



Estado do Paraná

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**  
**- PPGCA**

**BIOCURATIVO DE QUITOSANA E PECTINA**  
**INCORPORADO COM EXTRATO DE *Jatropha multifida***

**FRANCIELLY DE SOUZA**

**TOLEDO – PARANÁ –**  
**BRASIL 2021**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS -  
PPGCA**

**BIOCURATIVO DE QUITOSANA E PECTINA  
INCORPORADO COM EXTRATO DE *Jatropha multifida***

**Francielly de Souza**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/*Campus* Toledo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Dra. Josiane Caetano Dragunski  
Coorientadora: Dra. Luciana Oliveira de Fariña

**TOLEDO – PARANÁ –  
BRASIL 2021**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Souza, Francielly  
BIOCURATIVO DE QUITOSANA E PECTINA INCORPORADO COM  
EXTRATO DE *Jatropha multifida* / Francielly Souza;  
orientadora Josiane Caetano Dragunski; coorientadora Luciana  
Oliveira de Fariña. -- Toledo, 2022.  
83 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Toledo) --  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de  
Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Ambientais, 2022.

1. Polímero biodegradável. 2. Feridas. 3. Extrato vegetal.  
4. Filme antimicrobiano. I. Dragunski, Josiane Caetano,  
orient. II. Fariña, Luciana Oliveira de, coorient. III.  
Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Francielly de Souza**

“Desenvolvimento e caracterização de quitosana e pectina incorporado com extrato de *Jatropha multifida*”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

### COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Josiane Caetano Dragunski (Presidente)  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabela Angeli de Lima  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Tereza Rojo de Almeida  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Aprovada em: 10 de dezembro de 2021.  
Local de defesa: Via remota sí

**DEDICATÓRIA**

À Ana Alice, ao Antony e ao Fred, meus  
amados.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por ser agraciada com plenas condições físicas e psicológicas de fazer ciência. Por todo acalento e força nas horas de agústia quando eu achava que não poderia mais seguir em frente.

Não poderia deixar de agradecer minha mãe Zilda Cristo, meu exemplo de mulher guerreira e minha consultora especial em tratamentos de feridas.

Às minhas irmãs Patty, Daia, Gabi e meu marido e amigo querido Fred vocês me deram força e colo nos momentos difíceis.

Agradeço às professoras Fabiana André Falconi, Isabela Angeli de Lima, Maria Tereza Rojo de Almeida pelo auxílio relacionado às áreas de microbiologia e fitoquímica.

Agradeço ao professor Douglas Cardoso Dragunski pelo auxílio referente as análises realizadas nos filmes e à minha coorientadora Luciana Fariña por conceder acesso ao laboratório da Unioeste de Cascavel bem como todo auxílio referente ao extrato vegetal.

Agradeço a minha orientadora Josiane C. Dragunski pela paciência e prontidão em me atender.

Agradeço também ao grupo de pesquisa GIPeFEA, especialmente meus colegas Alessandra, Gabriel, Jean e Leandro pelo auxílio com equipamentos, reagentes e ensaios realizados.

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	15
2.	REVISÃO DA LITERATURA .....	17
2.1.	Polímeros biodegradáveis .....	17
2.2.	Quitosana, um polímero presente em crustáceos.....	20
2.3.	Pectina, um polímero presente em células vegetais.....	22
2.4.	Feridas e curativos .....	24
2.5.	O uso de plantas medicinais na atenção à saúde e a <i>Jatropha multifida</i> .....	27
3.	OBJETIVOS .....	33
3.1.	Geral.....	33
3.2.	Específicos.....	33
4.	METODOLOGIA.....	34
4.1.	Materiais .....	34
4.2.	Extrato de <i>Jatropha multifida</i> .....	34
4.3.	Extração da Pectina do bagaço de laranjas .....	38
4.4.	Preparo dos filmes .....	40
4.4.1.	Filmes com pectina comercial.....	40
4.4.2.	Filmes com pectina AFV com e sem extrato vegetal .....	41
4.5.	Caracterização dos filmes .....	42
4.5.1.	Análises mecânicas.....	42
4.5.2.	Espessura.....	43
4.5.3.	Solubilidade .....	43
4.5.4.	Transmissão de vapor de água .....	43
4.5.5.	Grau de intumescimento.....	44
4.5.6.	Análises Físico-químicas.....	44
4.5.7.	Análises Biológicas.....	45
4.5.8.	Análise estatística .....	46
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
5.1.	Extrato de <i>Jatropha multifida</i> .....	47
5.1.1.	Aspecto e rendimento .....	47
5.1.2.	Prospecção fitoquímica – Cromatografia em camada delgada.....	48
5.1.3.	Ensaio biológico .....	54
5.2.	Pectina extraída dos bagaços de laranja .....	55
5.2.1.	Espectroscopia no infravermelho (FTIR) das pectinas extraídas .....	56
5.2.2.	Termogravimetria – TGA.....	58
5.3.	Filmes poliméricos .....	60

5.3.1. Filmes com pectina comercial e sem extrato .....	60
5.3.1.1. Análises mecânicas.....	61
5.3.1.2. Solubilidade, espessura e Taxa de transmissão de vapor de água - TVA .....	63
5.3.1.3. Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR).....	67
5.3.1.4. Difração de raio x .....	68
5.3.1.5. Termogravimetria -TGA.....	69
5.3.1.6. Teste de difusão em poço de ágar .....	71
5.3.2. Filmes com pectina extraída (AFV).....	73
5.3.2.1. Espessura, TVA e grau de intmescimento .....	74
5.3.2.2. FTIR dos filmes PAFV e extrato.....	82
6. CONCLUSÃO.....	78



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

<b>AcOEt</b>	Acetato de etila
<b>AcOH</b>	Ácido acético
<b>CCD</b>	Cromatografia em camada delgada
<b>DRX</b>	Difração de raio x
<b>FTIR</b>	Espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier
<b>HCOOH</b>	Ácido fórmico
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Água
<b>OMS</b>	Organização Mundial de Saúde
<b>PA</b>	Pectina extraída do albedo
<b>PAF</b>	Pectina extraída do Albedo com flavedo
<b>PAFV</b>	Pectina extraída do Albedo com flavedo e vesículas de suco
<b>TGA</b>	Análise Termogravimétrica

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Quantidades de lixo plástico produzidas por alguns países e a relação produção/reciclagem .....	18
<b>Figura 2.</b> Fluxograma resumido de extração da quitina e obtenção da quitosana....	21
<b>Figura 3.</b> Estrutura da parede celular vegetal.....	22
<b>Figura 4.</b> Representação esquemática da molécula de pectina. ....	23
<b>Figura 5.</b> Esquema do processo de reparação tecidual. ....	25
<b>Figura 6.</b> Estrutura química dos taninos. ....	28
<b>Figura 7.</b> Estrutura química básica dos flavonóides .....	28
<b>Figura 8.</b> Estrutura química do isopreno e exemplos de terpenos.....	29
<b>Figura 9.</b> <i>Jatropha multifida</i> .....	31
<b>Figura 10.</b> Folhas de <i>Jatropha multifida</i> após processamento em moinho de facas. .....	34
<b>Figura 11.</b> Processo de adsorção da clorofila por carvão ativado .....	35
<b>Figura 12.</b> Esquema do teste de atividade antimicrobiana de extrato de <i>Jatropha multifida</i> com e sem clorofila. ....	37
<b>Figura 13.</b> Pectina albedo, albedo+flavado e albedo+flavado+vesículas após lavagem com álcool.....	39
<b>Figura 14.</b> Processo de preparação dos filmes testes com extrato. ....	42
<b>Figura 15.</b> Análise de transmissão de vapor de água.....	44
<b>Figura 16.</b> Placa de TSA com solução filmogênica com e sem extrato de <i>Jatropha multifida</i> .....	46
<b>Figura 17.</b> Extrato etanólico das folhas de <i>Jatropha multifida</i> .....	47
<b>Figura 18.</b> Extrato após processo de extração de clorofila por carvão ativado .....	48
<b>Figura 19.</b> Pesquisa de taninos de <i>Jatropha multifida</i> em cromatografia em camada delgada de cromatoplasmas de alumínio.....	49
<b>Figura 20.</b> Pesquisa de flavonóides de <i>Jatropha multifida</i> em cromatografia em camada delgada.....	50
<b>Figura 21.</b> Pesquisa de terpenos de <i>Jatropha multifida</i> em cromatografia em camada delgada.....	50
<b>Figura 22.</b> Pesquisa de alcalóides em extrato de <i>Jatropha multifida</i> .....	52
<b>Figura 23.</b> Pesquisa de alcalóides em extrato de <i>Jatropha multifida</i> - Cromatogramas revelados com vapor de iodo.....	53
<b>Figura 24.</b> Medidas em milímetros dos halos de inibição microbiana apresentados na placa contendo inóculo de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> e extrato de <i>Jatropha multifida</i> com e sem clorofila em diferentes concentrações. ....	54
<b>Figura 25.</b> FTIR das pectinas extraídas de bagaços de laranja. PA: Pectina obtida do albedo; PF: Pectina obtida do flavado; PAFV: Pectina obtida do albedo+flavado+vesículas de suco.....	57
<b>Figura 26.</b> TGA das pectinas PAFV, PA, PAF e Pcom. PA: Pectina obtida do albedo; PF: Pectina obtida do flavado; PAFV: Pectina obtida do albedo+flavado+vesículas de suco; Pectina com: pectina comercial. ....	59
<b>Figura 27.</b> Imagens dos filmes de Pectina comercial/quitosana .....	60
<b>Figura 28.</b> Curvas representativas do comportamento de tensão versus deformação dos filmes de Pectina comercial/quitosana nas concentrações.....	62
<b>Figura 29.</b> Tva dos filmes de quitosana e pectina comercial .....	64
<b>Figura 30.</b> Grau de intumescimento dos filmes de pectina e quitosana sem extrato	66
<b>Figura 31.</b> FTIR dos polímeros pectina e quitosana .....	67

<b>Figura 32.</b> FTIR das blendas.....	67
<b>Figura 33.</b> Difractogramas de raios-X dos filmes obtidos para as diferentes porcentagens de pectina e quitosana.....	69
<b>Figura 34.</b> Curvas termogravimétricas (TGA) e registros das derivadas das curvas de decomposição dos polímeros puros: a (pectina pura) e b (quitosana pura) TGA das blendas poliméricas (c: 75P25Q; d:75P25Q; e:50P50Q) .....	70
<b>Figura 35.</b> Poços com solução filmogênica 25P75Q com extrato (E) ou sem extrato (S) em placa de ágar TSA inoculada com <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	72
<b>Figura 36.</b> Imagem dos filmes de pectina extraída: a) na ausência do extrato; b) na presença do extrato contendo clorofila e c) na presença do extrato ausente de clorofila.....	73
<b>Figura 37.</b> Curvas representativas do comportamento de tensão versus deformação para os filmes de pectina e quitosana .....	74
<b>Figura 38.</b> Curva de TVA dos filmes com pectina AFV mostrando o peso ganho (g) dos frascos com sílica e filme.....	75
<b>Figura 39.</b> FTIR dos polímeros puros e dos filmes com PAFV .....	76

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>Tabela 1.</b> Taxonomia <i>Jatropha multifida</i> .....	31
<b>Tabela 2.</b> Concentração de metabólitos secundários presentes em espécies de <i>Jatropha</i> .....	32
<b>Tabela 3.</b> Sistema de solventes utilizados na cromatografia em camada delgada de extrato de <i>Jatropha multifida</i> .....	37
<b>Tabela 4.</b> Variáveis operacionais dos filmes com pectina comercial (m/m).....	41
<b>Tabela 5.</b> Variáveis operacionais dos filmes desenvolvidos com pectina AFV.....	42
<b>Tabela 6.</b> Temperaturas referentes aos eventos observados na TGA das pectinas.....	59
<b>Tabela 7.</b> Propriedades mecânicas das blendas poliméricas.....	63
<b>Tabela 8.</b> Solubilidade, espessura e transmissão de vapor de água dos filmes com pectina comercial e quitosana.....	63

## RESUMO

SOUZA, F. Biocurativo de quitosana e pectina incorporada com extrato de *Jatropha multifida*. 10/12/2021. 85 p. Dissertação de Mestrado – Programa de pós graduação em Ciências Ambientais, Unioeste *campus* de Toledo, 2021.

O objetivo deste estudo foi a produção de um biocurativo bioegradável a base de pectina e quitosana incorporado com extrato de *Jatropha multifida* para uso em feridas cutâneas. Para isso a extração etanólica foi feita a partir das folhas da planta. Para não interferir na transparência do biocurativo a clorofila do extrato foi removida com carvão ativado. Por CCD (Cromatografia em Camada Delgada), comprovou-se a presença de taninos, flavonoides, terpenos e alcaloides tanto no extrato clarificado como no extrato com clorofila. Foi também comprovada a ação antimicrobiana dos extratos em *Pseudomonas aeruginosa* produzindo halos de inibição de 5 a 15 mm. Para a formulação dos biocurativos, foram testadas porcentagens diferentes de pectina/quitosana, esta etapa foi realizada com pectina comercial por método de casting. As porcentagens de pectina e quitosana respectivamente foram: 75:25; 50:50 e 25:75 (m/m), a concentração final de polímeros em relação ao volume de solução filmogênica foi de 3,7%. Os ensaios mecânicos apontaram um aumento na porcentagem de deformação de 6% para para o filme sem quitosana para 83% para aquele com maior proporção de quitosana. Os espectros de infravermelho apresentaram bandas que comprovaram a interação química entre os polímeros. O filme escolhido para continuação do trabalho com a pectina extraída do bagaço de laranja foi o 25:75 (pectina/quitosana) por apresentar melhores características de alongamento nos testes mecânicos, boa interação entre os polímeros demonstrada no gráfico de infravermelho, por permitir a passagem de vapor de água, e apresentar melhores características visuais e táteis e por conta da ação antimicrobiana da quitosana. A extração da pectina utilizada para formulação dos filmes com extrato de *Jatropha multifida* foi feita forma ácida utilizando ácido clorídrico 0,1 mol.L<sup>-1</sup> a partir de bagaços de laranja: albedo, albedo/flavedo e albedo/flavedo/vesículas de suco de e o rendimento e grau de esterificação respectivamente foram de: 12,30% e 40% para pectina do albedo, 10,91% e 43% para a pectina do albedo+flavedo e 10,21% e 46% para a pectina do albedo+flavedo+vesículas de suco, esta última foi a escolhida para formulação dos filmes por possibilitar o reaproveitamento do bagaço inteiro e apresentar grau de esterificação mais próximo ao da pectina comercial, utilizada na primeira etapa do trabalho. Filmes com a pectina extraída e extrato clarificado foram preparados com 2% (m/v) de polímeros no preparo da solução para evitar a formação de grumos. Os filmes obtidos foram facilmente removidos da placa e apresentaram superfície lisa, brilhosa, algumas bolhas, maleabilidade, transparência, aspectos estes observados tátil e visualmente. Os filmes formulados a partir da pectina extratída apresentaram menor resistência a tração 0,7 Mpa, sugerindo assim que a pectina extraída proporcionou um filme menos rígido. Estes filmes apresentaram maior taxa de transmissão de vapor de água 14,71 e 14,87 g/h.m<sup>2</sup>. As soluções filmogênicas PAFV+quitosana com e sem extrato apresentaram ação inibitória para *Pseudomonas aeruginosa*. Foi possível desenvolver um filme com pectina extraída do bagaço inteiro de laranja e quitosana incorporado com extrato de *Jatropha multifida* clarificado com capacidade inibitória frente a *Pseudomonas aeruginosa*, sendo possível estudos na aplicação de feridas cutâneas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Polímero biodegradável; sustentabilidade; feridas; filme antimicrobiano; extrato vegetal.

## ABSTRACT

SOUZA, F. Chitosan and pectin biodressing incorporated with *Jatropha multifida* extract. 85 p. 10/12/2021. Master Dissertation – Graduate program, Unioeste - Toledo, 2021.

The objective of this study was the production of a bio-egradable bio-healing based on pectin and chitosan incorporated with *Jatropha multifida* extract for use in cutaneous wounds. For this, the ethanolic extraction was made from the leaves of the plant. In order not to interfere with the transparency of the biodressing, the chlorophyll of the extract was removed with activated charcoal. TLC (Thin Layer Chromatography) confirmed the presence of tannins, flavonoids, terpenes and alkaloids both in the clarified extract and in the extract with chlorophyll. The antimicrobial action of the extracts on *Pseudomonas aeruginosa* was also proven, producing inhibition halos of 5 to 15 mm. For the formulation of biodressings, different percentages of pectin/chitosan were tested, this step was carried out with commercial pectin by the casting method. The percentages of pectin and chitosan respectively were: 75:25; 50:50 and 25:75 (m/m), the final concentration of polymers in relation to the volume of film-forming solution was 3.7%. The mechanical tests showed an increase in the percentage of deformation from 6% for the film without chitosan to 83% for the one with the highest proportion of chitosan. The infrared spectra showed bands that confirmed the chemical interaction between the polymers. The film chosen for the continuation of the work with the pectin extracted from the orange pomace was 25:75 (pectin/chitosan) for presenting better elongation characteristics in the mechanical tests, good interaction between the polymers demonstrated in the infrared graph, for allowing the passage of water vapor, and present better visual and tactile characteristics and due to the antimicrobial action of chitosan. The extraction of pectin used to formulate the films with *Jatropha multifida* extract was carried out in an acid form using 0.1 mol.L<sup>-1</sup> hydrochloric acid from orange pomace: albedo, albedo/flavedo and albedo/flavedo/vesicles of orange juice. and the yield and degree of esterification respectively were: 12.30% and 40% for albedo pectin, 10.91% and 43% for albedo+flavedo pectin and 10.21% and 46% for albedo pectin +flavedo+juice vesicles, the latter was chosen for the formulation of the films because it allows the reuse of the whole bagasse and presents a degree of esterification closer to that of commercial pectin, used in the first stage of the work. Films with the extracted pectin and clarified extract were prepared with 2% (m/v) of polymers in the preparation of the solution to avoid the formation of lumps. The films obtained were easily removed from the plate and presented a smooth, shiny surface, some bubbles, malleability, transparency, aspects that were observed tactilely and visually. The films formulated from the extracted pectin showed lower tensile strength 0.7 MPa, thus suggesting that the extracted pectin provided a less rigid film. These films showed higher water vapor transmission rates 14.71 and 14.87 g/h.m<sup>2</sup>. The PAFV+chitosan filmogenic solutions with and without extract showed inhibitory action against *Pseudomonas aeruginosa*. It was possible to develop a film with pectin extracted from whole orange pomace and chitosan incorporated with clarified *Jatropha multifida* extract with inhibitory capacity against *Pseudomonas aeruginosa*, making possible studies in the application of skin wounds.

**KEY WORDS:** Biodegradable polymer; sustainability; wounds; antimicrobial action; plant extract.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável deve ser embasado na conexão entre as “questões ambientais, sociais e econômicas, de forma a combinar integridade ecológica, bem-estar e justiça” (LEACH, 2013).

Neste contexto, a agregação de valor a resíduos e a pesquisa e desenvolvimento de materiais a partir de polímeros biodegradáveis contribuem para desenvolver a economia preservando recursos naturais.

A pectina, um polímero natural e biodegradável que pode ser utilizado em setores da economia como alimentício e farmacêutico, é um produto obtido através do processamento de subproduto, os bagaços da indústria de sucos (CANTERI *et.al*, 2012).

Assim como a pectina, a quitosana é obtida através da valorização de resíduo, por exemplo, o exoesqueleto descartado no processamento de crustáceos (MOURA, 2006).

Estes materiais possuem propriedades como não citotoxicidade, biocompatibilidade, ação antimicrobiana e por isso têm potencial para uso médico, na entrega controlada de medicações e na formulação de biocurativos para o tratamento de feridas (LONG *et.al*. 2019). As feridas são lesões do tecido que podem ser superficiais ou profundas e causadas por complicações clínicas ou traumáticas. Quando o tempo de reparo da pele lesionada é prolongado para mais de 6 semanas mesmo com tratamento, são caracterizadas como feridas crônicas ou complexas e necessitam de tratamentos especiais (AGALE, 2013). Para o tratamento de feridas, os curativos são o método mais usual e a escolha do tipo apropriado depende do conhecimento fisiológico, patológico e bioquímico da lesão bem como dos mecanismos de cicatrização e reparação do tecido lesado. Os principais tipos de curativos envolvem os seguintes materiais segundo os autores Smaniotto *et. al*. (2012):

- **Curativo não-aderente:** Tela de acetato de celulose e/ou tela de rayon com emulsão de petrolato;
- **Curativo não-aderente com silicone:** Tela de poliamida com silicone;
- **Filme transparente:** Polímero de poliuretano, com uma das faces de adesivo de acrílico;

- **Espuma polimérica com ou sem prata:** Matriz de poliuretano e silicone com ou sem prata;
- **Hidrocoloide:** Polímero de poliuretano semipermeável (face externa) e carboximetilcelulose, gelatina e pectina (face interna);
- **Hidrogel:** Polímero de álcool de polivinil, poliacrilamidas e polivinil;
- **Alginato de cálcio:** Fibras de algas marinhas impregnadas com cálcio;
- **Carvão ativado com prata:** Fibras de carvão ativado impregnado com prata 0,15%;
- **Malha com prata:** Malha com sais de prata.

Além das formulações disponibilizadas comercialmente, existem aquelas utilizadas pelo conhecimento popular, como o uso da *Jatropha multifida*, uma planta conhecida como de flor de coral ou mertiolate.

Da família Euphorbiaceae, essa planta é utilizada popularmente para a cicatrização e desinfecção de feridas. Várias partes da planta são utilizadas e vem sendo testadas cientificamente: ação antimicrobiana da casca do caule (FITRIA *et.al.* 2018), ação antileishmania e antimalaria da casca do caule (FALODUN *et.al.* 2014), ação antiinflamatória e antioxidante das folhas (ANANI *et.al.* 2016), dentre outras.

A inovação deste trabalho foi incorporar extrato de *Jatropha multifida*, cuja clorofila foi removida, a um filme formulado a partir de pectina e quitosana para tratamento de feridas principalmente aquelas infectadas. Com a finalidade de promover pesquisa com prospecção à sustentabilidade, observando e visando a integridade ecológica, o bem estar social e justiça.



## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Polímeros biodegradáveis**

“A palavra polímero é utilizada para classificar moléculas orgânicas formadas por um grande número de unidades moleculares repetidas, denominadas meros”. Podem ser de origem natural como o amido e a celulose, ou sintética a exemplo dos plásticos, borrachas e fibras desenvolvidos a partir do petróleo (SILVA E SILVA, 2003).

O desenvolvimento de novos tipos de polímeros está intimamente relacionado à evolução da humanidade e sua capacidade de criar ferramentas para suprir necessidades cotidianas. O desenvolvimento de materiais usando borracha natural, um tipo de polímero, em substituição à rocha e madeira foi um avanço importante para a confecção dessas ferramentas e teve início ainda no século passado. Com o passar do tempo, através dos avanços científicos e tecnológicos, o homem criou materiais que oferecem mais eficiência e comodidade em seus afazeres. O desenvolvimento de materiais plásticos, produzidos a partir de processos petroquímicos, foi um resultado importante desse avanço. Hoje quase todos os objetos utilizados pelo homem são feitos de algum tipo deste polímero: embalagens, eletroeletrônicos, materiais médicos dentre outros (JUNIOR, 1998).

