantajosos como curativo de feridas, uma vez que a retenção de umidade do material pode ajudar na cicatrização, promovendo a regeneração celular e reduzindo os riscos de infecção (SEVERO, 2019). O controle no teor de

umidade nesse tipo de material é importante para balancear a eficácia do curativo e a durabilidade do material.

De acordo com a tabela 6 é possível observar o poc host em grupos homogêneos com significância de 10%.

Tabela 6 Teste de Tukey para teor de umidade

Teste de Tukey			
Grupo	Umidade (%)	1	2
II	21,8		****
III	25,3	****	****
I	29,0	****	****
IV	33,8	****	****
VI	36,1	****	
V	37,6	****	

Embora as médias apresentem resultados promissores de acordo com as características dos filmes, o teste de Tukey não indicou diferença significativa entre os grupos no teste de umidade. A repetição dos experimentos não resultou em uma reprodutibilidade consistente, e o aumento nas barras de erro para um nível de confiança de 90% gerou sobreposição de vários resultados. Portanto, pode-se afirmar que a análise de Tukey não reflete corretamente os resultados das médias, uma vez que a coincidência entre os grupos é consequência de imprecisões nos dados, possivelmente devido a erros aleatórios nos experimentos.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nas análises físico químicas, de FTIR e DRX dos filmes a base de alginato de sódio, quitosana e extrato vegetal de *Lafoensia pacari*, mostram grande potencial, uma vez que os processos de reticulação e a adição do extrato vegetal promoveram algumas alterações nas estruturas dos filmes.

Quando analisados, os gráficos de FTIR mostram que a reticulação com CaCl_2 e a adição de extrato vegetal não induziram a formação de novos picos significativos, porém houve um alargamento nas bandas, o que indica que houve maior número de ligações entre os grupos funcionais dos polímeros e do extrato vegetal.

Ao analisar os gráficos de DRX, é possível observar que o processo de reticulação e de adição do extrato vegetal transformou a estrutura cristalina dos polímeros em uma estrutura mais amorfa, que é benéfica para aplicações médicas, já que essa amorfização aumenta a flexibilidade e a capacidade de absorção de água do material polimérico, características que são essenciais para curativos.

As análises não permitiram determinar de forma conclusiva se as propriedades do extrato vegetal de *Lafoensia pacari*, em combinação com as características do alginato e quitosana, resultaram em uma reorganização na estrutura do material reticulado, uma vez que o gráfico da figura 6 não apresentou picos distintos entre os grupos IV, V e VI. No entanto, apesar de apresentar uma estrutura amorfa, a capacidade de absorção controlada e a retenção de umidade dos filmes indicam que eles possuem características favoráveis para aplicação como curativos, especialmente em feridas exsudativas, uma vez que o controle da umidade e a prevenção de infecções são aspectos essenciais.

7. TRABALHOS FUTUROS

Apesar dos resultados terem sido satisfatórios em alguns aspectos, alguns testes ainda são necessários para confirmar a eficácia do material, tais como, teste antimicrobiano, liberação de compostos ativos, avaliação de biodegradabilidade e estudos de citotoxicidade.

8. BIBLIOGRAFIAS

AHMED, E. M. et al. Chitosan-based nanocomposites: preparation and characterization for food packing industry. *Materials Research Express*, 2021.

ARALDI, Dane Block et al. Primeiro registro de predação por *Gymnandrosoma aurantianum* Lima, 1927 (Tortricidae: Olethreutinae) em sementes de *Lafoensia pacari* (Lythraceae) no Brasil. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 15, n. 9, p. 8461-8477, 2023.

ÁVILA, Renato Ivan de et al. Toxicological evaluation of *Lafoensia pacari* A. St.-Hil. (Lythraceae) stem bark extract: Acute and subchronic studies in mice. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 55, 2019.

AZEVEDO, V. V. C. et al. Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 2, n. 3, p. 27-34, 2007.

BERNARDO, Marcela Piassi et al. Processamento e aplicação de biomateriais poliméricos: avanços recentes e perspectivas. *Química Nova*, v. 44, p. 1311-1327, 2021.

BESSA, N. G. F. et al. Prospecção fotoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 15, n. 4, supl. I, p. 692-707, 2013.

BRODERICK, E.; LYONS, H.; PEMBROKE, T. et al. The characterization of a novel, covalently modified, amphiphilic alginate derivative, which retains gelling and non-toxic properties. *Journal of Colloid and Interface Science*, v. 298, n. 1, p. 154-161, 2020.