Os plásticos são polímeros leves, econômicos e resistentes a intemperes do ambiente. Sua alta resistência, porém, torna-se um inconveniente pois não podem ser processados por microrganismos na sua decomposição tornando-se um problema ambiental quando descartado (VALDIVIESO, 2013).

Pode-se entender a problemática do descarte de resíduos plásticos analisando dados do Ministério do Meio Ambiente (2018): dos 5.568 municípios brasileiros, apenas 1.254 declaram fazer a coleta seletiva dos seus resíduos. Dentre os resíduos descartados no Brasil o plástico representa uma parcela de 13%, das 166 mil toneladas de resíduos geradas por dia, mais de 21 mil toneladas são plásticos descartadas diariamente em nosso país (MMA, 2018). Considerando o baixo número de municípios que fazem a coleta seletiva, pode-se concluir que a maior parte deste material vai parar nos aterros sanitários e não para reciclagem como deveria (BRASIL, 2018).

**Figura 1.** Quantidades de lixo plástico produzidas por alguns países e a relação produção/reciclagem

Pais	Total de lixo plástico gerado	Total incinerado	Total reciclado	Relação produção e reciclagem
Estados Unidos	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34.60%
China	54.740.663	11.988.226	12.000.331	21.92%
Índia	19.311.633	14.544	1.105.677	5.73%
Brasil	11.355.220	0	145.043	1.28%
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3.66%
Rússia	8.948.132	0	320.088	3.58%
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37.94%
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31.45%
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5.68%
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21.25%

**Fonte:** Conceição, Dalmas e Rosini, 2019.

Através da análise da Figura 1, percebemos que a reciclagem assim como a coleta seletiva não são realizadas para maior parte dos resíduos gerados no Brasil. Assim, apesar de legislação pertinente e coleta de lixo em quase todas as casas da região urbana do país a disposição de materiais plásticos ainda ocorre de maneira arbitrária (CONCEIÇÃO, DALMAS E ROSINI, 2019).

Toda essa problemática torna urgente o incentivo a pesquisas que levam ao desenvolvimento de materiais biodegradáveis. Geralmente oriundos do processamento de plantas, os materiais biodegradáveis podem ser degradados pela ação enzimática de microrganismos, ou por processos como a hidrólise química. Isso permite a estes materiais serem processados e não permanecerem por períodos prolongados quando descartados como acontece com polímeros convencionais, como polietileno e polipropileno, por exemplo (GROSS E KALRA, 2002).

Apesar de serem materiais promissores na busca da sustentabilidade, existem algumas barreiras para o desenvolvimento de polímeros biodegradáveis: produção com custo elevado e desempenho inferior quando comparados aos polímeros tradicionais. Apesar disso, Falconi, Agnele e Faria (2007) pesquisaram patentes sobre polímeros biodegradáveis e apontaram um crescente interesse nestes materiais de 1970 a 2005 sendo Japão e Estados Unidos os maiores detentores destas patentes e

o poliácido láctico o polímero mais utilizado. Os autores concluíram, que a pesquisa na área de biopolímeros é promissora, inclusive na área médica.

Os biopolímeros, são polímeros produzidos por seres vivos, alguns deles são amplamente estudados e cotados para substituir polímeros convencionais não biodegradáveis. Trovatti *et.al.* (2016) apontam alguns exemplos destes materiais usados na medicina e principalmente como materiais de reparação de lesões:

- Fibrina – uma proteína formada a partir de fibrinogênio presente no plasma sanguíneo que possui muitas funções no organismo, entre elas a coagulação sanguínea e cicatrização. Devido a sua capacidade de adesão, biocompatibilidade e biodegradabilidade a fibrina pode ser usada como selante em pós operatórios ou em queimaduras.

- Celulose bacteriana – podendo ser produzida por bactérias como *Sarcina*, *Agrobacterium*, *Rhizobium* e *Acetobacter* dentre outros micro-organismos, a celulose bacteriana possui propriedades como: “alta resistência mecânica, elevada cristalinidade, alta capacidade de retenção de água, biodegradabilidade, biocompatibilidade”, estas características permitem sua utilização para engenharia de tecidos e tratamento de úlceras e queimaduras.

- Pectina – heteropolissacarídeo presente em células vegetais, a pectina possui capacidade de formar géis e por isso pode ser aplicada na formulação de sistemas orais de liberação controlada de fármacos e de curativos para regeneração tecidual. Este biopolímero apresenta atividade antiinflamatória, e anticarcinogênica.

- Amido Resistente – o amido é a principal fonte de energia de grãos de cereais e tubérculos, devido a suas características como: biodegradabilidade, atoxicidade, baixa reatividade com substâncias ativas medicamentosas e baixo custo tem sido pesquisado em diversas áreas, inclusive na medicina. O amido resistente é uma modificação feita no amido através de métodos físicos, químicos e/ou enzimáticos que melhoram as características deste polímero adequando-o a diferentes necessidades terapêuticas a saber a obtenção de sistemas controlados de liberação de fármacos.

- Quitosana – obtida a partir da quitina presente em exoesqueleto de crustáceos, parede celular de fungos e outros microrganismos, a quitosana pode ser utilizada para a formulação de curativos permeáveis a oxigênio, antimicrobianos, com propriedades cicatrizantes e atóxicos.

- Goma Gelana – exopolissacarídeo sintetizado por fermentação aeróbica pelo micro-organismo *Sphingomonas elodea* modificado sinteticamente e comercializado com os nomes Gelrite® ou Kelcogel®, a goma gelana é empregada na indústria alimentícia e farmacêutica. Possui propriedades como: atoxicidade, biodegradabilidade, baixo custo, propriedades mucoadesivas. Devido a possibilidade de formar géis resistentes a altas temperaturas tem sido utilizada para substituição do ágar na microbiologia em experimentos onde são necessários longos períodos a altas temperaturas de incubação.

- Poli (Ácido Lático) – o ácido láctico, precursor do poli (ácido láctico) pode ser produzido por síntese química ou fermentação. No processo biotecnológico pode ser sintetizado por bactérias a partir de matéria prima de baixo custo como amido, celulose, cana de açúcar. Por conta de propriedades como, resistência mecânicas, processabilidade termoplástica e propriedades biológicas, como biocompatibilidade e biodegradabilidade, estudos com PLA avançam para seu uso como substituto para polímeros convencionais não biodegradáveis de uso diário, por conta da sua degradabilidade na natureza. Por ser atóxico, o PLA é utilizado em materiais de implante cirúrgico, sistemas de liberação e fármacos e como matriz de regeneração tecidual.

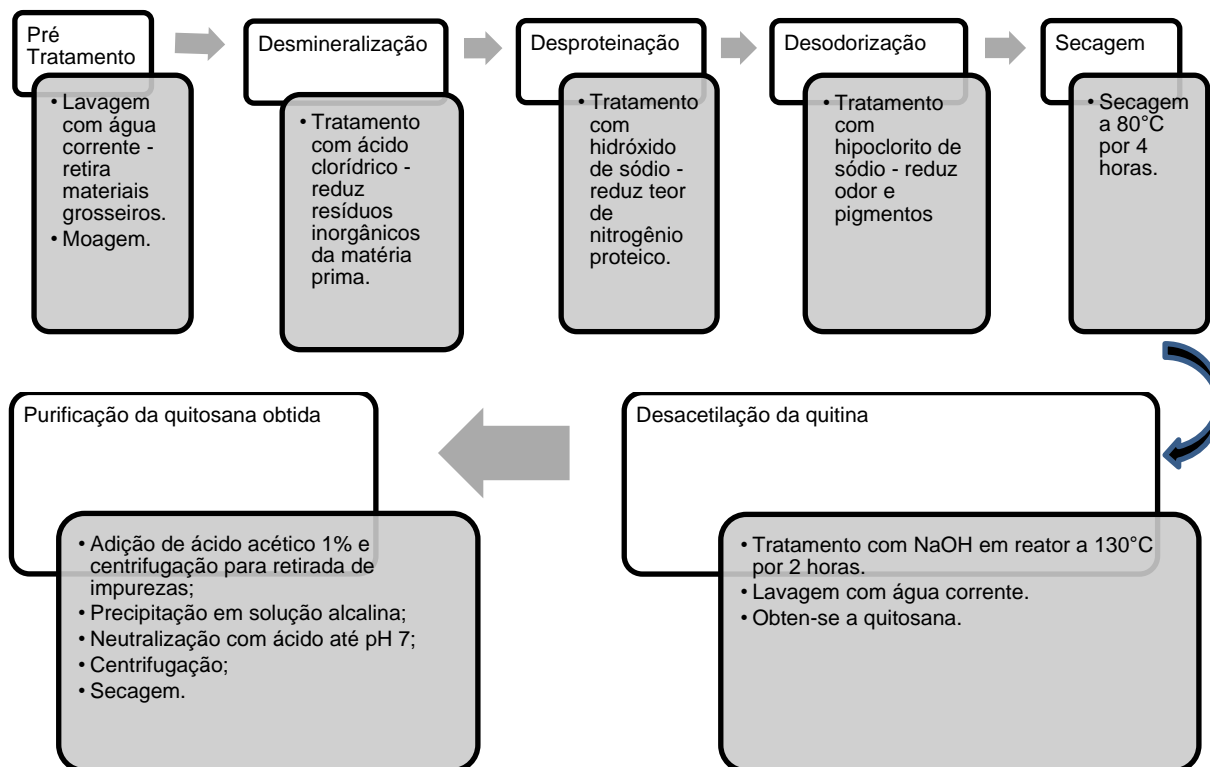
Os polímeros biodegradáveis são boas alternativas para substituição ao plástico convencional a base de petróleo, porém ainda é necessária a melhoria de algumas características e processos para que se tornem viáveis e competitivos com relação aos polímeros sintéticos e por isso pesquisas para o desenvolvimento destes materiais são importantes (SOHN, YU JUNG *et.al.* 2020).

## **2.2. Quitosana, um polímero presente em crustáceos**

A quitosana é um polissacarídeo obtido através da desacetilação da quitina com álcalis. A quitina está presente no exoesqueleto de crustáceos e insetos, parede celular de fungos e leveduras, e em nematoides (COSTA SILVA, SANTOS, DOS E FERREIRA, 2006).

A extração da quitina e obtenção da quitosana, são importantes processos de valorização de resíduo e são realizados seguindo os passos (Figura 2) (MOURA *et.al.*, 2006):

**Figura 2.** Fluxograma resumido de extração da quitina e obtenção da quitosana



**Fonte:** Moura et.al (2006).

A quitosana é um polímero versátil e vem sendo estudada em diversas áreas, são exemplos as pesquisas atuais: na área ambiental para absorção de herbicida triazina (BORJA-URZOLA *et. al.* 2020), na área médica para regeneração de tecido (ROSENDO *et. al.* 2020), na industria alimenticia para formulação de filmes para recobrimento de frutas (RODRIGUES *et.al.* 2020).

Sobre o uso da quitosana na área médica, Jayakumar *et. al.* (2011) destacam algumas propriedades do biopolímero: a natureza adesiva, seu caráter antifúngico e bactericida, além da permeabilidade ao oxigênio, biocompatibilidade, biodegradabilidade, não toxicidade, antimicrobiana e hidratantes.

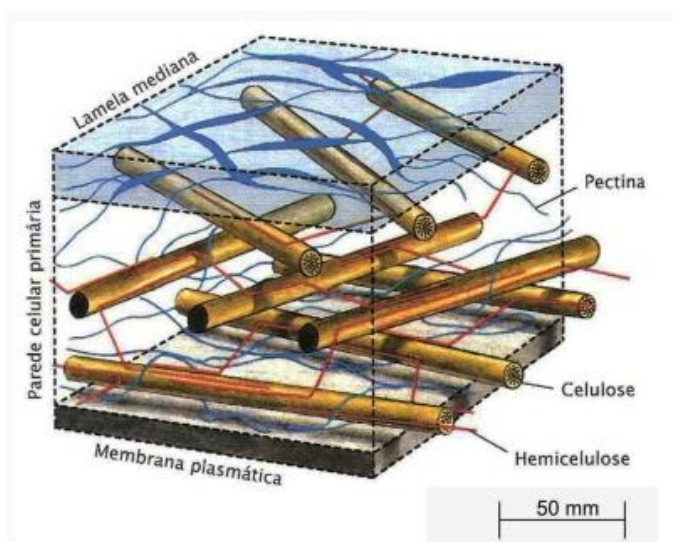
Por estes atributos, tem efeitos positivos na cicatrização de feridas. Jayakumar *et al* (2011) citam algumas vantagens deste uso baseada em estudos realizados, dentre elas: o aceleramento do reparo de tecidos, a ativação de macrófagos para atividades tumoricida, estimulação da proliferação celular, promoção da homeostasia, o auxílio na cicatrização e prevenção de cicatrizes, entre outras. A quitosana pode ser processada em hidrogéis, membranas, nanofibras, scaffolds, etc.

A quitosana, porém, apresenta baixa flexibilidade e maleabilidade, sendo estas características compensadas pela mistura de outros polímeros, sintéticos ou naturais que melhoram suas propriedades mecânicas para fabricação de material para curativo (CIULIK, 2014).

### 2.3. Pectina, um polímero presente em células vegetais

As pectinas são polissacarídeos estruturais localizada na parede celular de tecidos vegetais (Figura 3) com diversas funções nas plantas: crescimento e diferenciação celular, determinação da integridade e rigidez da parede, defesa contra patógenos de plantas e ferimentos, controle da permeabilidade da parede, retenção de água (VORAGEN *et al.* 2009).

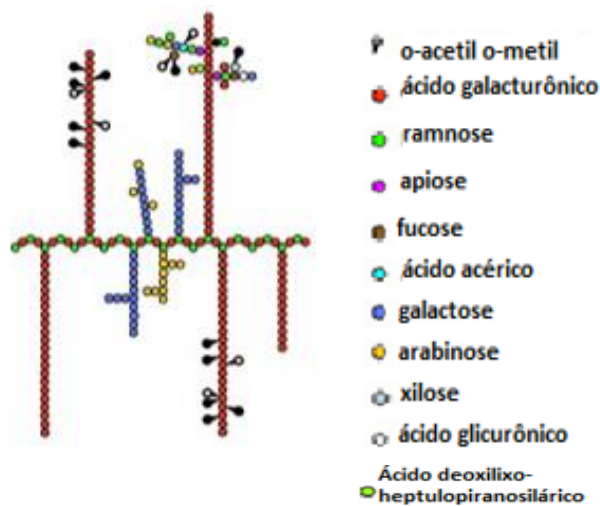
**Figura 3.** Estrutura da parede celular vegetal.



**Fonte:** Raven, P; Evert, R.F.; Eichhorn, S.E. (2007).

Segundo Vincken *et.al* (2003), essa é “provavelmente a macromolécula mais complexa da natureza” e detalhes da estrutura da pectina podem ser diferentes entre plantas, tecidos, ou dentro da mesma parede celular (WILLATS, KNOX E MIKKELSEN, 2006). Por ser uma estrutura complexa, montar um modelo estrutural que represente todos os componentes da pectina se torna uma tarefa difícil, a Figura 4 apresenta um esquema amplamente aceito entre cientistas dos elementos estruturais presentes na molécula de pectina (WILLATS, KNOX E MIKKELSEN, 2006):

**Figura 4.** Representação esquemática da molécula de pectina.



**Fonte:** Willats, Knox e Mikkelsen (2006)

Como observado, a pectina é composta por vários monossacarídeos diferentes organizados em diferentes polissacarídeos (VICKEN *et. al.* 2003).

A interação entre estes componentes com água e solutos proporciona a pectina a capacidade de formação de gel, esta capacidade é influenciada pela temperatura, tipo de pectina, pH, açúcar e outros solutos, cálcio e grau de esterificação:

Nas pectinas com alto éster, as zonas de junção são formadas pela reticulação de homogalacturona por pontes de hidrogênio e forças hidrofóbicas entre os grupos metoxila, ambos promovidos por alta concentração de açúcar e baixo pH. Nas pectinas de baixo éster, as zonas de junção são formadas pela reticulação de cálcio entre os grupos carboxila livres (WILLATS, KNOX E MIKKELSEN, 2006).

O poder de geleificação da pectina e a possibilidade de extraí-la de resíduos industriais, possibilita seu uso para agregar valor a esses resíduos, e desta forma vem sendo usado em diferentes produtos da indústria alimentícia e farmacêutica (VORAGEN *et al.* 2009).

No setor alimentício, a pectina confere maior viscosidade e funciona como coloide em doces e geleias, preparação de frutas para iogurtes, bebidas e sucos de

frutas concentrados, sobremesas de frutas e leite, produtos lácteos geleificados, produtos de confeitaria e produtos lácteos acidificados diretamente ou fermentados (PAGÁN *et al.* 2001).

Na área da saúde a pectina pode ser usada como agentes de superfície para produtos médicos, materiais para implantes biomédicos e liberação de fármacos entre outros (CANTERI *et al.* 2012).

Estudos deste polímero demonstram aplicabilidade também para o tratamento de feridas, Tummalapalli *et.al.* (2016), por exemplo, desenvolveram uma matriz de gelatina e pectina carregada com antimicrobiano e nanop prata, este material foi testado para cicatrização de feridas e comparado com material similar já comercializado. Em seus resultados os autores concluíram que a matriz apresentou baixa citotoxicidade e foi eficaz na cicatrização de feridas, demonstrando um desempenho melhor em comparação ao curativo comercial.

Para sua utilização a extração industrial da pectina é principalmente a partir de frutas cítricas e normalmente feita através de processos físicos e químicos influenciados por fatores como temperatura, pH, tipo de ácido e tempo de extração e pode ser produzida misturando-se o extrato líquido com álcool, sendo precipitada, seca e triturada (PAGÁN *et al.*, 2001).

#### **2.4. Feridas e curativos**

Ferida é a interrupção da continuidade de qualquer tecido causada por agentes mecânicos, térmicos, bacterianos ou químicos. A reparação da lesão é o esforço deste tecido para recuperar esta continuidade bem como suas funções normais, este processo envolve 3 etapas segundo Tazima *et.al* (2008):

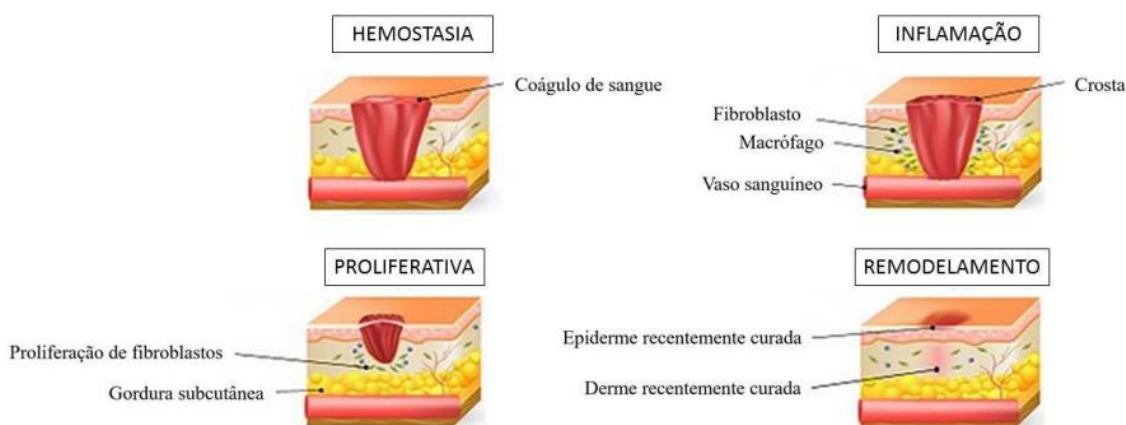
- Fase inflamatória: Inicia no momento da lesão e dura cerca de 3 dias, caracterizada pela ativação do sistema de coagulação sanguínea, quimiotaxia (ação de mediadores químicos) local causando vermelhidão, edema e dor. As primeiras células recrutadas nesta fase para o local da lesão são os neutrófilos e os monócitos com a função de remover os tecidos sem vascularização e fagocitar as partículas antigênicas e corpos estranhos, estas células atuam principalmente nas 24 a 48 horas após a lesão, após este período, nos próximos dois a três dias os macrófagos são os principais tipos de células presentes no local, eles ativam fibroblastos e células endoteliais, importantes para a próxima fase da reparação.



- Fase proliferativa: inclui as fases de neo-angiogênese, fibroplasia e epitelização, inicia-se aproximadamente no terceiro dias e dura 2 a 3 semanas, nesta fase é formado um tecido de granulação constituído por: leito capilar, fibroblastos, macrófagos, um frouxo arranjo de colágeno, fibronectina e ácido hialurônico.
- Fase de maturação: tem início durante a 3ª semana e é caracterizada pelo aumento da resistência do tecido. Nesta fase há um equilíbrio na formação e destruição das fibras de colágeno e o desequilíbrio entre a produção e destruição ocasionam a formação de quelóides.

A Figura 5 representa de forma esquemática e resumida este processo:

**Figura 5.** Esquema do processo de reparação tecidual.



**Fonte:**

<http://www.celerowoundhealing.com/uploads/9/4/8/8/9488042/9395478.jpg?530>

Quando o processo de cicatrização não ocorre no tempo normal (ultrapassando 6 semanas), a ferida é classificada como crônica, existem vários fatores que podem influenciar negativamente o reparo tecidual, como por exemplo: “comprometimentos vasculares, Diabetes Mellitus, hipertensão arterial sistêmica, neuropatias, imobilidade prolongada, neoplasias e alterações nutricionais” (AGALE, 2013).

Aspectos intrínsecos as feridas crônicas como odor, dor, aspecto do exudato influenciam diminuindo a qualidade de vida, foi o que demonstrou o estudo de Oliveira *et.al.* (2019) realizado com 176 pessoas do atendimento público de saúde em Teresina – PI, sendo necessário, segundo os pesquisadores a formulação de novas estratégias no tratamento.

A infecção das feridas é um fator relevante a ser considerado nos cuidados médicos empregados no seu tratamento. As feridas podem ser infectadas por vários

fatores: por punção, envolvendo a inoculação de patógenos, por contaminação de material fecal, por mordida de animais, e os microrganismos presentes podem ser *Streptococcus sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidemis*, *Corynebacterium sp.*, *Eikenella corrodens*, *Fusobacterium sp.* e *Clostridium sp.* (PARK *et al.* 2010). Um estudo apresentado por Sisay, Worku e Edessa (2019) apontou a presença polimicrobiana em feridas e uma maior incidência de *S. Aureus* nas feridas estudadas.

Por conta dos fatores listados, o tratamento destas lesões é difícil e depende de cuidados especiais, sobre os curativos aplicados, algumas características são desejáveis para que sejam eficazes nas feridas crônicas segundo Jayakumar *et al* (2011) pg. 323:

Deve manter um ambiente úmido no interface de ferida, permitir trocas gasosas, agir como uma barreira para microrganismos e remover o excesso de exsudado. Também deve ser não tóxico, não alergênico, não aderente e facilmente removido sem trauma, deve ser feito a partir de um biomaterial prontamente disponível requerer processamento mínimo, possuir propriedades antimicrobianas e promover a cicatrização de feridas (JAYAKUMAR *et. al.* 2011, pg. 323).

Segundo Park (2010), curativos de filme à prova d'água podem ser usados como primários ou secundários e por serem transparentes permitem a visualização da ferida, dentre eles o autor destaca as espumas, alginatos e hidrofibras, capazes de absorver o excesso de exsudado e permitir uma cicatrização úmida, isolando e protegendo contra lesões posteriores. Para inibir o crescimento de microrganismos, estes curativos podem conter agentes antibióticos como prata por exemplo, segundo o autor o uso de antimicrobianos tópicos pode ser fonte de dermatites de contato e crescimento de pseudomonas, devendo seu uso ser limitado.

Para formulação de novos curativos, os polímeros naturais vêm sendo largamente estudados pois possuem características desejáveis nesta aplicação, como baixa toxicidade, alta capacidade de absorção e intumescimento, outro ponto atrativo para o estudo destes materiais é a possibilidade de incorporação de compostos ativos, inclusive extratos vegetais (YAMANE, 2016).

## **2.5. O uso de plantas medicinais na atenção à saúde e a *Jatropha multifida***

Em um cenário onde grande parte da população possui baixo poder aquisitivo, alternativas baratas para tratamento de doenças são de extrema importância, neste sentido o uso de plantas acaba sendo uma opção. (IBARRA *et. al.* 2013).

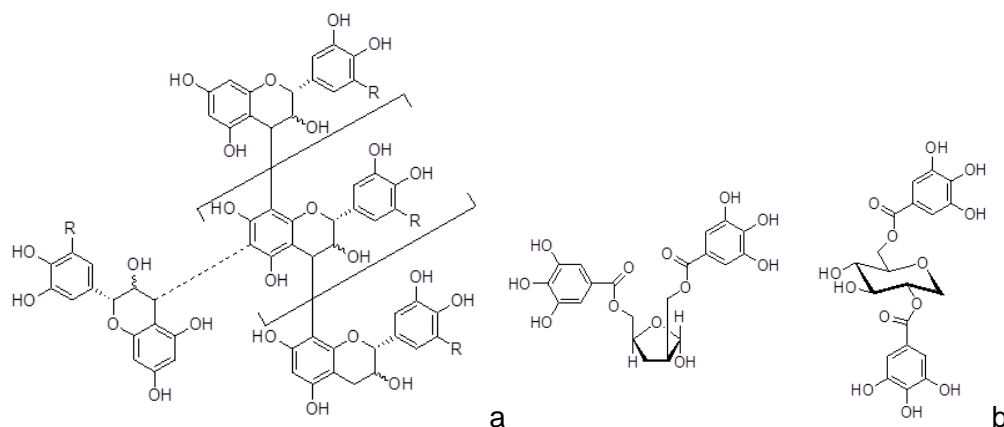
Sabe-se que o uso das plantas é bastante antigo em todas as civilizações e base de grande parte do tratamento médico da atualidade, sendo assim, o estudo dos componentes fitoquímicos e os mecanismos de ação envolvidos na cura é de extrema importância, ele é realizado pela análise de ação do extrato bruto (extrato total, não seletivo) ou pelo estudo da ação dos componentes isolados ou agrupados em frações mais purificadas. (IBARRA *et. al.* 2013).

Grande parte destas substâncias encontradas nas plantas com efeitos curativos fazem parte dos metabólitos secundários, estes, são compostos que não estão diretamente ligados ao crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas, mas na defesa contra patógenos, herbívoros e para auxiliar na resistência a intempéries o ambiente (BRISKIN, 2000). Presentes em diferentes tecidos vegetais, os metabólitos secundários podem ser fonte de matéria-prima para desenvolvimento de novos medicamentos (NWOKOCHA *et.al.* 2011). Taninos, flavonóides, terpenos e alcaloides estão entre as principais classes destas substâncias terapêuticas.

Os taninos, substâncias fenólicas hidrossolúveis com peso molecular de 500 a 3.000 daltons, têm a capacidade de ligar-se à proteínas formando complexos insolúveis em água, esta complexação está relacionada à ação antimicrobiana desta substância (MELO E SANTOS, 2001) .

A estrutura química geral dos taninos está representada na Figura 6:

**Figura 6.** Estrutura química dos taninos.

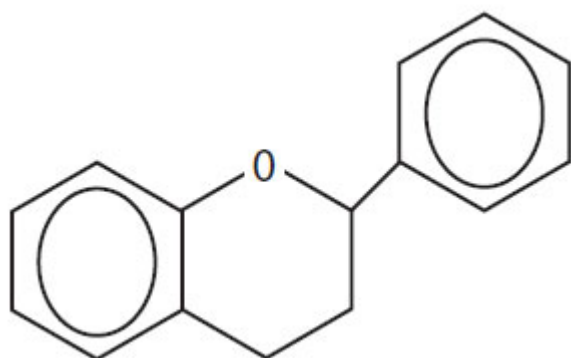


a- Tanino condensado; b – tanino hidrolisável.

Fonte: <http://www.sbfgnosia.org.br/Ensino/taninos.html>

Os flavonóides são polifenóis de baixo peso molecular presentes em várias partes dos vegetais, onde conferem pigmentação e são responsáveis por proteger a planta de raios UV, proteção contra insetos, fungos e bactérias, atração de animais para polinização, dentre outras. Devido às suas propriedades, são agentes anti-inflamatórios e antioxidantes podem ser usados na formulação de produtos farmacêuticos (ZUANAZZI, 2001). A estrutura química básica de um flavonoide está representada na Figura 7.

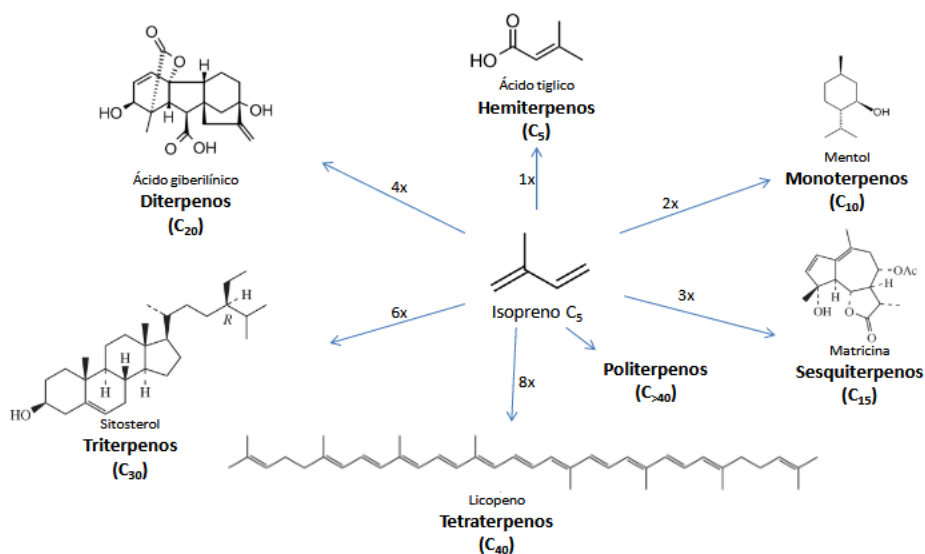
**Figura 7.** Estrutura química básica dos flavonóides



Fonte: COOK E SAMMANS (1996)

Os terpenos são metabólitos secundários importantes presentes em diversas partes das plantas, alguns conferem o cheiro destas. A estrutura química básica dos terpenos (isopreno) está representada na Figura 8.

**Figura 8.** Estrutura química do isopreno e exemplos de terpenos



**Fonte:** Lopes *et al.*, 2012

Os óleos essenciais, alguns com ação antimicrobiana, são constituídos majoritariamente por terpenos (FELIPE E BICAS, 2017). Na indústria farmacêutica os terpenos são utilizados para vários fins incluindo aqueles relacionados a sua ação analgésica. Oliveira *et al.* (2014) buscaram patentes sobre a aplicação da ação analgésica dos terpenos nas bases: European Patent Office (Espacenet), a World Intellectual Property Organization (WIPO), o United States Patent and Trademark Office (USPTO), e no Banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) do Brasil. Os autores verificaram 39 patentes. Indicando que um extrato vegetal rico em terpenos, pode ser utilizado para o alívio da dor inclusive no tratamento de feridas.

Este composto já foi identificado no extrato de *Jatropha multifida*. Zhu *et al.* (2017), isolaram nove diterpenóides de uma fração de extrato etanólico folhas e caules. Os compostos isolados foram do tipo diterpenóides podocarpanos e diterpenóides do tipo lathirano.

Além dos taninos, flavonóides e terpenos, os alcaloides também são uma importante classe dos metabólitos secundários. Os alcaloides são aminas cíclicas que possuem anéis heterocíclicos contendo nitrogênio, são encontrados em todas as partes dos vegetais e predominantemente nas anagiospermas, onde tem papel de defesa contra a invasão de microorganismos e vírus (ARRUDA, 2015).

Como observado, metabólitos secundários tem propriedades que permitem seu uso na atenção à saúde. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) 80% da

população de países em desenvolvimento utilizam práticas de medicina tradicional, sendo que 85% destes usam plantas medicinais nestes tratamentos. O Brasil possui amplo patrimônio genético e grande diversidade cultural, sendo assim pode se destacar no cenário mundial na área da saúde e uso de plantas medicinais e fitoterápicos. Neste sentido, a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, é essencial para o acesso da população a estes medicamentos, esta normativa “tem como premissas: o respeito aos princípios de segurança e eficácia na saúde pública e a conciliação de desenvolvimento socioeconômico e conservação ambiental, tanto no âmbito local como em escala nacional” e a “inclusão social e regional, ao desenvolvimento industrial e tecnológico, além do uso sustentável da biodiversidade brasileira e da valorização, e preservação do conhecimento tradicional associado das comunidades tradicionais e indígenas” (BRASIL, 2016).

Corroborando com as afirmações citadas, espécies do gênero *Jatropha* são largamente utilizada pela população da África, Ásia e América Latina para a cura de diversas enfermidades como: “dor de estômago, inflamação, lepra, disenteria, discrasia, vertigem, anemia, diabetes, bem como para tratar HIV e tumor, oftalmia, micose, úlceras, malária, doenças de pele, bronquite, asma”.

Estas ações são atribuídas à alguns constituintes fitoquímicos como alcaloides, peptídeos cíclicos, terpenos, flavonoides por exemplo. Algumas espécies de *Jatropha* são utilizadas para tratar doenças relacionadas à pele, na medicina popular as folhas são trituradas e aplicadas sobre o tecido lesionado (SABANDAR *et.al.* 2013).

Vários compostos isolados destas plantas já foram estudados confirmando a eficácia para seu médico:

- cicatrização: triterpeno - lupeol (LEMOS *et.al.*, 2021),
- anticancerígeno: diterpenóide – Jatromultona 4 (ZHANG *et.al.*, 2018),
- antioxidantes: flavonóides – vitexina e isovitexina (HIROTA *et.al.*,2012),
- antifúngica em sinergia com fluconazol: triterpenos – lupenona (TAVARES, 2019).

A *Jatropha multifida* (Figura 9) é nativa da América Central. A tabela 01 resume a hierarquia taxonômica da espécie:

Tabela 1. Taxonomia *Jatropha multifida*

<b>Reino</b>	<b><i>Plantae</i></b>
Divisão	<i>Magnoliophyta</i> (Angiospermas)
Classe	<i>Magnoliopsida</i> (Dicotiledôneas)
Ordem	<i>Malpighiales</i> (Plantas com flor)
Família	<i>Euphorbiaceae</i>
Gênero	<i>Jatropha</i> L
Espécie	<i>Multifida</i>

**Fonte:** Bremer et.al (2009)

**Figura 9.** *Jatropha multifida*.



**Fonte:** <https://www.floresefolhagens.com.br>

Na *Jatropha multifida* a maior concentração de fitoquímicos de interesse para o tratamento de lesões de pele está nas folhas, conforme apresentado na Tabela 02. Estes metabólitos são: taninos, saponinas, alcaloides e flavonoides (NWOKOCHA *et.al.*, 2011).

Tabela 2. Concentração de metabólitos secundários presentes em espécies de *Jatropha*

Espécie	Parte da planta	Alcalóides	Taninos	Flavonóides	Saponinas	Fenóis
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>J. curcas</b>	Folhas	4,54	7,43	2,76	4,89	0,38
	Raiz	1,83	2,83	2,23	3,62	0,20
	Semente	2,85	4,23	2,57	2,33	0,26
	Casca do caule	1,94	1,47	1,61	2,27	0,59
<b>J. gossypifolia</b>	Folhas	2,81	5,14	2,41	4,15	0,26
	Raiz	1,60	2,73	1,75	2,83	0,24
	Semente	2,36	3,52	2,26	2,37	0,18
	Casca do caule	2,16	1,36	1,20	2,18	0,13
<b>J. multifida</b>	Folhas	2,85	5,16	2,18	3,15	0,26
	Raiz	1,68	2,14	2,10	2,16	0,23
	Semente	2,63	3,89	2,14	2,44	0,18
	Casca do caule	1,72	1,21	1,26	2,73	0,16
<b>J. podagrica</b>	Folhas	0,33	6,79	3,25	3,15	0,33
	Raiz	0,26	2,73	2,06	3,25	0,26
	Semente	0,18	3,89	2,14	2,44	0,18
	Casca do caule	0,15	1,21	1,26	2,77	0,15

**Fonte:** NWOKOCHA *et.al* (2011)

Alguns estudos já foram publicados sobre a ação desta espécie na atenção à saúde. Anani *et.al* (2016), por exemplo, analisaram e comprovaram a ação antimicrobiana da *Jatropha multifida* em microorganismos que infectam feridas. Seus estudos concluíram que a inibição dos microorganismos é dose-dependente variando de 2,5 a 3,12 mg/ml para *Staphylococcus aureus* e 6,25 a 12,5 mg/ml para *Pseudomonas aeruginosa*.

Extratos de plantas medicinais, como a *Jatropha multifida* são amplamente pesquisados para sua incorporação à filmes e hidrogéis de polímeros naturais e biodegradáveis. Estes materiais vem sendo utilizados para diferentes usos, seja em embalagens ativas para conservação de alimentos, ou na indústria farmacêutica para liberação controlada de fármacos ou tratamento de feridas (ORÉFICE, VILLANOVA e CUNHA, 2010) .



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Geral

Desenvolver filme biodegradável a base de quitosana e pectina, com a incorporação do extrato de *Jatropha multifida* para uso em feridas cutâneas.

#### 3.2. Específicos

- Extrair e caracterizar a pectina extraída em meio ácido de diferentes partes do bagaço de laranja quanto aos grupamentos químicos, grau de esterificação e características térmicas e cristalinidade;
- Extrair e caracterizar o extrato bruto etanólico de *Jatropha multifida* quanto aos seus componentes fitoquímicos;
- Verificar a ação antimicrobiana do extrato obtido;
- Caracterizar físico-química e mecanicamente os filmes preparados a partir de pectina (comercial e extraída com e sem extrato de *Jatropha multifida*), quitosana e sorbitol;
- Avaliar a atividade antimicrobiana *in vitro* do biocurativo.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Materiais

Os reagentes químicos utilizados foram de grau analítico. Álcool etílico absoluto P.A. 99%, ÊXODO CIENTÍFICA; ácido clorídrico P.A. 37%, NEON; álcool etílico comercial 96%, TUPI; ácido cítrico P.M. 110,99, NUCLEAR; sorbitol P.M. 182,17, QEEL; carvão ativado, NEON; quitosana 85% desacetilada, POLYMAR; pectina, ADICEL.

### 4.2. Extrato de *Jatropha multifida*

#### 4.2.1. Obtenção do extrato

As amostras de *Jatropha multifida* L. foram colhidas no mês de Julho de 2020, na região sul de Cascavel – PR e depositadas no herbário do Departamento de Botânica da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Cascavel sob o registro: UNOP 10669. As plantas estavam em seu estágio fértil, contendo flores e frutos.

A obtenção do extrato foi feita no laboratório de farmacognosia na Unioeste de Cascavel e baseada na metodologia utilizada por Filho et.al (2020) com adaptações. As folhas da planta foram higienizadas em água corrente e secas em estufa a 40°C até a secura, posteriormente foram trituradas em moinho de facas Solab SI 30 obtendo-se um pó com granulometria de 20 mesh (Figura 10) e armazenadas ao uso ao abrigo de luz e umidade.

**Figura 10.** Folhas de *Jatropha multifida* após processamento em moinho de facas.

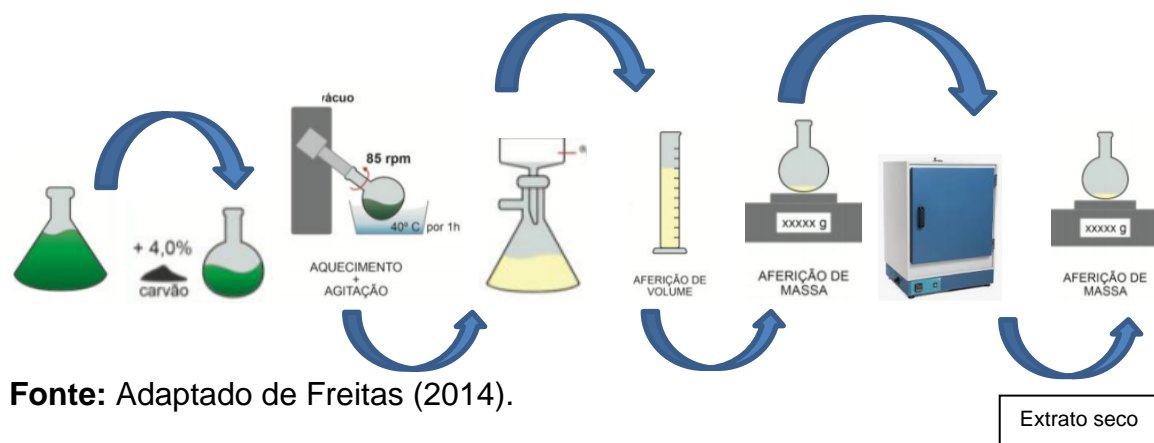


**Fonte:** a autora.

Posteriormente as folhas pulverizadas passaram por processos de maceração dinâmica utilizando etanol 96%, na proporção de 1/3 (m/v), por 72 horas e em temperatura ambiente. Após este período a solução foi decantada e filtrada armazenando-se o filtrado. Posteriormente, igual quantidade de etanol foi adicionada para nova extração utilizando a mesma matéria prima, esse processo foi repetido 3 vezes, o etanol verde escuro resultante foi chamado de extrato bruto. Para retirada da clorofila, a solução foi vertida em balão de fundo redondo onde adicionou-se 4% (m/m) de carvão ativado, esta mistura foi posta em rotaevaporador com rotação de 85 rpm em banho maria a 60°C por uma hora sem vácuo (Figura 11) conforme metodologia adaptada de Freitas (2014), nesta etapa a clorofila presente no extrato (adsorvido) é retida no carvão ativado (adsorvente). Decorrida uma hora, para retirar o carvão do extrato, filtrou-se a solução em papel filtro com uma camada de carvão ativado (que nesta etapa funcionou como filtro).

Este processo resultou numa solução amarelo clara que foi rotaevaporada a 60°C com vácuo até que o extrato estivesse concentrado (restando aproximadamente 10% do volume original) o extrato concentrado foi seco em estufa a 60°C até a secura. Os extratos secos foram armazenados a 4°C em refrigerador doméstico.

**Figura 11.** Processo de adsorção da clorofila por carvão ativado



O rendimento do extrato seco foi calculado segundo a equação 1:

$$Rend = \frac{m_{es}}{m_{el}} \cdot 100$$

Equação 1. Rendimento do extrato

Onde:

*Rend* = Rendimento de extrato seco (%);

*m<sub>es</sub>* = Massa do extrato seco (g);

*m<sub>el</sub>* = Massa do extrato líquido (g).

#### **4.2.2. Caracterização fitoquímica por Cromatografia em camada delgada**

A cromatografia em camada delgada (CCD) é um método rápido de detecção de componentes fitoquímicos em extratos vegetais. Na CCD, os componentes são adsorvidos em uma fase fixa (sílica), uma fase móvel (solvente) flui continuamente arrastando componentes pela fase fixa. Esse é um tipo de sistema sólido-líquido. Dependendo da escolha dessas fases, certas substâncias são arrastadas e outras ficam retidas, isso depende da afinidade dessas substâncias por uma fase ou por outra (WAGNER, 1984).

Após desenvolvido o cromatograma, os solventes (Tabela 03), foram evaporados ao ar e as placas foram reveladas com reveladores os químicos apropriados, estes por sua vez identificam grupos funcionais corando-os de diferentes maneiras. Esta revelação promove mudança na coloração nas manchas apresentadas pelo cromatograma e de acordo com o padrão de coloração é possível sugerir a classe a qual pertence o composto identificado. A disposição das manchas (zonas onde se observa maior concentração de coloração) no cromatograma também infere sobre o composto ali presente, a esta disposição dá-se o nome de *R<sub>f</sub>*, o cálculo dos *R<sub>f</sub>*s é feito relacionando a distância da corrida do solvente na placa cromatográfica com a localização da mancha obtida. A luz UV auxilia na detecção dos compostos fitoquímicos do cromatograma, pois a 254 nm pode-se observar padrões de ausência de fluorescência e a 364 nm observa-se os padrões de fluorescência e diferentes colorações. Com estes três recursos, e com a comparação com a literatura, é possível sugerir os compostos fitoquímicos presentes em um cromatograma.

A cromatografia foi feita em placa de sílica e alumínio da marca SysCroma®. O extrato dissolvido em acetato de etila e os padrões dissolvidos em etanol 99% ou metanol foram aplicadas com um capilar de vidro e a placa foi eluída com sistema otimizado de solventes e reveladas.

Para o padrão de alcalóides foi utilizado o medicamento Cefaliv® que contém em sua constituição a ergotamina, que é um alcaloide. Para isso 3 comprimidos foram diluídos em etanol 99%.

Tabela 3. Sistema de solventes utilizados na cromatografia em camada delgada de extrato de *Jatropha multifida*.