CHAIBUB, Beatriz Abdallah et al. Investigation of wound healing activity of *Lafoensia pacari* (Lythraceae) leaves extract cultivated in Goiás state, Brazil. *Rodriguésia*, v. 71, 2020.

CONCEIÇÃO, G. M. et al. Plantas do cerrado: comercialização, uso e indicação terapêutica fornecida pelos raizeiros e vendedores, Teresina, Piauí. *Scientia Plena*, v. 7, n. 12, 2011.

DOLCIMASCOLO, Anna et al. Innovative biomaterials for tissue engineering. In: *Biomaterial-Supported Tissue Reconstruction or Regeneration*. IntechOpen, 2019.

DORNELLES, Rafaela Castro et al. *Richardia brasiliensis* Gomes: phytochemical characterization, antiproliferative capacity and in vitro and in vivo toxicity. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 133, p. 105221, 2022.

ECHEVERRIA MOLINA, Maria I.; MALOLLARI, Katerina G.; KOMVOPOULOS, Kyriakos. Design challenges in polymeric scaffolds for tissue engineering. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, v. 9, p. 617141, 2021.

ELNASHAR, M. *Biopolymers*. Intech. 2010. ISBN: 978-953-307-109-1.

ELSAYED, N. H.; MONIER, M.; EL-SAYED, W. M. Chitosan-based films for biomedical applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 165, p. 1520-1532, 2020.

FIRMO, Wellyson da Cunha Araújo; MIRANDA, Milena Valadar; OLEA, Roberto Sigfrido Gallegos. Caracterização do “estado da arte” de *Lafoensia pacari* A. St.-Hil. (Lythraceae). *Natureza Online*, v. 14, n. 1, p. 13-22, 2016.

FONSECA, ZAF. *Plantas e ervas medicinais e fitoterápicos*. Brasília: PLANTAMED, 2005.

FRÁGUAS, Rodrigo Martins et al. Preparo e caracterização de filmes comestíveis de quitosana. *Polímeros*, v. 25, n. spe, p. 48-53, 2015.

GARCIA, João Antonio Farinelli. Síntese e caracterização de novos bionanocompósitos híbridos constituídos por polissacarídeo carboximetilcelulose e nanoargila com possível aplicação para remoção ou liberação controlada de defensivo agrícola paraquat. 2018.

GEETHA, M.; SINGH, A. K.; ASOKAMANI, R. et al. Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants. *Progress in Materials Science*, v. 54, p. 1-25, 2010.

GONÇALVES, Francielle Cristine Pereira. Obtenção e caracterização de filmes à base de blendas de fécula de batata, quitosana e alginato de sódio. 2021.

GUO, Qipeng. *Polymer morphology: principles, characterization, and processing*. John Wiley & Sons, 2016.

HOSSEINI, Motaharesadat; SHAFIEE, Abbas. Engineering bioactive scaffolds for skin regeneration. *Small*, v. 17, n. 41, p. 2101384, 2021.

HUBNER, P. et al. Gelatin-based films containing clinoptilolite-Ag for application as wound dressing. *Materials Science and Engineering C*, v. 107, p. 110215, 2020.

HUBNER, Patricia. Desenvolvimento de filmes de hidrogel à base de gelatina e PVA contendo óleos essenciais de lavanda e de pinus para aplicação como curativo. 2023.

IELO, Ileana et al. Recent advances in hydroxyapatite-based biocomposites for bone tissue regeneration in orthopedics. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 17, p. 9721, 2022.

IKRAM, Rabia et al. Recent advances in chitin and chitosan/graphene-based bionanocomposites for energetic applications. *Polymers*, v. 13, n. 19, p. 3266, 2021.

ILYAS, Rushdan Ahmad et al. Natural-fiber-reinforced chitosan, chitosan blends and their nanocomposites for various advanced applications. *Polymers*, v. 14, n. 5, p. 874, 2022.

JIA, X.; ZHANG, M.; ZHOU, J.; WANG, Q.; LI, Y. Recent developments in chitosan-based materials for biomedical applications. *Carbohydrate Polymers*, v. 268, p. 118187, 2023.

KHAN, Haider Mohammed et al. Smart biomaterials and their potential applications in tissue engineering. *Journal of Materials Chemistry B*, v. 10, n. 36, p. 6859-6895, 2022.