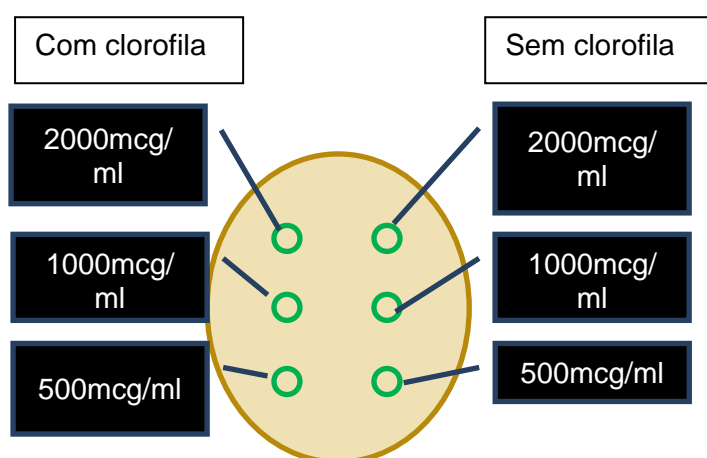
	<b>TANINOS</b>	<b>FLAVONÓIDES</b>	<b>TERPENOS</b>	<b>ALCALÓIDES</b>
<b>SISTEMA DE ELUNTES</b>	Acetato de etila:ácido fórmico:água (9:5:5)	Hexano (10)	Hexano: acetato de etila (8:2)	Acetato de etila: metanol: água (10:13:1)
<b>REVELADOR</b>	- Vanilina clorídrica	- Amônia + uv	- Vanilina clorídrica	- Vapor de iodo
<b>PADRÃO</b>	- Ácido gálico	- Quercetina	- Ác. Ursólico	- di-hidroergotamina

Fonte: a autora.

#### 4.2.3. Atividade antimicrobiana

Para testar a atividade antimicrobiana do extrato, foi realizado o teste de difusão em poço no ágar, neste ensaio inóculos de cepas padrão de *Stafilococos aureus* e *Pseudomonas aeruginosa* com até 24 horas de repique foram suspensos em solução salina 0,85% obtendo-se uma concentração de células com turvação referente à escala Mc. Farland 0,5. Com swab estéril, os microorganismos foram inoculados em 2 placas (uma para cada microrganismo) de TSA – Triptona de soja agar e poços de 6 mm de diâmetro foram perfurados no ágar com ponteira estéril, em cada poço foi adicionado 20 microlitros de extrato de *Jatropha multifida* com ou sem clorofila e em diferentes concentrações, conforme a Figura 12. A inibição foi aferida através da medição dos halos formados:

Figura 12. Esquema do teste de atividade antimicrobiana de extrato de *Jatropha multifida* com e sem clorofila.



Fonte: a autora.

### 4.3. Extração da Pectina do bagaço de laranjas

Aproximadamente 3,5 kg de laranja-pera foram adquiridos no supermercado. Logo após a extração do suco iniciou-se o processo de extração da pectina para evitar sua degradação natural por ação enzimática.

Foram utilizadas três partes diferentes da laranja para extração da pectina que foi feita em duplicatas:

- Albedo (parte branca) - PA
- Albedo/flavedo - PAF
- Albedo/flavedo/vesículas de suco - PAFV

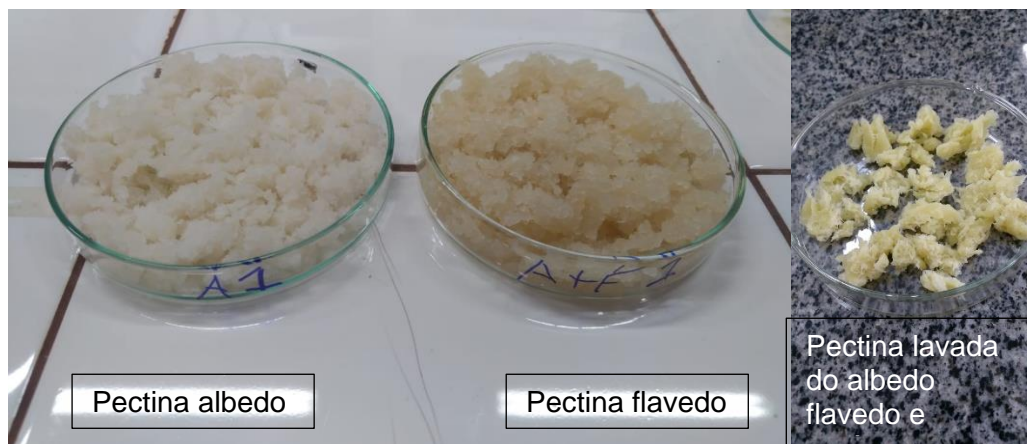
Os materiais foram lavados em água corrente, cortados em pedaços de aproximadamente 4 cm<sup>2</sup> e secos em estufa de esterilização e secagem a 70°C durante 24 horas, após a secagem procedeu-se a pesagem e trituração em liquidificador.

Para extração da pectina, ao material seco foi adicionado água destilada na proporção 1/40 (p/v) e o pH ajustado para 2,0 com adição de ácido clorídrico 0,1 mol/L. A mistura acidificada foi posta em agitação magnética com aquecimento de 90°C e velocidade 650 rpm por 60 minutos (KLIEMAN, 2006 adaptado).

O material sobrenadante foi separado com uma peneira e o resíduo de flavedo, albedo e/ou vesículas foi descartado. À parte líquida foi adicionado álcool etílico 99% para precipitação da pectina, essa solução ficou em repouso por 15 minutos, sendo filtrada em peneira de nylon.

O precipitado foi lavado três vezes com álcool 95% resultando numa massa clara (Figura 13) e após, foi seco em estufa a 55°C até peso constante (aproximadamente 24 horas).

**Figura 13.** Pectina albedo, albedo+flavado e albedo+flavado+vesículas após lavagem com álcool.



**Fonte:** a autora

Todas as etapas foram feitas separadamente para cada tipo de matéria prima em escala laboratorial.

O rendimento foi calculado utilizando-se a equação 2:

$$Rend = \frac{m_{ps}}{m_{mp}} \cdot 100$$

Equação 2. Rendimento da pectina

Em que:

$Rend$  = Rendimento de pectina extraída (%);

$m_{ps}$  = Massa de pectina seca (g);

$m_{mp}$  = Massa de matéria-prima seca (g).

#### 4.3.1. Caracterização da pectina extraída

As características estruturais relacionadas aos grupos funcionais e ligações presentes na amostra, bem como a determinação do grau de esterificação foram realizadas por meio de análises de espectroscopia na região do infravermelho em espectro de infravermelho – FTIR - PERKIN ELMER. Para isso, foi utilizado o módulo de Refletância Total Atenuada (ATR), e as análises foram realizadas em temperatura de 25 °C, na região de 500 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

A determinação do grau de esterificação se deu calculando-se as áreas das bandas correspondentes aos grupos carboxílicos esterificados (-COO-R), no comprimento de onda em 1750  $\text{cm}^{-1}$  e aos grupos carboxilatos (-COO-) no

comprimento de onda  $1600\text{ cm}^{-1}$ . As áreas especificadas foram calculadas com software Origin Pro 8.5 através do cálculo da integral e usadas para o cálculo da equação 3:

$$\%GE = \frac{GCE}{TGC} \times 100$$

Equação 3. Grau de esterificação da pectina extraída

Onde:  $GCE$  = corresponde a área referente aos grupos carboxílicos esterificados

$TGC$  = corresponde a área dos grupos carboxílicos esterificados e dos grupos carboxilatos.

Para analisar a estabilidade térmica, usou-se análise termogravimétrica – TGA, em analisador térmico Perkin-Elmer STA. 6000 com célula cerâmica sob as seguintes condições experimentais: atmosfera dinâmica de nitrogênio com vazão de  $30\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , razão de aquecimento de  $10^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  no intervalo de temperatura de 30 a  $700^{\circ}\text{C}$  em cadinho de porcelana e a massa de amostra foi entre 5 e 10 mg.

#### **4.4. Preparo dos filmes**

##### **4.4.1. Filmes com pectina comercial**

Para testar a proporção mais adequada dos polímeros para se obter filmes biocurativos, optou-se por trabalhar com os polímeros comerciais: quitosana (QT) (85% desacetilada) adquirida da Polymar/BR® e pectina da marca Adicel® grau de esterificação 49%. A quitosana foi solubilizada em ácido cítrico 10% (m/v) sob agitação mecânica em temperatura ambiente durante aproximadamente 12 horas. Concomitantemente, a pectina foi solubilizada em água destilada sob agitação mecânica também em temperatura ambiente por 12 horas (MENDES, 2013 adaptado). A proporção de polímeros em cada filme está apresentada na Tabela 04. A massa total de polímeros na solução filmogênica final foi 3,7% (m/v).



Tabela 4. Variáveis operacionais dos filmes com pectina comercial (m/m)

<b>Filme</b>	<b>Pectina</b>	<b>Quitosana</b>	<b>Sorbitol</b>
	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>100P</b>	100	0	30
<b>75P25Q</b>	75	25	30
<b>50P50Q</b>	50	50	30
<b>25P75Q</b>	25	75	30

**Fonte:** a autora

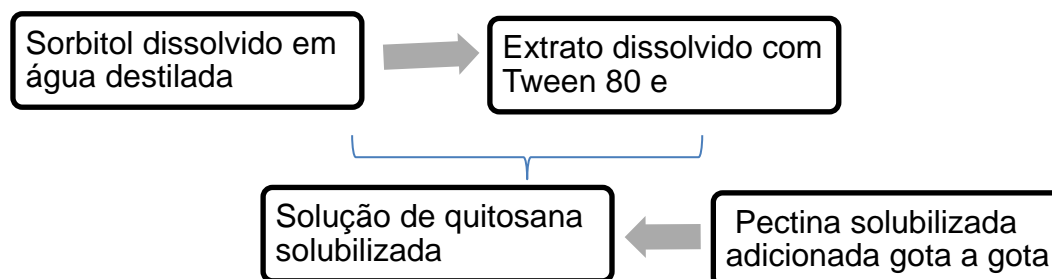
O sorbitol foi solubilizado em 5 ml de água. Após a solubilização de cada componente do filme separadamente, o sorbitol foi adicionado com agitação mecânica na solução de quitosana e solução de pectina foi adicionada lentamente em agitação mecânica rápida mantendo-se a agitação por uma hora. Após este período as soluções filmogênicas foram distribuídas em placas de Teflon® de 7 cm de diâmetro, o volume final para cada formulação foi de 40 ml. Os filmes foram formados por método de *casting* (secagem de solventes) a 40°C por aproximadamente 15 horas.

Os filmes foram caracterizados usando análises mecânicas, físico-químicas e ação antimicrobiana.

#### **4.4.2. Filmes com pectina AFV com e sem extrato vegetal**

Após as análises dos filmes com diferentes concentrações de polímeros concluiu-se que o filmes 25P75Q seriam os melhores para continuar o trabalho. Então, filmes com extrato de *Jatropha multifida* e agora com a pectina extraída do albedo, flavedo e vesículas de suco - PAFV, foram desenvolvidos seguindo-se o mesmo passo a passo realizado nos filmes sem extrato (item 4.4.1.) e acrescentando-se 1000µg/ml de extrato de *Jatropha multifida* sem clorofila. Para isso o extrato vegetal foi pesado e homogeneizado em 3 gotas de Tween 80 e posteriormente a solução de sorbitol foi acrescentada aos poucos nesta suspensão. Extrato+sorbitol foi acrescentado à quitosana solubilizada sendo agitados por meia hora, a pectina solubilizada foi adicionada a quitosana+sorbitol+extrato gota a gota para evitar a formação de grumos. A concentração total de polímeros nos filmes com extrato foi de 2% (tabela 5). O esquema de preparação dos filmes está descrito na Figura 14:

**Figura 14.** Processo de preparação dos filmes testes com extrato.



**Fonte:** a autora

Tabela 5. Variáveis operacionais dos filmes desenvolvidos com pectina AFV

Filme	Pectina (%)	Quitosana (%)	Sorbitol (%)	Extrato vegetal	Clorofila	Porcentagem de polímeros
F1	25	75	30	-	NA*	2
F2	25	75	30	+	-	2

\* Não se aplica; + presente; - ausente. **Fonte:** a autora

#### 4.5. Caracterização dos filmes

##### 4.5.1. Análises mecânicas

A análise mecânica foi feita pelo método de curvas tensão-deformação segundo norma ASTM D882-18 para filmes finos (<1mm de espessura). As medidas foram realizadas em duplicata em um analisador universal BIOPD com célula de carga de 10 kg.

Foi utilizada a tração nos corpos de prova de  $10\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$  até que a amostra se rompesse, os grampos foram dispostos a distância de 41,0 mm para os filmes com pectina comercial e  $27\pm 1$  para os filmes com a pectina extraída - PAFV. Os resultados foram obtidos usando a análise da curva Tensão versus deformação e o módulo de Young foi calculado através do coeficiente angular da parte linear da reta no software OriginPro 8.5.

#### 4.5.2. Espessura

A espessura dos filmes foi medida com micrômetro analógico Mitutoyo com precisão de  $\pm 0,015$  mm, fazendo a média aritmética de cinco medidas aleatórias para cada filme.

#### 4.5.3. Solubilidade

Para testar a solubilidade, pedaços com área de aproximadamente  $2 \text{ cm}^2$  foram secas em estufa a  $105^\circ\text{C}$  por 24 horas, após este período as amostras foram pesadas e colocadas em erlenmeyers com 25 mL de água destilada e levadas a um agitador orbital tipo shaker em temperatura ambiente, onde foram mantidos em agitação lenta e constante por 24 h. Após, as amostras foram levadas à estufa ( $105^\circ\text{C}$  por 24 h) e a massa final medida utilizando-se a balança analítica.

A solubilidade foi dada pela equação 4:

$$\text{solubilidade}(\%) = 100 \left( \frac{DM_0 - DM_{24}}{DM_0} \right)$$

Equação 4. Solubilidade dos filmes de pectina e quitosana

Onde:

$DM_0$  = Massa da matéria inicial.

$DM_{24}$  = Massa da matéria seca após 24 horas em água destilada.

#### 4.5.4. Transmissão de vapor de água

A transmissão de vapor de água (TVA) foi calculada através do método adaptado da norma ASTM E96/E96M. Frascos de vidro contendo sílica foram vedados com o filme (Figura 15) e acondicionados em dessecador contendo água e cloreto de cálcio 10%, o conjunto frasco/filme/sílica foi pesado em intervalos determinados de tempo.

A TVA foi calculada utilizando a equação 5:

$$TVA = \frac{G}{tA} = \frac{G/t}{A}$$

Equação 5. Transmissão de vapor de água

Onde:

$G$  é a mudança da massa do agente secante (g);

$t$  é o tempo (h);

$G/t$  é o coeficiente angular da parte linear inicial da reta (g/h);

$A$  é área de teste (área exposta do filme) (m<sup>2</sup>);

$TVA$  é a taxa de transmissão de vapor de água, g/h.m<sup>2</sup>.

**Figura 15.** Análise de transmissão de vapor de água



**Fonte:** a autora

#### 4.5.5. Grau de intumescimento

O grau de intumescimento dos filmes controle foi calculado pesando-se um pedaços de 2x1 cm cada filme e posteriormente imergindo em 30 ml água destilada por 40 minutos, a cada 10 minutos as amostras foram retiradas da água e pesadas retirando-se o excesso de água com papel filtro. O grau de intumescimento foi calculado segundo Oliveira e Junior (2014), equação 6:

$$GI (g) = \left( \frac{Mu - Mi}{Mi} \times 100 \right)$$

Equação 6. Grau de intumescimento

Onde:

$GI$  : é o grau de intumescimento;

$Mu$  : é a massa da amostra retirada da solução (g);

$Mi$  é a massa inicial da amostra (g).

#### 4.5.6. Análises Físico-químicas

Os filmes foram caracterizados segundo suas características estruturais com relação a grupos funcionais e ligações presentes na amostra por meio de análises de

espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier em espectro de infravermelho – FTIR – PERKIN ELMER. Para isso, utilizou-se o módulo de Refletância Total Atenuada (ATR), e as análises foram realizadas em temperatura de 25 °C, na região de 650 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

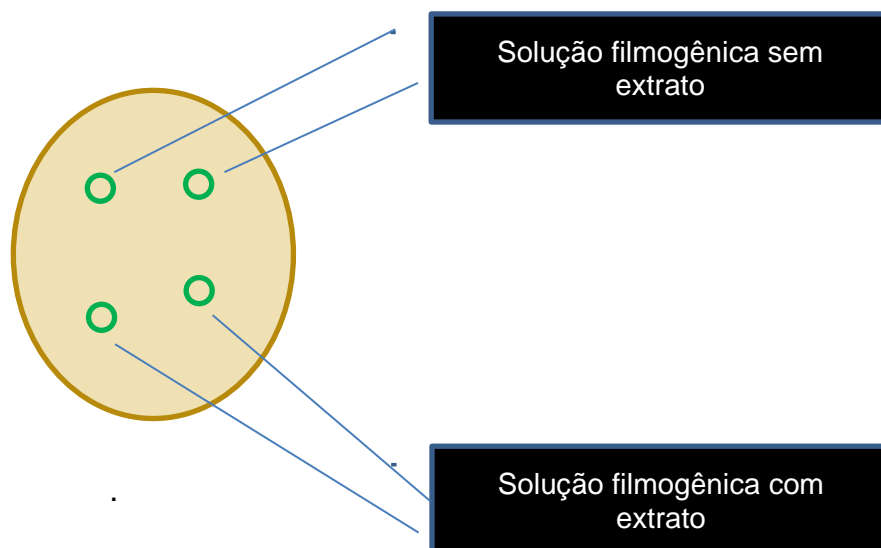
Para analisar a estabilidade térmica dos filmes, foi feita análise termogravimétrica – TGA, em analisador térmico Perkin-Elmer STA. 6000 com célula cerâmica sob as seguintes condições experimentais: atmosfera dinâmica de nitrogênio com vazão de 30  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ , razão de aquecimento de  $10^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  no intervalo de temperatura de 30 a 700 °C em cadinho de porcelana e a massa de amostra entre 5 e 10 mg.

A análise da natureza amorfa ou cristalina foi realizada através de difração de raios X – DRX. As medidas de difração, com ângulo  $2\theta$  de  $5\text{-}60^{\circ}$  foram realizadas no difratômetro D2Phaser – Bruker. TGA e DRX foram feitos apenas para os filmes controle.

#### **4.5.7. Análises da ação antimicrobiana**

Para testar a atividade antimicrobiana dos filmes com pectina extraída PAFV com ou sem extrato vegetal, foi realizado o teste de difusão em poço no ágar, neste ensaio inóculos de cepas padrão de *Pseudomonas aeruginosa* com até 24 horas de repique foram preparados em solução salina 0,85% obtendo-se uma concentração de células com turvação referente à escala Mc. Farland 0,5. Com swab estéril os microorganismos foram inoculados em placa de TSA – Triptona de soja agar e poços de 6 mm de diâmetro foram perfurados no ágar com ponteira estéril, em cada poço foi adicionado 20  $\mu\text{L}$  da solução filmogênica com extrato na concentração de 1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$  e 20  $\mu\text{L}$  da solução filmogênica sem extrato conforme a Figura 16:

**Figura 16.** Placa de TSA com solução filmogênica com e sem extrato de *Jatropha multifida*.



**Fonte:** a autora

#### 4.5.8. Análise estatística

A avaliação estatística foi realizada utilizando-se o software BioEstat 5.0 por meio da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível de significância  $p \leq 0,05$ .

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Extrato de *Jatropha multifida*

#### 5.1.1. Aspecto e rendimento

Os extratos vegetais podem ser obtidos utilizando-se diferentes tipos de solventes como: metanol, etanol, acetato de etila, hexano dentre outros. As substâncias extraídas estão relacionadas com as características destes solventes, solventes polares, por exemplo, extraem substâncias polares. Além de adequar a substância extratora àquilo que se quer obter no extrato final, substâncias indesejáveis podem ser removidas durante o processo extrativo (FARMACOPÉIA BRASILEIRA, 2019).

Neste trabalho, o solvente utilizado para obtenção do extrato das folhas de *Jatropha multifida* foi o etanol 96%. Este solvente é utilizado para extrair ampla faixa de fitoquímicos e de polaridades diferentes, e por esse motivo foi escolhido para que se pudesse extrair vários compostos no extrato bruto. A Figura 17 mostra o extrato obtido antes e após a remoção do solvente. O rendimento do extrato seco foi de 1,39%.

**Figura 17.** Extrato etanólico das folhas de *Jatropha multifida*

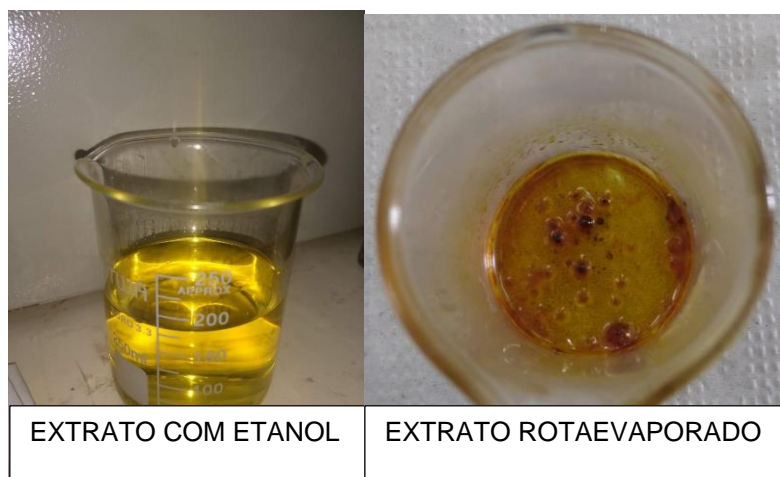


**Fonte:** a autora

Pode-se observar que o extrato etanólico apresentou coloração verde escuro e que após a remoção do solvente restou uma massa verde pastosa, que possivelmente contém os componentes fitoquímicos esperados.

Esta coloração se deve a clorofila. Por ser um componente indesejado na produção de filmes, reduzindo sua transparência, optou-se por remove-la. A Figura 18 mostra o extrato após a remoção da clorofila utilizando carvão ativado.

**Figura 18.** Extrato após processo de extração de clorofila por carvão ativado



**Fonte:** a autora.

Nota-se uma coloração bem mais clara, indicando a extração da clorofila. A ausência da clorofila pôde ser observada na cromatografia em camada delgada descrita no item 5.2.2. A remoção da clorofila diminuiu o rendimento do extrato, para o extrato seco clarificado o rendimento foi de 0,7%.

### 5.1.2. Prospecção fitoquímica por CCD – Cromatografia em camada delgada

A CCD do extrato etanólico obtido neste estudo sugere a presença de componentes fitoquímicos importantes: taninos, flavonoides, terpenos e alcalóides.