KUMAR, S.; MUKHERJEE, A.; DUTTA, J. Chitosan-based films for food packaging: A review on properties, applications, and future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, v. 116, p. 1-15, 2021.

LENDLEIN, A.; SISSON, A. *Handbook of Biodegradable Polymers: Synthesis, Characterization and Applications*. Wiley-VCH, 2011. ISBN: 978-3-527-32441-5.

LI, K.; ZHU, J.; GUAN, G.; WU, H. Preparation and characterization of sodium alginate-based films with enhanced mechanical and barrier properties. *Food Hydrocolloids*, v. 112, p. 106336, 2021.

LIMA, A. G.; OLIVEIRA, J. S. D.; FIGUEIRA, F. S.; KLEIN, R. C.; LOPES, J. R. *Plantas medicinais do Cerrado: caminhos para incentivar inserção da bioprospecção na região Oeste da Bahia*. 2018.

LIMA, D. C. S. et al. Antigenotoxic, and anticytotoxic activities of an ethanolic extract of *Lafoensia pacari* (Lythraceae) stem bark in bacteria and mice. 2013.

LOPES, J. R. Avaliação da incorporação de alginato de sódio esterificado e poli(etileno glicol) em filmes de poli(3-hidroxibutirato). Universidade Federal de Sergipe, 2015.

LOPES, Márcia Aparecida Ramos. Avaliação da viabilidade e aplicação do modelo de pele humana ex vivo (hOSEC) para estudos de fotoenvelhecimento. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2022.

LU, Shuang et al. Alginate-based hydrogels for biomedical applications: preparation, properties, and challenges. *Carbohydrate Polymers*, v. 194, p. 139-151, 2018.

MACEDO, Maria Erisfagna Ribeiro de et al. Arcabouços 3D (Scaffolds) à base de poli(hidroxibutirato), quitosana e fibroína da seda para engenharia tecidual. 2017.

MARTINS, J.N.; LIMA, L.S.L.; DUARTE, D.B.; SANTOS, D.C.; GOMES, J.P. *Plantas Medicinais do Semiárido: Ocorrência, Utilização e Princípio Ativo*. In: CONIDIS I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. Campina Grande-PB, novembro, 2016.

MEZIANE, H. et al. Nanocellulose fibers: A review of preparation methods, characterization techniques, and reinforcement applications. *Moroccan Journal of Chemistry*, v. 12, n. 1, p. 305-343, 2024.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. *O Bioma Cerrado*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: nov. 2022.

MOHAMMADI, Reza et al. Physico-mechanical and structural properties of eggshell membrane gelatin-chitosan blend edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 113, p. 73-81, 2018.

MULLER, José Miguel; SANTOS, Renata Lopes dos; BRIGIDO, Riveli Vieira. Produção de alginato por microrganismos. *Polímeros*, v. 21, p. 305-310, 2011.

NAIR, S. B.; ALUMMOOTIL, N. J.; MOOTHANDASSERRY, S. Chitosan-based biodegradable films: Properties and applications in food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 164, p. 178-188, 2020.

OTA, Cássia Yumi et al. Lafoensia pacari: avaliação da sua ação cicatrizante em lesões cutâneas induzidas cirurgicamente em ratos Wistar. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais/Brazilian Journal of Medicinal Plants*, v. 22, n. 1, p. 35-38, 2020.

PATHAK, Kamla et al. Biomedical applications of quaternized chitosan. *Polymers*, v. 13, n. 15, p. 2514, 2021.

PAVÃO, Danilo Pavão et al. Capacidade de formação de biofilme por cepas bacterianas e ação antibiofilme do extrato de Lafoensia pacari (Lythraceae). 2021.

PELLISSARI, Franciele Maria. Produção e caracterização de filmes de amido de mandioca, quitosana e glicerol com incorporação de óleo essencial de orégano. 2024.

PEREIRA, A.C.; SILVA, N.C.; ALMEIDA, L.M. Potencial toxicológico de Lafoensia pacari (Lythraceae) usando o sistema teste Allium cepa como bioindicador. In: IV Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, Pirenópolis – GO, outubro, 2017.

PÉREZ-PUYANA, V. et al. Chitosan-based films for wound healing applications: A review of their properties and applications. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, v. 107, n. 1, p. 214-225, 2019. DOI: 10.1002/jbm.a.36782.

PIRES, A. L. R. Desenvolvimento de curativos flexíveis e neutralizados de quitosana e alginato contendo AlphaSan® RC2000. Tese de Doutorado. [s.n.], 2019.