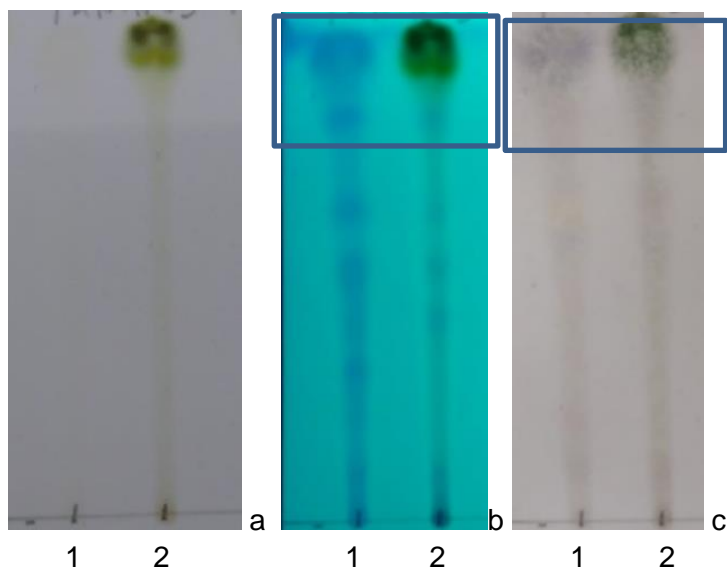
#### o Taninos

Nas cromatoplasmas desenvolvidas para a pesquisa de taninos (Figuras 19 a, b, c), utilizando acetato de etila:ácido fórmico:água (9:5:5) como eluentes, foi possível observar mudança de coloração em  $R_f \sim 1$  (fator de retenção - região da cromatoplasma onde os componentes estão concentrados).

Segundo a Farmacopeia Brasileira (Monografia Aroeira, 2019), é um evento sugestivo para presença de taninos para essa fase móvel.



**Figura 19.** Pesquisa de taninos de *Jatropha multifida* em cromatografia em camada delgada de cromatoplaças de alumínio. Eluentes: Acetato de etila:ácido fórmico:água (9:5:5). a – sem revelação química sob luz natural; b – sem revelação química 254 nm; c – com revelação química – vanilina clorídrica; 1 - extrato sem clorofila; 2- extrato com clorofila



. Fonte: a autora.

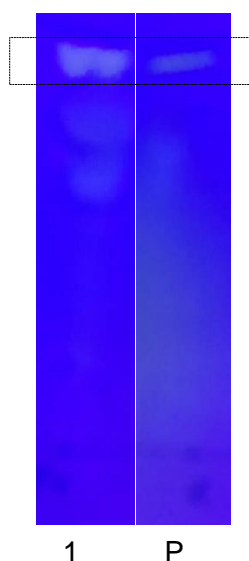
A mudança de coloração foi observada em ambos os extratos (com e sem clorofila) e as manchas apresentaram uma ausência de fluorescência em luz UV 254 nm, indicando que a remoção da clorofila não removeu esta substância. Um extrato sem clorofila é vantajoso por se tratar de um extrato mais purificado, onde se percebe uma melhor visualização do perfil químico e uma concentração dos demais compostos, tornando o extrato enriquecido.

A determinação de taninos é importante por que eles auxiliam no tratamento de feridas formando uma camada protetora resultante do complexo tanino-proteína e/ou polissacarídeo, e a regeneração do tecido lesionado ocorre abaixo desta camada (MELLO E SANTOS, 2001).

- Flavonoides

Além dos taninos, também foram pesquisados os flavonóides utilizando hexano como eluente (Figura 20).

**Figura 20.** Pesquisa de flavonóides de *Jatropha multifida* em cromatografia em camada delgada. Eluente: Hexano (10). Luz uv 364 nm. 1 – Extrato sem clorofila; 2 – padrão quercetina.



**Fonte:** a autora

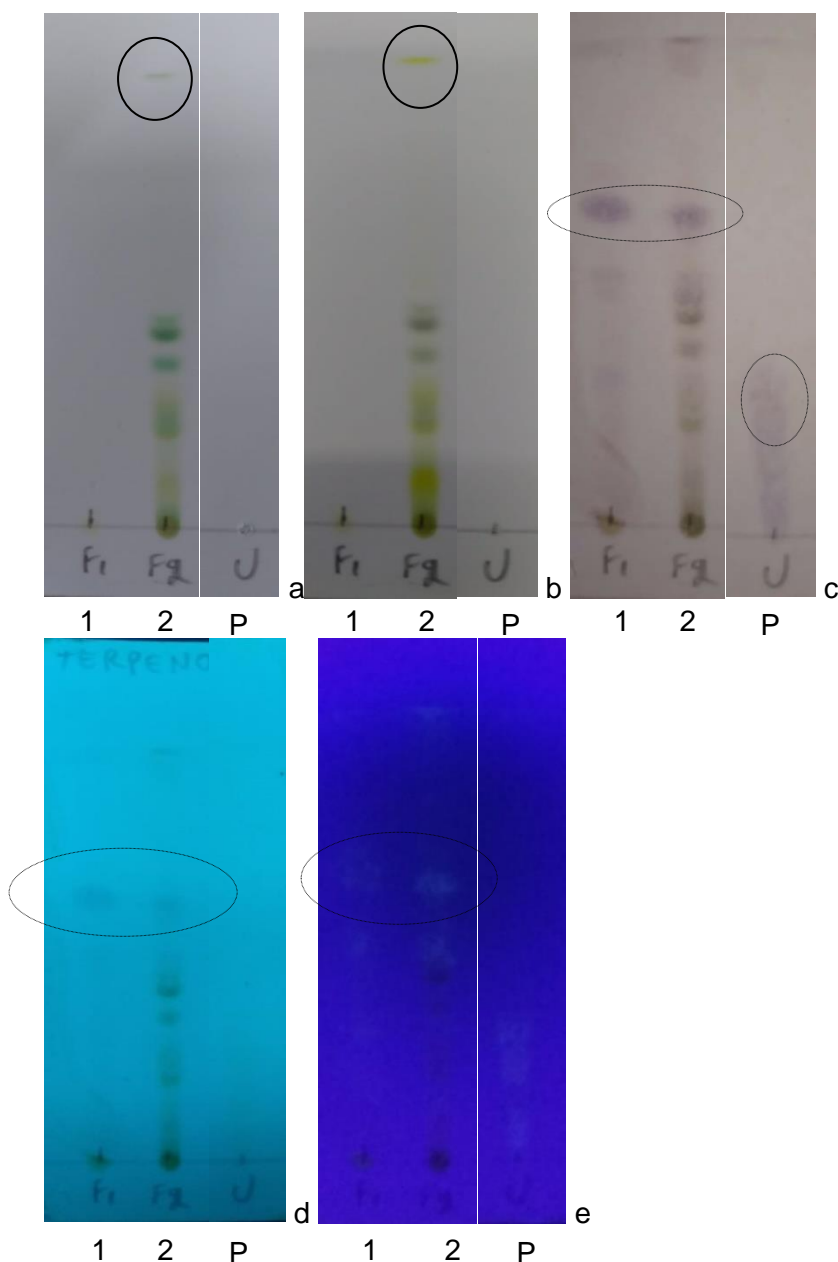
Em ambos os extratos foram identificadas substâncias semelhantes ao padrão. Na Figura 20 está apresentada a cromatoplaça do extrato sem clorofila, cuja análise em câmara UV com comprimento de onda de 364 nm, revelou uma substância com fluorescência com mancha em  $R_f \sim 1$ , semelhante ao padrão aplicado, a quercetina. Pode-se sugerir se tratar de um flavonóide do tipo flavonol. Flavonoides já foram identificados em extrato etanólico de *Jatropha multifida* (FRANYOTO *et.al.* 2018). No estudo citado, os autores obtiveram extrato etanólico, rico em flavonoides, do caule da planta. A partir desse extrato, Franyoto *et.al.* (2018) desenvolveram um creme cosmético com boa capacidade antioxidante. A ação antioxidante dos flavonoides pode auxiliar na cicatrização de feridas agindo principalmente na redução da inflamação. Estes metabolitos inibem enzimas lipoxigenase, importantes mediadoras inflamatórias (SANTOS E RODRIGUES, 2017).

#### ○ Terpenos

A presença de terpenos também foi pesquisada por CCD do extrato de *Jatropha multifida* e o sistema de eluentes utilizado foi hexano: acetato de etila (8:2). As cromatoplaças estão apresentadas nas Figuras 21 a, b, c, d, e.

**Figura 21.** Pesquisa de terpenos de *Jatropha multifida* em cromatografia em camada delgada; Eluentes: Hexano: acetato de etila (8:2). A – terpenos sem revelação química; b –

terpenos após revelação química vapor de amônia; c – terpenos depois da revelação com amônia e vanilina clorídrica. 1 -extrato sem clorofila; 2 – extrato com clorofila; P – padrão ácido ursólico.



**Fonte:** a autora.

Uma mudança de coloração pode ser observada quando a placa cromatográfica foi revelada com vapor de amônia em  $R_f \sim 1$  (Figura 21b), este evento é sugestivo para terpenos do tipo sesquiterpeno (WAGNER, 2001). Em  $R_f \sim 0,6$ , pode-se observar uma mancha de coloração violeta (Figura 21c), com extinção de fluorescência em UV 254 (Figura 21d) e com fluorescência em 364 (Figura 21e). Esta mancha está presente em ambos os extratos, este tipo de padrão segundo Wagner, 2006 sugere a presença de esteroides. Os terpenos geralmente não apresentam fluorescência sob UV 364nm, e podem apresentar extinção de fluorescência a UV

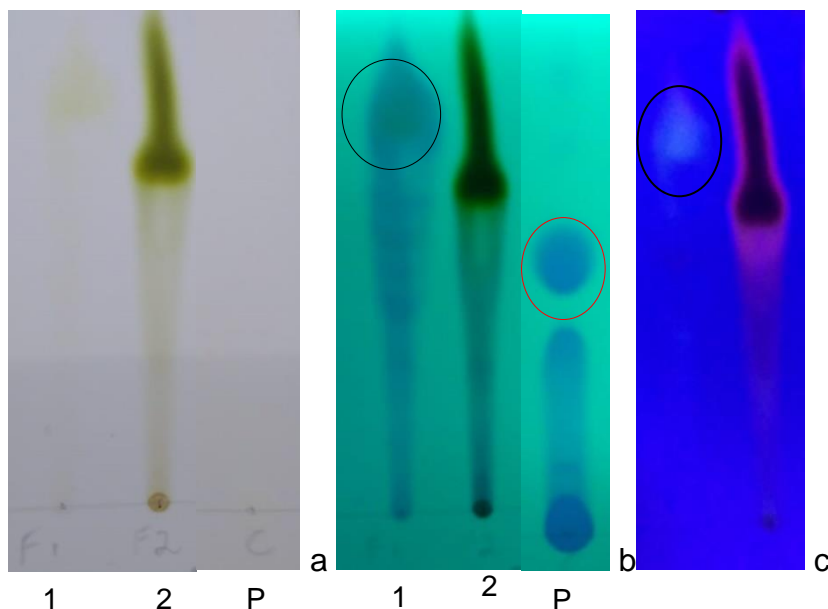
254nm, visualizadas como manchas violáceas. Padrões como estes podem ser observados em ambos os extratos.

Os terpenos são a classe de metabólitos secundários mais relatados em estudos sobre o gênero *Jatropha* (CAVALCANTE, *et.al.* 2020). Falodum *et.al.* (2014) isolaram diterpenóides latiranos do extrato metanólico da casca do caule da *Jatropha multifida* e testaram estes compostos quanto as atividades: antileishmania, antimalárica e antimicrobiana. Os compostos inibiram cepas de *P. falciparum* resistentes à cloroquina, *S. Aureus* resistentes à meticiclina, comprovando a eficácia do uso da planta na etnomedicina africana.

○ Alcalóides – sistema 03

Nas cromatoplacas onde se pesquisou a presença de alcalóides utilizando os eluentes acetato de etila: metanol: água (10:13:1), houveram mudanças de coloração de importantes manchas. A Figura 22 apresenta a CCD antes da revelação química e a Figura 23 apresenta a CCD após a revelação química.

**Figura 22.** Pesquisa de alcalóides em extrato de *Jatropha multifida*. Acetato de etila: metanol: água (10:13:1) a – alcalóides sem revelação química; b – alcalóides sem revelação química em luz uv 254 nm; c – alcalóides sem revelação química em luz uv 364 nm. 1 -extrato sem clorofila; 2 – extrato com clorofila; P – padrão Cefaliv® – placa sem revelação química a 364 nm;

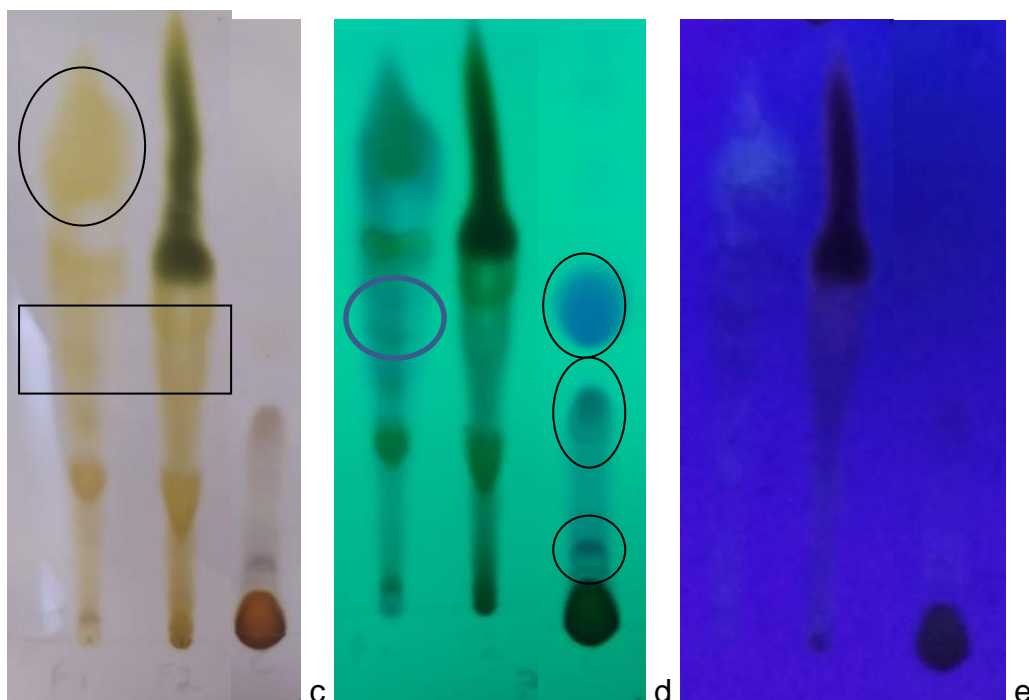


**Fonte:** a autora.

Muitos alcaloides apresentam ausência de fluorescência quando em comprimento de luz uv 254 nm e alguns apresentam fluorescência azul ou amarela em 364 nm (WAGNER, 2001). Isso ocorre nas placas observadas para o extrato sem

clorofila em  $R_f \sim 0,84$ . Quando tratadas com vapor de iodo, estas substâncias coram-se de tons marrons (Figura 23). No extrato com clorofila a observação dos padrões de fluorescência ou ausência desta ficam dificultados por conta da mancha da clorofila.

**Figura 23.** Pesquisa de alcalóides em extrato de *Jatropha multifida* - Cromatogramas revelados com vapor de iodo. Eluentes - Acetato de etila: metanol: água (10:13:1) a – alcalóides sem revelação química; b – alcalóides sem revelação química a 254 nm; c – alcalóides depois da revelação com iodo; d – alcalóides depois da revelação química com iodo 254 nm; e – alcalóides depois da revelação química com iodo 254 nm.



**Fonte:** a autora.

No cromatograma, o medicamento Cefaliv® apresenta 3 manchas bastante expressivas, sendo uma em  $R_f \sim 0,15$  correspondente à dipirona, outra em  $R_f \sim 0,34$  referente à cafeína e por ultimo o padrão utilizado, a diidroergotamina, apresenta ausência de fluorescência em  $R_f \sim 0,52$  (Figura 23d).

Na placa cromatográfica onde se pesquisou a presença de alcaloides foi possível observar uma intensa mudança de coloração quando revelada com vapor de iodo. Com manchas marrons em  $R_f \sim 0,5$  podendo-se sugerir a presença de alcaloides ou metilxantinas (Wagner, 2001).

Extratos de *Jatropha multifida* vem sendo largamente pesquisados quanto aos seus constituintes fitoquímicos e muitas ações terapêuticas são confirmadas cientificamente, corroborando com o conhecimento popular de que a planta pode ser

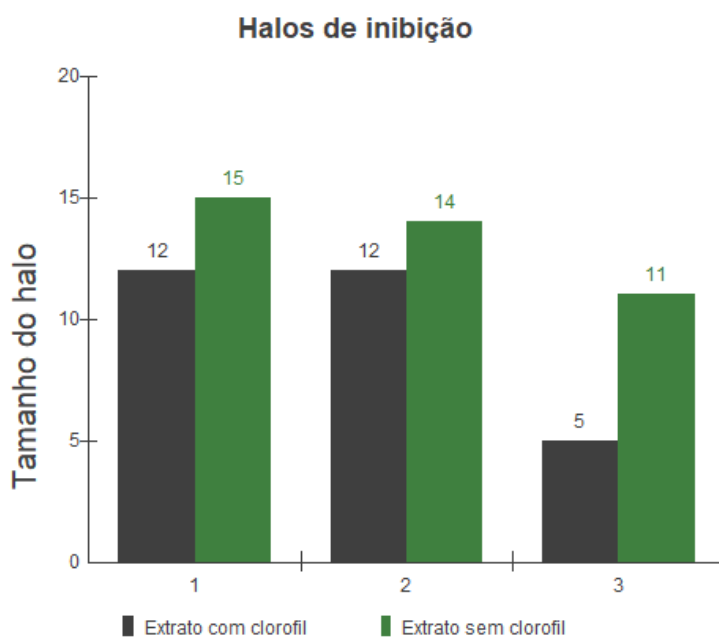
utilizada na atenção à saúde, inclusive no tratamento de feridas.

Observando as cromatoplasas obtidas da CCD do extrato de *Jatropha multifida*, pôde-se sugerir a presença de taninos, flavonoides, terpenos e alcaloides.

### 5.1.3. Ensaio biológico

Para analisar a capacidade antimicrobiana de *Jatropha multifida*, foram testados os extratos com e sem clorofila em diferentes concentrações. Os halos de inibição frente *P. aeruginosa* formados foram medidos e estão apresentados na figura 24. Para a cepa testada de *Stafilococos aureus* não houve inibição (formação de halos).

**Figura 24.** Medidas em milímetros dos halos de inibição microbiana apresentados na placa contendo inóculo de *Pseudomonas aeruginosa* e extrato de *Jatropha multifida* com e sem clorofila em diferentes concentrações: 1 - 2.000 mcg; 2 - 1.000 mcg; 3 - 500 mcg.



**Fonte:** a autora

Quando a concentração aplicada é de 500  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  os halos formados são menores para ambos os extratos. Nas concentrações 2.000  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  e 1.000  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  de extrato com e sem clorofila os tamanhos dos halos foram semelhantes. Estes resultados confirmam a ação antimicrobiana dos extratos frente a *P.aeruginosa*. Apesar de existirem outros microrganismos capazes de infectar feridas causando retardamento da cicatrização, a *P. aeruginosa* é um dos microrganismos mais comuns

nestas lesões. É o que comprova o estudo de Oliveira *et.al.* (2021) que coletou swabs de feridas de 110 pacientes em um hospital. Em seus estudos a autora identificou a presença predominantemente de gram negativos sendo a *P. aeruginosa* o microrganismo mais encontrado. Este resultado infere sobre a importância deste microrganismos na infecção de feridas.

Vários estudos vem sendo desenvolvidos para investigar a ação antimicrobiana da *Jatropha multifida*. Anani *et.al.* (2016) testaram a capacidade antimicrobiana de extrato etanólico obtido de folhas de *Jatropha multifida*, os autores utilizaram etanol 96% como solvente. Seus resultados apontaram inibição de *P. aeruginosa* em uma concentração mínima de 6.25 µg/mL. Da mesma forma, Fitria *et.al.* (2018) comprovaram a ação antimicrobiana da *Jatropha multifida*. Em seus resultados os autores puderam verificar ação antibactericida e antibiofilme do extrato da casca do caule desta planta numa concentração de 500 µg/mL para *S. Aureus* metilina resistente.

Além dos extratos brutos, metabólitos secundários isolados podem ser testados quanto sua ação antimicrobiana, este isolamento proporciona uma análise mais guiada. Estudo semelhante foi realizado por Oliveira-Tavares *et.al.* (2019), que isolaram a lupenona, um triterpeno do extrato hexânico das folhas de *Jatropha multifida*. Seus resultados apontaram uma ação sinérgica com fluconazol diminuindo pela metade a concentração inibitória mínima do medicamento para *Candida tropicalis*.

Seja no extrato bruto ou em frações deste, a *jatropha multifida* possui ação antimicrobiana comprovada cientificamente, confirmando a eficiência de seu uso no tratamento de feridas infectadas.

## **5.2. Extração da Pectina do bagaço de laranja**

As pectinas extraídas do albedo (PA), albedo e flavedo (PAF) e albedo, flavedo e vesículas de suco (PAFV), apresentaram rendimento de 12,47%±0,29, 11,06%±0,25 e 10,74%±1,09, respectivamente.

Existem alguns fatores que influenciam nas características qualitativas e quantitativas da pectina extraída entre eles: tipo de ácido, pH da solução, tempo e temperatura de extração (KLIEMAN, 2006).

Neste estudo verificou-se que há diferença no rendimento de pectina quando extraída só do albedo e quando o flavedo está presente. Nos resultados de Zanela

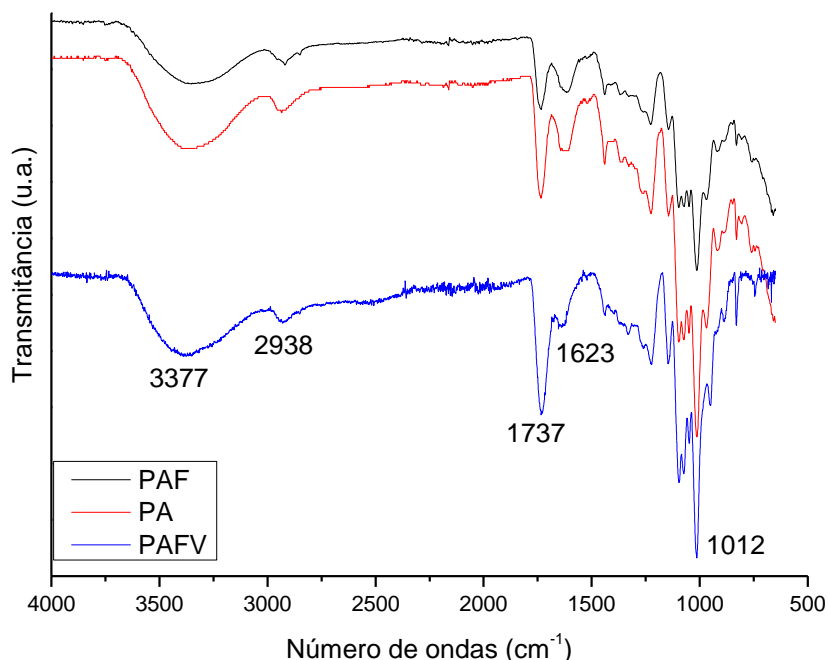
(2013) em *Citrus sinensis* L. Osbeck (laranja-pera) e de Chaidedgumjorn (2009) em *Citrus maxima* (Burm. F.) Merr. (laranja-natal) os rendimentos também foram maiores nas amostras sem flavedo. Klieman (2006), de igual forma, observou um efeito significativo e negativo para a variável flavedo na extração da pectina do maracujá, seus resultados apontaram maior rendimento nas amostras sem flavedo. Isso ocorre porque o albedo possui maior concentração de pectina em relação ao flavedo (ZANELLA, 2013), desta forma, quando o flavedo está presente, a massa da matéria prima total é aumentada interferindo no rendimento. Neste estudo, as pectinas PAF e PAFV não apresentaram diferença estatística no seu rendimento. Devido a facilidade em se trabalhar sem a separação dos componentes, ou seja, contendo albedo, flavedo e vesículas, optou-se por desenvolver os biocurativos a partir da pectina PAFV, que obteve rendimento e grau de esterificação satisfatório para esta finalidade.