PIRES, Ana Luiza R.; BIERHALZ, Andréa C. K.; MORAES, Ângela M. Biomateriais: tipos, aplicações e mercado. *Química Nova*, v. 38, p. 957-971, 2015.

QUEIROZ, Cinthia da Silva. Caracterização de fibroína de seda em hidrólise alcalina: um estudo para viabilizar a produção em larga escala. Tese de Doutorado. [s.n.], 2023.

RAJPUT, V. S.; BHINDER, J. *Advanced Materials for Biomedical Applications: Development and Processing*. Springer Nature, 2023.

RESENDE, Juliana Alves et al. Desenvolvimento de filmes orodispersíveis para administração antisséptica bucal de clorexidina: preparo, avaliação e atividade antimicrobiana in vitro. *Scientia Plena*, v. 20, n. 9, 2024.

RIBEIRO, Cibele T. D.; DIAS, Fernando A. L.; FREGONEZI, Guilherme A. F. Hydrogel dressings for venous leg ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, n. 8, 2022.

ROSSI, L.; MENEZES, M. A. J.; GONÇALVES, N. et al. Cuidados locais com as feridas das queimaduras. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 9, n. 2, p. 54-59, 2010.

SANTANA, Eduarda Santos de et al. Association of Rhizophora mangle and ascorbic acid in hydrogels: Evaluation of cytotoxic and immunomodulatory effects. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 59, p. e20179, 2023.

SANTANA, R.O. Potencial de Atividade Antimicrobiana de Plantas do Cerrado. Dissertação de Mestrado, UFG, Goiânia, GO, Brasil, 2011.

SANTOS, Vanessa Pimentel et al. Recovery of chitin and chitosan from shrimp waste with microwave technique and versatile application. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 86, p. e0982018, 2019.

SHOJAEE, M. et al. Fabrication and characterization of ovalbumin films for wound dressing applications. *Materials Science and Engineering C*, v. 48, p. 158-164, 2015.

SILVA, ANA CATARINA DE OLIVEIRA et al. As principais coberturas utilizadas pelo enfermeiro. *Revista Uningá*, v. 53, n. 2, 2017.

SILVA, M. C.; COSTA, A. F.; BAPTISTA, P. S.; PINHEIRO, P. S. Recent advances in chitosan-based materials for medical applications. *Biomaterials Science*, v. 10, n. 2, p. 233-249, 2022.

SOBCZYK, Andressa de Espindola. Desenvolvimento de filmes compostos de quitosana e alginato contendo folhas de orégano ou óleo essencial de orégano para aplicação como curativo. 2020.

SOUZA, Leonardo de et al. Features and strategies for scaffold design and production for tissue engineering. *Química Nova*, v. 45, p. 816-830, 2022.

SOUZA, Waléria Ramos Nogueira de et al. Antimicrobial activity of *Lafoensia pacari* phenolics-containing extract against common bean phytopathogens. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 52, p. e72726, 2022.

TANGANINI, I. C. et al. Chitin and chitosan production from shrimp wastes by a two-step process consisting of molasses-based lactic fermentation and chemical deacetylation: Insights into the antimicrobial, microsphere and film-forming properties of chitosan. *Journal of Polymers and the Environment*, p. 1-20, 2024.

VAZ, Juliana Miguel. Preparação e caracterização de biofilmes ativos à base de alginato de diferentes estruturas poliméricas reticuladas com cálcio. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, 2012.

ZAHEDI, P.; REZAEIAN, I.; RANAEI-SIADAT, S-O. et al. A review on wound dressings with an emphasis on electrospun nanofibrous polymeric bandage. *Polymer Advanced Technology*, v. 21, 2010.

ZARE, Ehsan Nazarzadeh; MOTAHARI, Ahmad; SILLANPÄÄ, Mika. Nanoadsorbents based on conducting polymer nanocomposites with main focus on polyaniline and its derivatives for removal of heavy metal ions/dyes: a review. *Environmental Research*, v. 162, p. 173-195, 2018.

ZHAO, Wan-Yi et al. Chitosan-calcium alginate dressing promotes wound healing: A preliminary study. *Wound Repair and Regeneration*, v. 28, n. 3, p. 326-337, 2020.

ZOABI, Amani; TOUITOU, Elka; MARGULIS, Katherine. Recent advances in nanomaterials for dermal and transdermal applications. *Colloids and Interfaces*, v. 5, n. 1, p. 18, 2021.