#### **5.2.1. Espectroscopia no infravermelho (FTIR) das pectinas extraídas**

Para avaliar os grupamento químicos das pectinas extraídas realizou-se o ensaio de espectroscopia, sendo que os principais grupamentos (característicos de pectinas) estão relacionados aos seus respectivos comprimentos de onda como mostra a Figura 25:



**Figura 25.** FTIR das pectinas extraídas de bagaços de laranja. PA: Pectina obtida do albedo; PF: Pectina obtida do flavedo; PAFV: Pectina obtida do alvedo+flavedo+vesículas de suco.



**Fonte:** a autora.

As pectinas extraídas neste estudo apresentam uma ampla área na banda presente no comprimento de onda 3250 a 3500  $\text{cm}^{-1}$  que corresponde à vibração do grupamento hidroxila O-H, da cadeia de ácido galacturônico. Uma banda de menor intensidade foi verificada em 2938  $\text{cm}^{-1}$  correspondente às vibrações CH dos grupos CH, CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub> (ASEVEDO, 2018). Bandas observadas em 1100 e 1200  $\text{cm}^{-1}$  estão associadas à ligação C-O-C e as ligações C-C (KALAPATHY e PROCTOR, 2001). Bandas presentes nos comprimentos de onda 1600  $\text{cm}^{-1}$  e 1750  $\text{cm}^{-1}$  que correspondem aos grupos C=O e COO<sup>-</sup> foram utilizadas para calcular o grau de esterificação das pectinas, os resultados obtidos foram: 43%±3,07 para PA, 45%±4,04 para PAF e 46%±0,24 para PAFV, esses valores mostram que as pectinas obtidas possuem baixo grau de esterificação.

O grau de esterificação da pectina refere-se à quantidade de grupos carboxilas da cadeia de ácido galacturônico que está na forma esterificada, principalmente com grupos metila. Se a esterificação ocorrer na maior parte dos grupos carboxila (> de 50%) trata-se de uma pectina com alto grau de esterificação, se a esterificação ocorrer

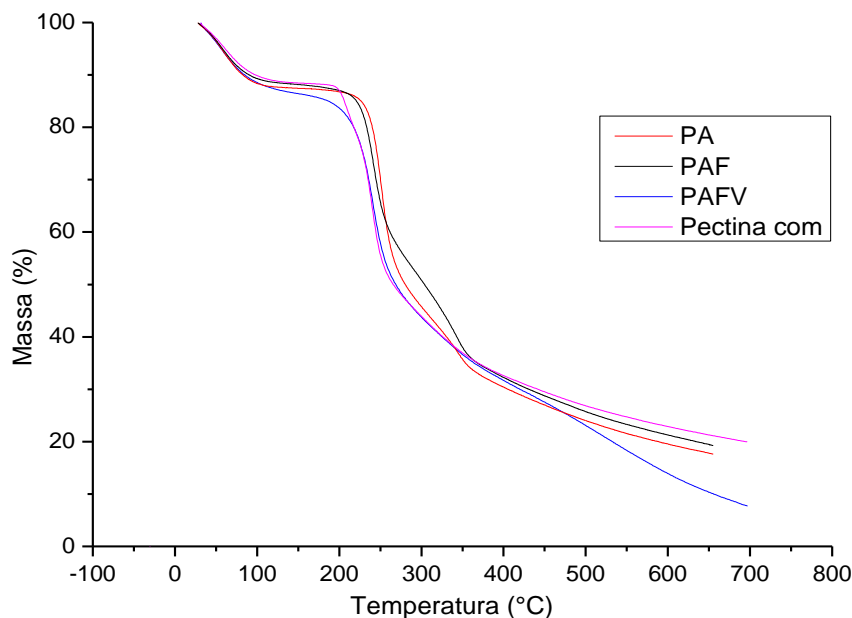
em < 50% desses grupos, a pectina é caracterizada como de baixo grau de esterificação (CANTERI, 2012). Esta característica influencia na sua capacidade de formar géis e consequentemente filmes. Pectinas com baixo grau de esterificação podem formar géis mais facilmente em baixas concentrações de açúcar e baixo pH. As pectinas extraídas neste estudo variaram seu grau de esterificação entre 43% (PA) e 46% (PAFV) sendo classificada portanto como uma pectina de baixo grau de esterificação não apresentando diferença estatística significativa para as pectinas PAF e PAFV,.

Lima (2007) observou bandas semelhantes a estas e da mesma forma, utilizou essas faixas de comprimento de onda para calcular os grau de esterificação da pectina extraída do mesocarpo de laranja, em seu estudo a autora verificou que o grau de esterificação está relacionado ao tempo e pH de extração, concluindo que em pH abaixo de 2,2 e tempo de extração maior que 30 minutos, pode ocorrer desesterificação da pectina, evento parecido pode ter ocorrido neste estudo, já que as pectinas obtidas apresentaram menor grau de esterificação que aqueles apresentados pela autora. Pectinas com baixo grau de esterificação podem formar géis mais facilmente em soluções com pH abaixo de 4,0, nesta condição viscosidade da pectina é aumentada, facilitando a formação do gel e consequentemente do filme (LIMA, 2007).

### **5.2.2. Termogravimetria – TGA**

A análise termogravimétrica (Figura 26) mostrou uma primeira perda de aproximadamente 10% de massa se iniciando entre de 53 e 59 °C para ambas as amostras, este evento corresponde a perda de água. Num segundo evento térmico ocorreu uma perda em torno de 50% numa faixa de temperatura que vai de 241 a 251°C. Segundo Sousa (2015) nesta etapa ocorre descarboxilação primária e secundária. Um terceiro evento também ocorreu em temperaturas acima de 330°C, representando a etapa oxidativa das amostras (SOUSA, 2015).

**Figura 26.** TGA das pectinas PAFV, PA, PAF e Pcom. PA: Pectina obtida do albedo; PF: Pectina obtida do flavedo; PAFV: Pectina obtida do albedo+flavedo+vesículas de suco; Pectina com: pectina comercial.



**Fonte:** a autora

Segundo Einhorn, Kunzek e Dongowski (2007), a degradação da pectina acontece em 251°C, corroborando com os valores encontrados neste trabalho. A Tabela 07 apresenta as temperaturas envolvidas nos eventos térmicos.

Tabela 6. Temperaturas referentes aos eventos observados na TGA das pectinas.

Evento	1	2	3	Resíduos
	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	(%)
<b>PA</b>	57±0,57	251±0,57	335±1,15	17
<b>PAF</b>	59±2,30	243±1,73	333±6,35	19
<b>PAFV</b>	53±1,15	246±1,15	343±0,57	7
<b>Pcom</b>	55±0,57	241±0,57	341±0,57	19

**Fonte:** a autora

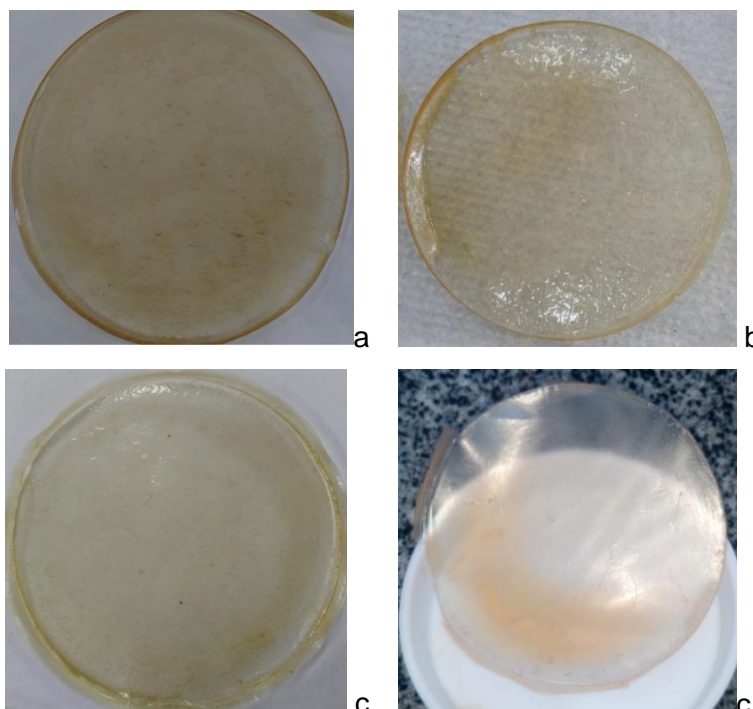
### 5.3. Filmes poliméricos

#### 5.3.1. Filmes com pectina comercial e sem extrato

Para analisar como a concentração dos polímeros pectina e quitosana interfere nas características dos filmes, optou-se por trabalhar com uma pectina comercial (esterificação  $\pm 49\%$ ) no intuito de reduzir os parâmetros existentes durante a extração, possibilitando ainda a comparação entre filmes desenvolvidos a partir da pectina comercial e aqueles onde a pectina utilizada foi a extraída. Assim, a pectina extraída da laranja foi trabalhada após a otimização das porcentagens pectina/quitosana realizadas com a pectina comercial.

A caracterização dos filmes permite avaliar se estes apresentaram aspectos morfológicos e Físico químicos. As Figuras 27 (a, b e c), mostram as imagens dos filmes obtidos com diferentes razões de pectina/quitosana: 100P – 100% pectina, 75P25Q – 75% pectina 25% quitosana, 50P50Q - 50% pectina e 50% quitosana, 25P75Q – 25% pectina e 75% quitosana.

**Figura 27.** Imagens dos filmes de Pectina comercial/quitosana; a – 75P25Q, b – 50P50Q, c – 25P75Q, d – 100P



Fonte: a autora

Macroscopicamente, o filme com maior concentração de pectina (75P25Q) apresentou um tom mais escurecido e conseqüentemente menor transparência, já o filme 25P75Q é mais transparente e maleável. Todas as formulações apresentaram bons aspectos visíveis e táteis e portanto, seguiram-se as caracterização com as diferentes porcentagens de polímeros.

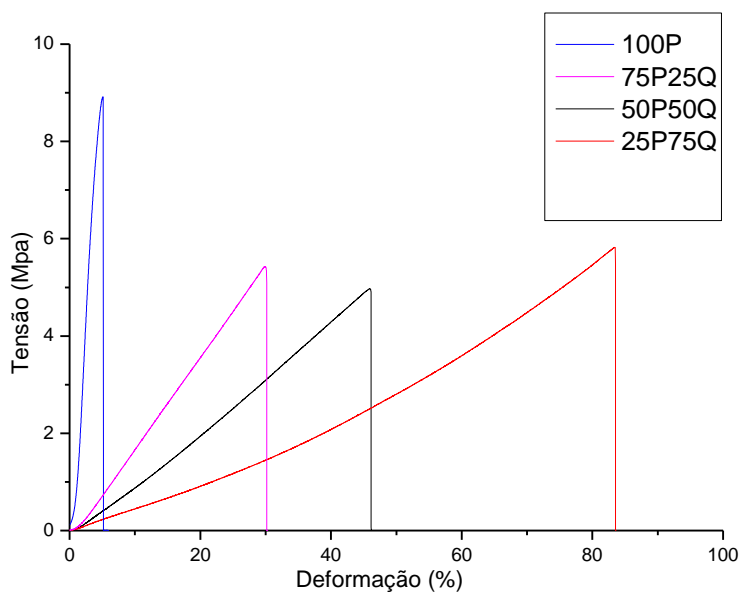
#### **5.3.1.1. Análises mecânicas**

As propriedades mecânicas ideais de um filme polimérico dependem do uso previsto para este filme, para um curativo, a maleabilidade é importante, pois o filme precisa ser adaptável à superfície do corpo para que as atividades diárias do paciente não sejam impedidas, por outro lado deve limitar o movimento dos tecidos ao redor da lesão e ser de fácil remoção para que o tecido recém formado não seja lesionado (BRASIL, 2002).

Na formação de um filme entre pectina e quitosana, a interação entre os polímeros está relacionada à atração eletrostática. Os grupos carboxílicos da pectina carregados negativamente (poliânion) e os grupos amino da quitosana carregados positivamente (policátions) sofrem atração eletrostática e assim, é possível formar membranas quando os dois polímeros estão em solução aquosa (CHEN ET.AL.,2010).

Para analisar como a proporção dos polímeros afeta na característica mecânica dos filmes, realizou-se a análise mecânica destes com diferentes concentrações de pectina e quitosana, como pode ser visto na Figura 28.

**Figura 28.** Curvas representativas do comportamento de tensão versus deformação dos filmes de Pectina comercial/quitosana nas concentrações



**Fonte:** a autora.

Conforme observado, a quitosana proporcionou um aumento na porcentagem de deformação. Enquanto o filme de pectina pura suportou maior tensão, e seu percentual de deformação foi bastante baixo, indicando um filme mais rígido. Assim, quando analisado o módulo de elasticidade (Tabela 08), percebe-se que a diminuição de concentração de pectina diminui a rigidez do filme, exceto para o filme 50P50Q. Nesta formulação, a força de coesão (força de atração) entre as moléculas de pectina e quitosana parece ser maior. Segundo Maia, Porte e Souza (2000) aumentando-se a força de coesão reduz-se a flexibilidade, porosidade e permeabilidade a vapores e solutos dos filmes. Efeito semelhante pode ser observado quando a concentração dos polímeros quitosana e pectina estão em igual proporção na formulação.

Tabela 7. Propriedades mecânicas das blendas poliméricas

Filme	100P	75P25Q	50P50Q	25P75Q
Módulo de elasticidade (Mpa)	0,7	0,1	0,2	0,06
Tensão na ruptura (Mpa)	9,02±0,13	4,43±1,13	4,19±0,89	5,43±0,44
Alongamento (%)	6,09±0,22	23,38±7,99	45,44±0,91	83,42±0,18

Fonte: a autora

Percebe-se portanto, que a diferença na concentração dos polímeros influenciou nas propriedades mecânicas dos filmes. As características mecânicas do teste de tração corroboram com as características observadas macroscopicamente, o filme com maior proporção de quitosana (25P/75Q) apresenta-se mais maleável em ambas as análises mostrando-se promissor para a inserção do extrato de *Jatropha multifida*. Apesar deste resultado, as análises para ambos os filmes foram continuadas a fim de saber sobre outros aspectos dos mesmos.

### 5.3.1.2. Solubilidade, espessura e Taxa de transmissão de vapor de água - TVA

A Tabela 09 apresenta os resultados obtidos para determinação da espessura, solubilidade e taxa de transmissão de vapor de água.

Tabela 8. Solubilidade, espessura e transmissão de vapor de água dos filmes com pectina comercial e quitosana.

	100P	75P/25Q	50P/50Q	25P75Q
Solubilidade (%)	100	29,52±12,93	21,13±8,56	24,17±8,67
Espessura	0,33±0,05	0,31±0,04	0,35±0,09	0,38±0,08
TVA (g/h.m <sup>2</sup> )	13,56	13,21	11,27	13,69

Fonte: a autora.

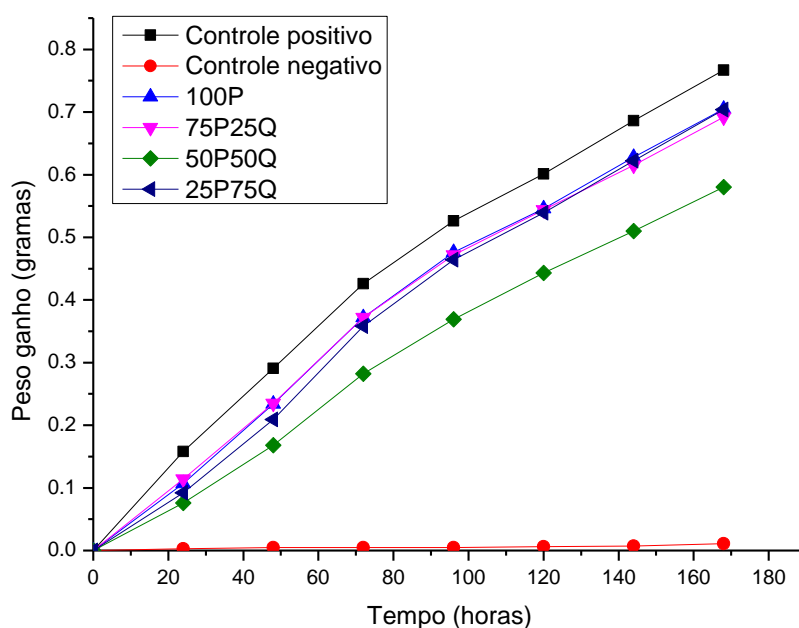
O ensaio de solubilidade demonstrou que não há diferença estatística entre os filmes compostos por pectina e quitosana. Nestes filmes a solubilidade está entre 21,13 e 29,52%. A baixa solubilidade dos filmes contendo quitosana acontece porque este polímero é na maioria das vezes, insolúvel em pH superior a 6,5, valor próximo ao seu pKa (~6). A quitosana utilizada neste estudo é insolúvel em água destilada,

cujo pH~7. Desta forma os filmes onde a quitosana está presente a solubilidade é diminuída drasticamente. Filmes menos solúveis são mais úteis em feridas com maior concentração de exsudato, pois são capazes de absorverem líquidos e permanecerem íntegros.

Os resultados da espessura variaram de 0,33 a 0,38 sem diferença estatística entre as diferentes formulações, portanto, pode-se sugerir que a proporção dos polímeros não interfere na espessura dos filmes. Os filmes obtidos por casting podem apresentar espessuras diferentes decorrentes do próprio processo, uma vez que é difícil controlar a relação massa da solução filmogênica/área da placa (COSTA, 2018), os resultados apresentados porém, foram satisfatórios pois apesar da dificuldade imposta pelo próprio método, os filmes apresentaram espessuras homogêneas. Para uso em curativos, é apropriado que a espessura se assemelhe aquela do tecido lesionado. A epiderme humana, tem espessura que vai 0,07 a 0,12 mm e a derme varia entre 1 a 4 mm, de acordo com a região do corpo (SILVER *et.al*, 2001). Desta forma, os filmes estão de acordo com a faixa de espessura desejada.

Sobre o ensaio para determinação da taxa de transmissão de vapor de água, o gráfico apresentado na figura 29 demonstra o peso ganho pelos frascos contendo a sílica e os filmes de pectina e quitosana.

**Figura 29.** TVA dos filmes de quitosana e pectina comercial.





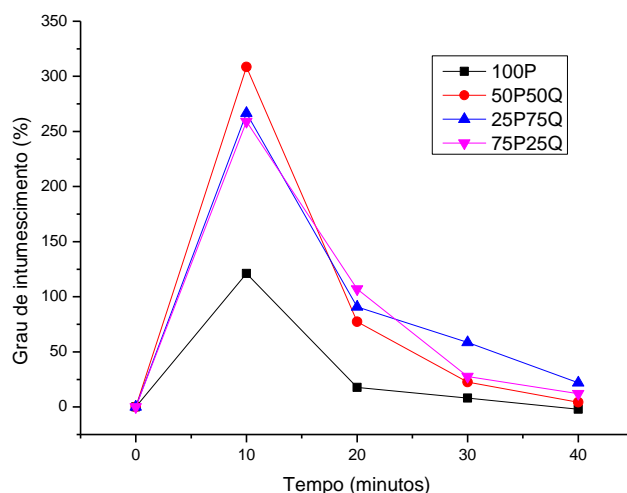
**Fonte:** a autora

O ensaio de transmissão de vapor de água infere sobre o quão oclusivo ou permeável é o material utilizado. Para o tratamento de feridas é interessante que o material permita a passagem do vapor de água, pois a oclusão exagerada da lesão pode acarretar em fatores prejudiciais a cicatrização: o aumento da pressão no local da lesão, que acarretará no extravasamento de líquido pelas bordas do curativo, maceração do tecido lesado e desconforto para o paciente, elevação do curativo nas extremidades expondo as bordas da ferida e possibilitando o acesso de microrganismos à lesão (QUEEN *et.al.*,1987 *apud* MARTINS (2017)).

Ao analisar o gráfico, pode-se observar que o filme 50P50Q foi o que apresentou menor aumento de peso, funcionando assim como barreira ao vapor de água, esta formulação também apresentou maior rigidez entre os filmes de pectina e quitosana no teste de tração. Segundo Kester e Fennema (1986), fatores como concentração de plastificante, morfologia dos filmes, características das moléculas permanentes, interações entre as cadeias poliméricas e grau de reticulação podem afetar na permeabilidade ao vapor de água de filmes de polímeros biodegradáveis. Corroborando com o ensaio de tração, o filme 50P50Q apresentou menor taxa de transmissão de vapor de água.

Além de permitir a passagem de água um curativo deve ter boa capacidade de intumescimento, pois isto permite a absorção do excesso do exsudato da ferida. Para saber como os filmes se comportaram neste sentido, foi realizado o teste de grau de intumescimento, apresentado na Figura 30.

**Figura 30.** Grau de intumescimento dos filmes de pectina e quitosana sem extrato



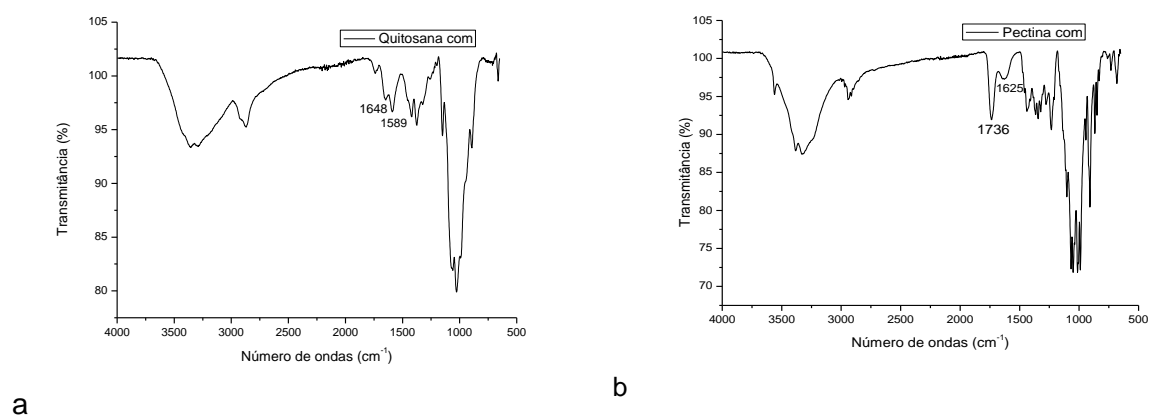
**Fonte:** a autora

As amostras apresentaram maior intumescimento nos primeiros 10 minutos quando seus pesos aumentaram de 121% para o filme de pectina puro a 308% para o filme 50P50Q, nesta formulação houve aumento do intumescimento alto nos primeiros 10 minutos (308%), porém após 20 minutos, foi o que apresentou menor capacidade de intumescimento (77%) com relação aos demais filmes com pectina e quitosana. O filme 75P25Q após 20 minutos foi o que apresentou maior capacidade de absorção de água, aumentando seu peso em 107%. Decorridos os 40 minutos o filme 25P75Q havia aumentado seu peso em 12%, indicando que a saturação total do filme ainda não havia sido atingida. Os filmes mantiveram-se íntegros no ensaio de intumescimento, isto é desejável na formulação de curativos, pois seriam capazes de manter úmido o leito da ferida absorvendo o excesso de exsudato. Assim como no ensaio de TVA o filme 25P75Q apresentou bons resultados e boa capacidade de intumescimento, provavelmente pela quantidade alta de grupos hidroxilas e amina na cadeia polimérica da quitosana, proporcionando uma capacidade hidrofílica alta no filme com maior concentração desta.

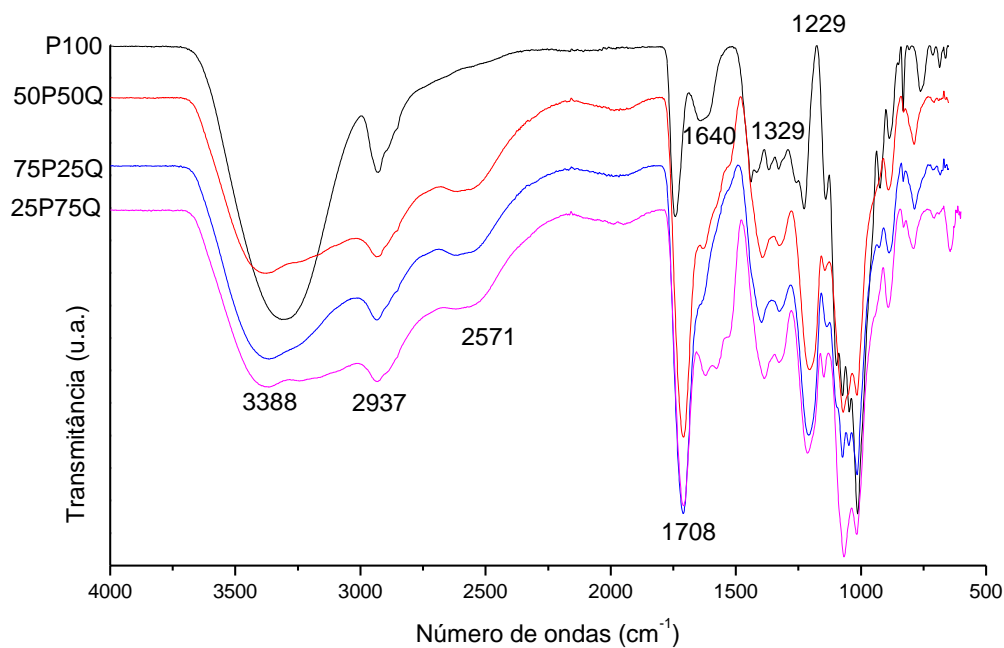
### 5.3.1.3. Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR)

Para avaliar as interações entre os polímeros pectina e quitosana, realizou-se a análise de FTIR (Figura 32). As Figuras 31 a e b apresentam o FTIR dos polímeros quitosana e pectina respectivamente.

**Figura 31.** FTIR dos polímeros pectina e quitosana. Módulo de Refletância Total Atenuada (ATR), 25 °C, região de 650 a 4000  $\text{cm}^{-1}$



**Figura 32.** FTIR das blendas.



Fonte: a autora

No gráfico referente aos polímeros (Figuras 31 a, b), nas regiões entre 3400 e 3450  $\text{cm}^{-1}$ , pode-se observar bandas referentes -OH e em 2900 $\text{cm}^{-1}$  referente aos estiramentos de carbonos alifáticos, estas estruturas estão presentes nos polímeros pectina e quitosana. No espectro da pectina (Figura 31 b) em 1736 é possível observar uma banda referente ao grupo metil-éster ( $\text{COOH}_3$ ) e ácido carboxílico não dissociado, em 1625, uma banda referente à vibração de alongamento do grupo carbonila e íon carboxilato (COIMBRA et. al., 2011). No gráfico referente ao espectro da quitosana, observa-se uma banda em 1648  $\text{cm}^{-1}$ , ela se refere à vibração de estiramento  $\text{C}=\text{O}$  do grupo amida das unidades acetiladas. Outra banda, esta em 1589  $\text{cm}^{-1}$  é o resultado da sobreposição da amida e a vibração de flexão N-H (MACIEL, 2015).

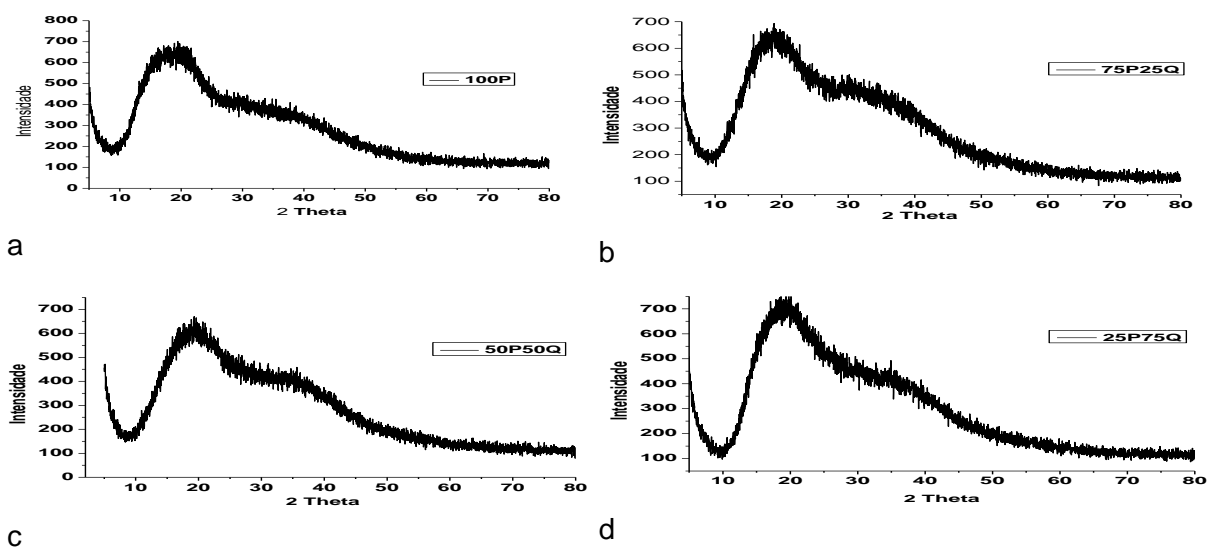
Mudanças podem ser observadas nos espectros dos filmes (Figura 32) em relação aos espectros dos polímeros puros, estas modificações podem ser observadas entre os comprimentos 1800 e 1600  $\text{cm}^{-1}$  as alterações observadas nessa região do espectro, segundo Maciel (2015), pode ser resultado da interação entre os grupos amino e carboxílico através da formação de ligações iônicas.

Os espectros mostram interação química entre os polímeros, sendo que o filme 25P75Q apresenta bandas com alteração mais pronunciada na região entre os comprimentos de onda 1628 e 1521  $\text{cm}^{-1}$ , segundo Maciel (2015), nesta região há uma alteração no grupo amina por sua interação com a pectina.

#### **5.3.1.4. Difração de raio x - DRX**

A cristalização e a fase cristalina dos filmes formulados a partir da pectina comercial e quitosana foram verificadas por difração de raios-X (Figura 33 a, b, c, d,e).

**Figura 33.** Difratogramas de raios-X dos filmes obtidos para as diferentes porcentagens de pectina e quitosana: 100P (a), 75P25Q (b), 50P50Q, (c) 25P75Q (d).



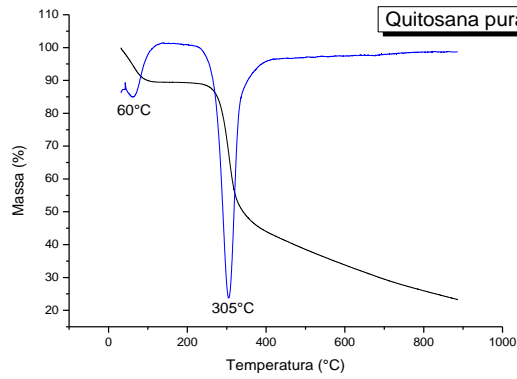
**Fonte:** a autora

Todos os filmes apresentam características amorfas, não tendo uma mudança visível nos difratogramas. A característica amorfa confere maior flexibilidade nos filmes, pois nesse arranjo as cadeias estão mais “frouxas”.

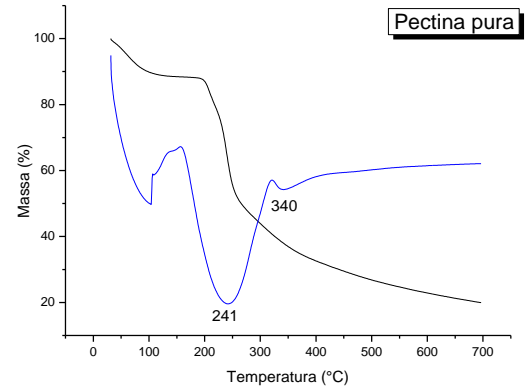
#### 5.3.1.5. Termogravimetria - TGA

As propriedades térmicas da pectina e quitosana, bem como dos filmes formulados a partir destes polímeros podem ser verificadas pela análise de TGA (Figura 34 a, b).

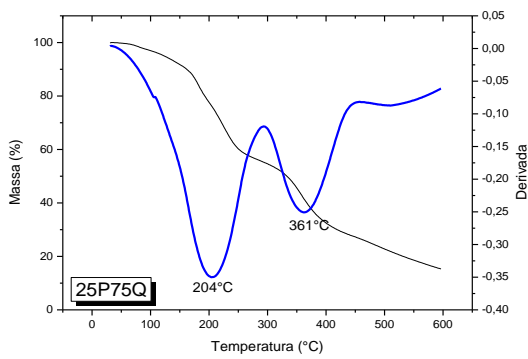
**Figura 34.** Curvas termogravimétricas (TGA) e registros das derivadas das curvas de decomposição dos polímeros puros: a (pectina pura) e b (quitosana pura) TGA das blends poliméricas (c: 75P25Q; d:75P25Q; e:50P50Q)



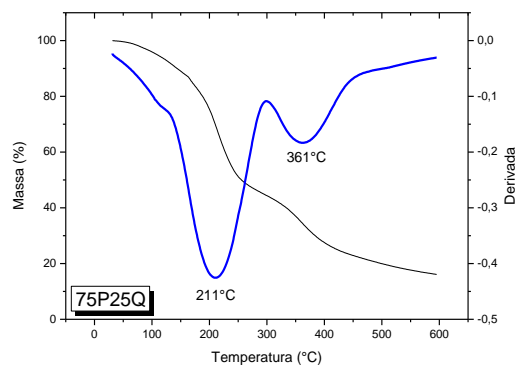
a



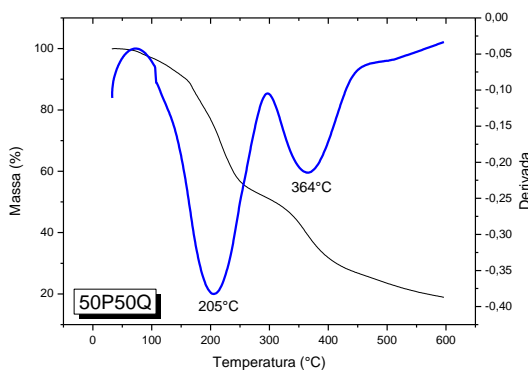
b



c



d



e

Fonte: a autora

Pode-se observar que tanto a quitosana, quanto a pectina pura apresentaram

um evento entre 60 e 100°C, que correspondem a perda de água e de compostos voláteis (MACHADO, 2019). O segundo evento é referente a degradação das cadeias do polímero e está entre 305 para quitosana (Figura 34a) e 240 para a pectina (Figura 34b). Um terceiro evento ocorre para a pectina pura em 340°C e está relacionado a etapa oxidativa da amostra (SOUSA 2015).

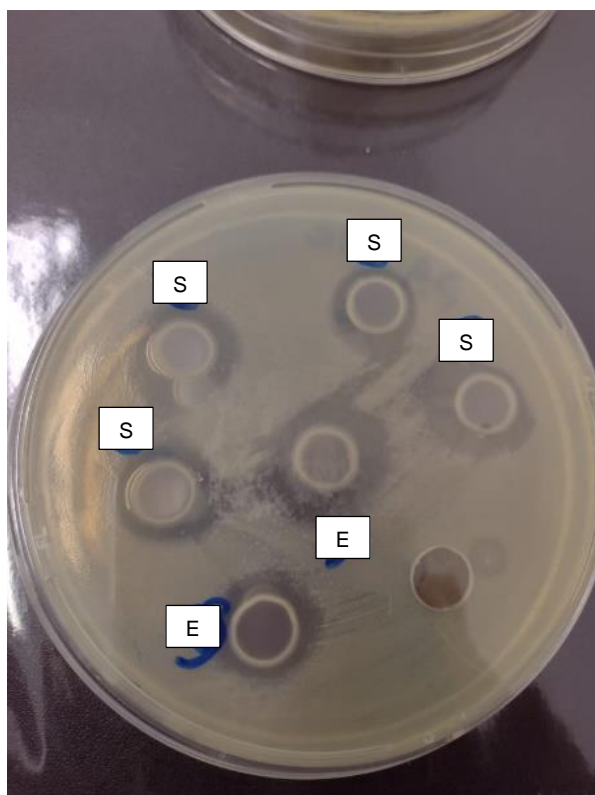
Para os filmes (Figuras 34 c,d,e) pode-se observar dois eventos de degradação bem definidos, um entre 204 e 211°C, nesta etapa houve a diminuição da temperatura de degradação em relação aos polímeros puros indicando que nos filmes a resistência térmica é menor.

Analisados os resultados dos testes realizados nos filmes P100, 75P25Q, 50P50Q e 25P75Q, bem como as características macroscópicas, decidiu-se trabalhar com a proporção 25P75Q de pectina e quitosana para o desenvolvimento do filme com a pectina extraída do bagaço inteiro de laranja (PAFV) incorporado com extrato vegetal.

#### **5.3.1.6. Teste de difusão em poço de ágar**

Para avaliar a capacidade antimicrobiana da formulação escolhida com e sem o extrato de *Jatropha multifida*, foi realizado o teste de difusão em poço no ágar, que foi feito pela perfuração do ágar inoculado com *Pseudomonas aeruginosae* e deposição da solução filmogênica 25P75Q com pectina comercial e extrato na concentração de 1.000µ/mL (Figura 34).

**Figura 35.** Poços com solução filmogênica 25P75Q com extrato (E) ou sem extrato (S) em placa de ágar TSA inoculada com *Pseudomonas aeruginosa*



**Fonte:** a autora

Os halos observados apresentaram uma média de  $11\pm 1,15$  mm e  $13\pm 1,15$  mm sem diferença estatística para as soluções com ou sem extrato. Este resultado sugere que a inibição observada foi conferida pela quitosana presente na solução e não pelo extrato da planta. Apesar deste resultado, a *Jatropha multifida* apresentou ação para *P. Aeruginosa* quando testado separadamente, além disso a planta pode apresentar outras propriedades desejadas no auxílio à cicatrização de feridas como: antioxidante, anti-inflamatória, analgésica, dentre outras.

A infecção microbiana é a provavelmente a causa mais comum no retardo da cicatrização de feridas segundo Tazima et.al. (2008), e a depender do tipo e da contagem de microrganismos, a cicatrização torna-se ainda mais complicada. O tratamento das feridas infectadas ainda é um desafio para os profissionais de saúde (OLIVEIRA, 2019). Neste sentido pesquisa de um curativo polimérico naturalmente antimicrobiano para o tratamento de feridas é importante.

Após observar a potencialidade antimicrobiana do filme contendo a pectina comercial e o extrato, foram feitos os filmes a base de pectina extraída.

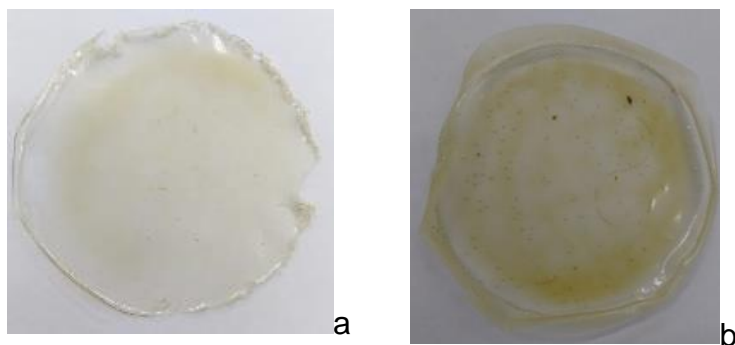


### 5.3.2. Filmes com pectina extraída (AFV)

Para a produção dos filmes a partir da pectina extraída – PAFV utilizou-se as proporções de 25% de pectina e 75% de quitosana, definidas anteriormente com a pectina comercial. A pectina escolhida PAFV, apresentou maior semelhança com a pectina comercial e possibilitou a utilização do bagaço inteiro sem a necessidade de separação dos constituintes. Para o desenvolvimento do filme, foi necessário a utilização de 2% de polímeros nesta etapa do trabalho para que se evitasse a formação de grumos na solução filmogênica.

A Figura 36 apresenta os filmes obtidos com a pectina extraída do bagaço da laranja na ausência (a) e na presença do extrato obtido (b). Este estudo avalia a possibilidade de obtenção dos filmes com a pectina extraída.

**Figura 36.** Imagem dos filmes de pectina extraída: a) na ausência do extrato; b) na presença do extrato contendo clorofila e c) na presença do extrato ausente de clorofila



**Fonte:** a autora.

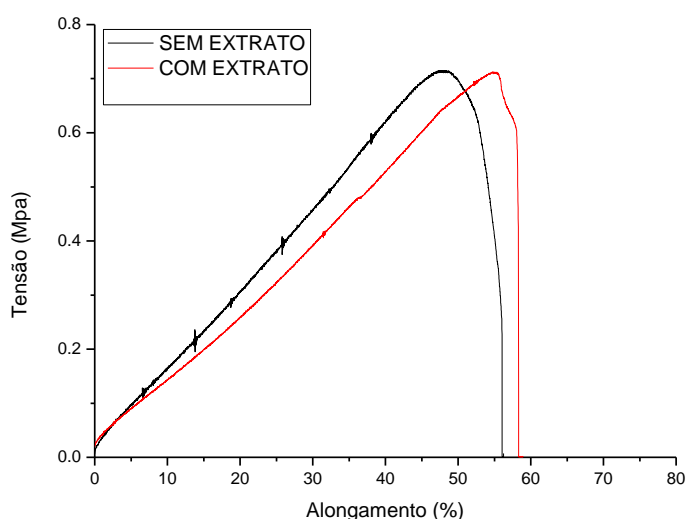
O filme obtido na ausência de extrato apresentou boa transparência e maleabilidade, aparentemente semelhante ao obtido pela pectina comercial. Após a inserção do extrato uma tonalidade um pouco mais escurecida foi observada. Ambos permaneceram com características macroscópicas semelhantes.

Nesta formulação foi utilizado o extrato sem clorofila, pois apresentou os mesmos componentes fitoquímicos que aquele com clorofila e possibilitou a formulação de um filme mais transparente livre da coloração verde características deste pigmento.

### 5.3.2.1 Análise mecânica

As análises mecânicas foram realizadas também para os filmes com a pectina extraída (PAFV). A Figura 37 mostra a análise mecânica obtida para os filmes de pectina e quitosana: A – pectina extraída do bagaço da laranja (PAFV) sem extrato (F1) e com extrato e sem clorofila (F2) na concentração de total de polímeros 2% (m/v).

**Figura 37.** Curvas representativas do comportamento de tensão versus deformação para os filmes de pectina e quitosana (25P75Q)



**Fonte:** a autora

Os filmes com e sem extrato vegetal apresentaram perfil semelhante, sugerindo que a presença do extrato afeta pouco nas características mecânicas dos filmes, pois a tensão na ruptura e Modulo de Young (0,1Mpa) foram o mesmo para ambos, mudando apenas a porcentagem de alongamento de 56 no filme sem extrato para 58 no filme com extrato.

### 5.3.2.2. Espessura, TVA e grau de intmescimento

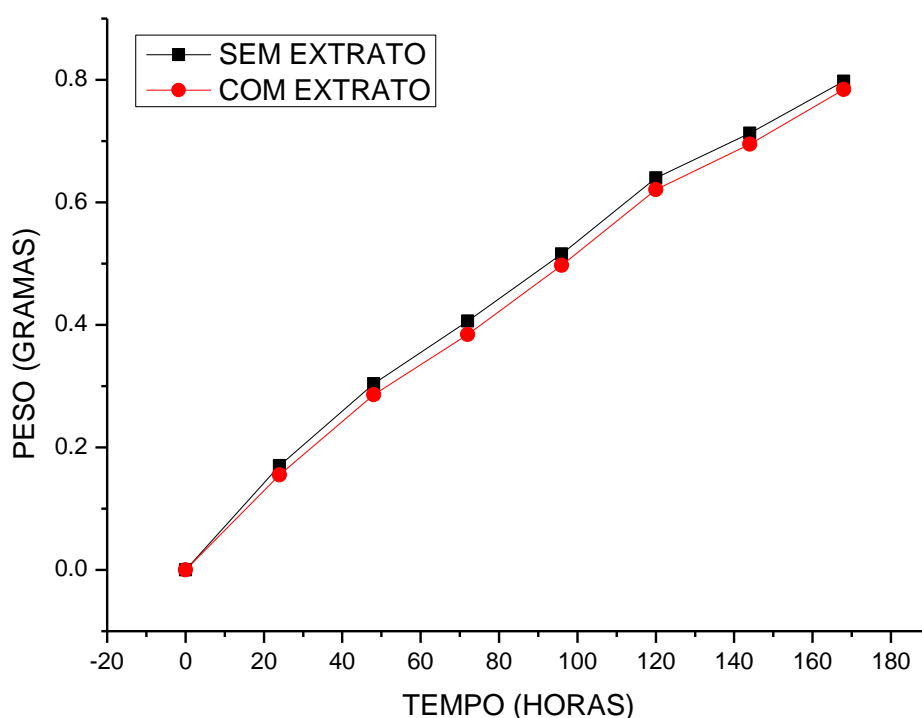
A espessura dos filmes obtidos para o filme com e sem o extrato foram 0,70 e 0,40, respectivamente.

O filme com extrato apresentou maior espessura conforme já era esperado, pois a adição do extrato aumenta a concentração de soluto da solução filmogênica.

Na análise de TVA (transmissão de vapor de água), o filme sem extrato

apresentou 14,87 g/h.m<sup>2</sup> e o com extrato 14,71 g/h.m<sup>2</sup>. Esses valores mostram que ambos os filmes apresentaram valores de TVA maiores que aqueles apresentados nos filmes desenvolvidos a partir da pectina comercial, indicando que a porcentagem de polímeros afetou na quantidade de vapor de água que passa pelo filme, como esperado. Além disso, os resultados indicam que a presença do extrato não interferiu nos valores de TVA. A figura 38 refere-se à evolução do peso dos frascos com a amostra,

**Figura 38.** Curva de TVA dos filmes 25P75Q com pectina AFV mostrando o peso ganho (g) dos frascos com sílica e filme.



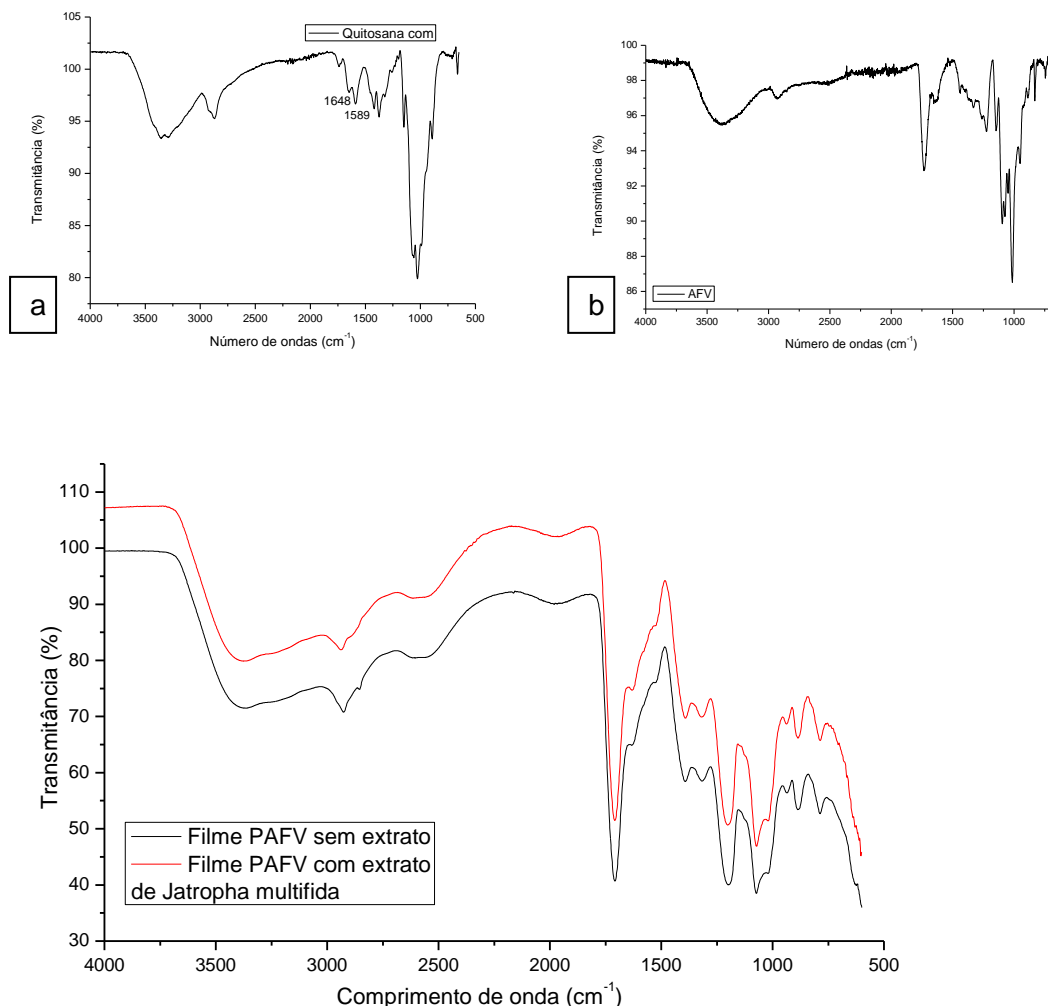
**Fonte:** a autora

A realização da análise de grau de intumescimento não foi possível porque os filmes dissolveram-se antes da primeira pesagem. Este resultado sugere a necessidade de reticulação para os filmes formulados com a pectina PAFV.

### 5.3.2.3. FTIR dos filmes PAFV e extrato

As figuras 39 a, b, c apresentam os espectros dos polímeros puros e dos filmes desenvolvidos com a pectina do albedo, flavedo e vesículas de suco.

**Figura 39.** FTIR dos polímeros puros e dos filmes com PAFV



Fonte: a autora

Os filmes formulados com a pectina extraída apresentaram bandas semelhantes aquelas dos filmes feitos a partir da pectina comercial não apresentando diferença para o filme com extrato. Maciel (2015) encontrou resultado semelhante quando incorporou o composto bioativo antocianina (um tipo de flavonoide) em membrana de pectina e quitosana, o autor concluiu que as interações eletrostáticas entre o filme e o composto fitoquímico não teriam sido significativas, logo, a antocianina poderia estar incorporada ao filme porém sem interações químicas que pudessem alterar as características vibracionais dos espectros. Algo parecido pode ter ocorrido no presente estudo com o extrato de *Jatropha multifida*.

O filme formulado com a pectina extraída apresentou boas características macroscópicas, boa capacidade de transmissão de vapor de água, e boa interação

química entre os polímeros. Suas características mecânicas, bem como a capacidade de intumescimento, porém, foram drasticamente reduzidas, quando comparadas com os filmes formulados a partir da pectina comercial, algum tipo de reticulação seria interessante para suprir este quesito nesta formulação.

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho desenvolveu-se um filme biodegradável de pectina e quitosana com extrato etanólico das folhas de *Jatropha multifida*. A prospecção fitoquímica do extrato por cromatografia em camada delgada, sugere a presença de taninos, flavonóides, terpenos e alcalóides, tanto no extrato sem clorofila como no extrato com clorofila. Os extratos foram efetivos na inibição de *P. Aeruginosa*.

As pectinas extraídas apresentaram baixo grau de esterificação e o maior rendimento foi para aquela extraída do albedo. Ambas as pectinas comportaram-se de forma semelhante nas análises de espectroscopia e termicas, possibilitando o uso da pectina extraída do bagaço inteiro.

A princípio foram desenvolvidos filmes com diferentes proporções de pectina comercial e quitosana e pelas análises de FTIR verificou-se a interação dos polímeros em todas as formulações, as análises mecânicas comprovaram que filmes com 25% de pectina e 75% de quitosana apresentam boas propriedades de alongamento, além da taxa de transmissão de vapor de água, capacidade de absorção, sendo então o escolhido para desenvolvimento de filmes com a pectina extraída.

Os filmes obtidos a partir da pectina extraída do albedo/flavedo/vesículas de suco e extrato de *Jatropha multifida* apresentou boa permeabilidade ao vapor de água, maleabilidade, e boas características visuais e táteis, porém dissolveu-se no ensaio de grau de intumescimento, sendo necessária a reticulação. Além disso apresentaram capacidade inibitória para *Pseudomonas aeruginosa*.

Futuramente espera-se isolar os componentes do extrato de *Jatropha multifida*, identificando aqueles relacionados as ações antimicrobiana, antiinflamatória, analgésica e cicatrizante. O curativo deve ser aprimorado para que a interação entre o extrato e os polímeros seja melhorada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGALE, S. V. Chronic Leg Ulcers: Epidemiology, Aetiopathogenesis, and Management. **Ulcers**, Londres, v. 2013, n. 1, p. 1-10, abr./2013.

ANANI K, ADJRAH Y, AMÉYAPOH Y, KAROU SD, AGBONON A, DE SOUZA C, GBEASSOR M. Antimicrobial, Anti-inflammatory and Antioxidant Activities of *Jatropha multifida* L. (Euphorbiaceae). **Pharmacognosy Research**, Karnataka, v. 8, n. 2, p. 1-6, abr.- jun./2016.

ASEVEDO, Estéfani Alves. Elaboração de cobertura filmogênica à base de pectina extraída da casca do cajá para revestimento em frutas. 2018. TCC - - Departamento de Engenharia Química - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.

BORJA, U. A; BERNAL, G. M.; GARCÍA, G. R; FLORES O. R.; BAZÚA, R.D.B. Adsorción de triazinas por quitosana obtenida de residuos de camarón empleando una mezcla de cloruro de calcio/metanol/agua como disolvente. **Info Analítica**, Ecuador, v. 8, n. 2, p. 181-205, jul./2020.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Manual de condutas para úlceras neurotróficas e traumáticas**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. 55 p.

Brasil, 2016. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. **Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos** . Brasília: Ministério da Saúde, 2016. 190 p.

BRASIL, MMA. Ministério do Meio Ambiente: Agenda Ambiental Urbana – Lixão Zero. Disponível em:< [https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/infograficos/infografico\\_panoramaresiduosFINAL.jpg](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/infograficos/infografico_panoramaresiduosFINAL.jpg)>. Acesso em: 10 jul. 2021.

BREMER. *et al.* Uma atualização da classificação do Angiosperm Phylogeny Group para as ordens e famílias de plantas com flores: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 162, n. 2, p. 105-121, out./2009.

BRISKIN, DP. Medicinal Plants and Phytomedicines. Linking Plant Biochemistry and Physiology to Human Health. **Plant Physiology**, v. 124, n. 2, p. 507-514, out./2000.

CANTERI, M. H. G. *et al.* Pectina: da matéria-prima ao produto final. **Polímeros**, v. 22, n. 2, p. 149–157, abr./2012.

CAVALCANTE N. B., SANTOS, A. D. C.; ALMEIDA, J. R G. S. The genus *Jatropha* (Euphorbiaceae): A review on secondary chemical metabolites and biological aspects. **Chemico-Biological Interactions**, v. 318, fev./2020.

CHAIDEDGUMJORN, A., SOTANAPHUN U., KITCHAROEN N., ASAVAPICHAYONT, P., SATIRAPHAN, M., SRIAMORNSAK, P. Pectins from *Citrus maxima*. **Pharmaceutical Biology**, v.47 n. 6, p. 521-526, jun. 2009.

CHEN, P.H. *et.al.* Novel chitosan–pectin composite membranes with enhanced strength, hydrophilicity and controllable disintegration. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, n.4, p.1236-1242, nov./2010.

CIULIK, C. B. **Correlações entre arquiteturas moleculares e propriedades de sistemas poliméricos contendo quitosana e poli(ácido dl-lático)**. Dissertação (mestrado). 2014. Departamento de Química - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Curitiba.

COIMBRA, P.; FERREIRA, P.; SOUSA, H.C.; BATISTA, P.; RODRIGUES, M.A.; CORREIA, I.J.; GIL, M.H. Preparation and chemical and biological characterization of a pectin/chitosan polyelectrolyte complex scaffold for possible bone tissue engineering applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v, 48, p. 112-118, jan./2011.

COOK, N.C., SAMMANS S. Flavonoids - Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.7, n.02, p. 66-76, fev./1996.

CONCEIÇÃO, M. M. *et al.* O plástico como vilão do meio ambiente. **Revista Geociências**, Guarulhos - SP, v. 18, n. 1, p. 50-53, jan./2019.

COSTA SILVA, H. S. R.; SANTOS, K. S. C. R. DOS; FERREIRA, E. I. Quitosana: Derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 776–785, jul./2006.

COSTA, T. L. E. **Desenvolvimento e caracterização de filmes e blendas poliméricas de quitosana, pectina e fécula de mandioca para revestimento em frutos**. 2018. Dissertação de mestrado Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

EINHORN-STOLL, U.; KUNZEK, H.; DONGOWSKI, G. Análise térmica de pectinas modificadas quimicamente e mecanicamente. **Food Hydrocolloids**, v.21, n. 7, p.1101-1112, out./2007.

FALCONE, D. M. B; AGNELLI, J. A. M. Panorama Setorial e Perspectivas na Área de Polímeros Biodegradáveis. **Polímeros**, São Paulo, v. 17, n. 01, p. 5-9, jan./2007.

FALODUN, A. *et.al.* Isolation of antileishmanial, antimalarial and antimicrobial metabolites from *Jatropha multifida*. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 4, n. 5, p. 374-378, mai./2014.

FELIPE, L. O. *et al.* Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 2, p. 120-130, mai./2017.

FILHO, J. L. P. *et. al.* Estudo morfoanatômico e prospecção fitoquímica de *Jatropha*



*multifida* L. **Research, Society and Development**, v. 9, n.9, ago./2020.

FITRIA, A. The Bactericidal and Antibiofilm Activity of Stem Bark of *Jatropha multifida* L. Against *Staphylococcus aureus* and MRSA. **Journal of Science and Data Analysis**, Indonésia, v. 18, 1 ed., p. 42-55, fev./2018.

FRANYOTO, Y. D.; KUSMITA, L.; MUTMAINAH; ANGRENA, R. D. Total flavonoid content and formulation antioxidant cream stem of *jatropha multifida* l. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1025, p. 1-6, 2018.

FREITAS, Veronica Santana de. **Desenvolvimento e Avaliação da Eficiência de um Bioadesivo Contendo Extrato de *Spilanthes Acmella* L. Murray Para Administração Oral como Anestésico Tópico**. 2014. Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. PIRACICABA.

FLORA DO BRASIL. **Jatropha Multifida**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/PrincipalUC/PrincipalUC.do> . Acesso em: 4 dez. 2020.

GALLO, M.B.C., SARACHINE, M.J. Biological activities of lupeol. **International journal of biomedical and pharmaceutical sciences**, v.3, n.1, pág. 46-66, 2009.

GANI, B. A. *et al.* Potential of *Jatropha multifida* sap against traumatic ulcer. **Dental Journal**, Indonésia, v. 48, n. 3, p. 119-125, set./2015.

GONÇALVES, D.M.; ARAÚJO, J.H.B.; FRANCISCO, M.S.; COELHO, M.A.; FRANCO, J.M. Avaliação da atividade antimicrobiana in vitro do extrato de *Tabernaemontana catharinensis* A. DC. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 13, n. 2, ago./2011.

GROSS, R. A.; KALRA, B. Biodegradable polymers for the environment. (Viewpoint).. **Science**, EUA, v. 297, n. 5582, p. 803-807, ago./2002.

HIROTA, B.C.K *et al.* C-glicosil flavonas e um estudo comparativo do potencial antioxidante, hemolítico e tóxico de folhas e cascas de *Jatropha multifida*. **International Journal of Phytomedicine** , v. 4, n. 1, pág. 1-5, 2012.

IBARRA, M. R. *et al.* Chemical and Anti-tubercular Screening on the Leaves of *Jatropha multifida* Linn. **Pure and applied biology**, Paquistão, v. 2, n. 1, p. 32-36, mar./2013.

IBGE – Indicadores de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro : IBGE, 2015.

*Jatropha* in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br> >. Acesso em: 27 jun 2020.

JAYAKUMAR, R. *et al.* Biomaterials based on chitin and chitosan in wound dressing applications. **Biotechnology Advances**, v. 29, n. 3, p. 322–337, jan./2011.

JUNIOR, E. H. Aspectos Históricos sobre o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia de Polímeros. **Polímeros**, São Carlos, v. 8, n. 2, p. 1-4, jun./1998.

KALAPATHY, U., PROCTOR, A. Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. **Food Chemistry**. v 73, n.4, p.393-396, jun./2001.

KESTER, J.J.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. *Food Technology*, v.40, n.12, p. 47-59, 1986.

KLIEMANN, Erika. **Extração e caracterização da pectina da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*)**. 2006. Dissertação (mestrado) - Ciência dos Alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

KUMAR, B.A.V.; VARADARAJ, M.C.; THARANATHAN, R.N.; Low Molecular Weight Chitosan Preparation with the Aid of Pepsin, Characterization, and Its Bactericidal Activity. **Biomacromolecules**, V.8, n.2, p.566-572, jan./2007

LEACH, Melissa. **World Social Science Report: 2016 | Challenging Inequalities: Pathways to a Just World** UNESCO . 1. Ed. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2016. P. 132-135.

LEMONS, A. S. de O.; OLIVEIRA N. N. T.; NETTO, L. L.; REIS, S. E.; MEDEIROS, V. P.; FABRI, R. L.; MOREIRA, L. C. Chemical and cytotoxic profile evaluation of *Jatropha multifida* L. (Euphorbiaceae). **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.7, n.10, p. 94971-94984, out./2021

LIMA, M.S. **Isolamento da pectina em frutos e sua caracterização por espectroscopia de infravermelho**. 2007. Dissertação (mestrado) Departamento de Nutrição – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

LONG, J. *et al.* A 3D printed chitosan-pectin hydrogel wound dressing for lidocaine hydrochloride delivery. **Materials Science & Engineering C**, v. 104, n. 2, p. 1-9, jun./2019.

LOPEZ, A. M. (org). *Botânica no Inverno 2013*. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2012.

MACHADO, Bruno Rafael. **Desenvolvimento de filmes de pectina/quitosana/glicerol para produção de embalagens biodegradáveis para alimentos**. 2019. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019.

MAIA, L.H.; PORTE, A.; SOUZA, V. F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. *Boletim do CEPPA*, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 105-128, 2000.

MARTINS, T. **Desenvolvimento e caracterização de matrizes compósitas tridimensionais flexíveis de quitosana/vidro bioativo para aplicação potencial no tratamento e regeneração de lesões cutâneas**. 2017. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

MELLO, J. P. C.; SANTOS, S. C. Em **Farmacognosia: da planta ao medicamento**; Simões, C. M. O.; Schenckel, E. P., orgs.; Ed. UFSC: Porto Alegre; 3ª ed., 2001

MENDES, R. M. B. **Obtenção e caracterização de biofilmes à base dos polímeros naturais: pectina e goma do cajueiro com perspectivas de uso em processos de cicatrização**. [s.l.] Universidade Federal do Piauí, 2013.

MOURA, C. M. D. *et al.* Quitina e quitosana produzidas a partir de resíduos de camarão e siri: avaliação do processo em escala piloto. **VETOR - Revista De Ciências Exatas E Engenharias**, Rio Grande do Sul, v. 16, n. 1, p. 37-45, dez./2006.

NWOKOCHA *et al.* Comparative Phytochemical Screening of Jatropha L. Species in the Niger Delta. **Research Journal of Phytochemistry**, v. 5, n. 2, p. 107-114, jul./2011.

OLIVEIRA, A. C. D. *et al.* Qualidade de vida de pessoas com feridas crônicas. **Acta Paul Enfermagem**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 194-201, mar./2019.

OLIVEIRA, F. T. *et.al.* Microrganismos e resistência antimicrobiana em feridas complexas. *Research, Society and Development*, v. 10, n.2, p.1-9, 2021.

OLIVEIRA, F.M.; JÚNIOR, E.S. C. Estudo do grau de intumescimento e degradação de filmes de quitosana quimicamente reticulados com ácido adípico. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 21, 2014, Cuiabá-MT. Anais eletrônicos. Disponível em:< <http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/408-026.pdf>. Acesso em: 19 set./2021.

OLIVEIRA, M.; BARRETO, A.; JÚNIOR, L.Q.; GUIMARÃES, A. Aplicação de terpenos como agentes analgésicos: uma prospecção tecnológica. **REVISTA GEINTEC-GESTAO INOVACAO E TECNOLOGIAS**, v. 4, n.4, p. 1292-1298, 2014.

PAGÁN, J. *et al.* Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace. **Food Research International**, v. 34, n. 7, p. 605-612, dez./2001.

PALAMIN, T. F. N. **Feridas crônicas, saber popular e práticas integrativas: revisão sistemática**. 2018. Dissertação (mestrado) “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade De Medicina - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

PARK, H. *et al.* Complex Wounds and Their Management. **Surgical Clinics of North America**, v. 90, n. 6, p. 1181–1194, dez./2010.

RODRIGUES, H. G. A; SIQUEIRA, A. C. P. D; SANTANA, L. C. L. D. A. Application of

edible coatings based on chitosan and cassava starch incorporated with tamarind seed extract in the preservation of guavas. **Research, Society and Development**, Sergipe, v. 9, n. 6, p. 1-25, abr./2020.

ROSENDO, R. A. *et al.* Estruturas de quitosana utilizadas para regeneração óssea in vivo: uma revisão da literatura. **Research Society and Development**, Campina Grande, v. 9, n. 7, p. 1-16, jun./2020.

SABANDAR, C. W. *et al.* Medicinal property, phytochemistry and pharmacology of several *Jatropha* species (Euphorbiaceae): A review. **Phytochemistry**, v. 85, n. 20013, p. 7-29, jan./2013.

SANTOS, D.S.; RODRIGUES, M. M. F. Atividades farmacológicas dos flavonoides: um estudo de revisão. **Estação Científica (UNIFAP)**, v. 7, n. 3, p. 29-35, set./dez. 2017.

SILVA, A. L. B. B.; SILVA, E. O. **Conhecendo materiais poliméricos**. Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de ciências Exatas e da Terra. Departamento de Física. 2003.

SILVER, F.H.; FREEMAN, J.W.; DEVORE, D. Viscoelastic proprieties of human skin and processed dermis. **Skin. Res. Technol.**, v.1, n.7, p. 18-23, fev./2001.

SISAY, Mekonnen; WORKU, Teshager; EDESSA, Dumessa. Microbial epidemiology and antimicrobial resistance patterns of wound infection in Ethiopia: a meta-analysis of laboratory-based cross-sectional studies. **BMC Pharmacol Toxicol**, Reino Unido, v. 20, n. 1, p. 1-19, mai./2019.

SMANIOTTO, P. H. D. S. *et al.* Sistematização de curativos para o tratamento clínico das feridas. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 623-626, jan./2012.

SOHN, Y. J. *et al.* Recent Advances in Sustainable Plastic Upcycling and Biopolymers. **Biotechnology Journal**, Coreia, v. 15, n. 6, p. 1-16, mar./2020.

SOUSA, André Luiz Nascimento de. **Extração, caracterização e modificação química da pectina do melão caipira (*Cucumis melo* var. *acidulus*)**. 2015. 67 f. Dissertação (Mestrado em química)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2015.

Oliveira-Tavares, N. N.; Lemos, A. S. O; Pereira, A. P. O.; Fabri, R. L.; Chedier, L. M. Atividade Antifúngica do Látex de *Jatropha multifida* L. (Euphorbiaceae) e de Lupenona isolada de suas Folhas. **Revista Virtual Química**, v. 11, n.5, p. 1579-1590, 2019.

ORÉFICE, R. L.; VILLANOVA, J. C. O.; CUNHA, A. S. Aplicações Farmacêuticas de Polímeros. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 20, n. 1, p. 51-64, 2010.

TAZIMA, M. D. F. G. S; VICENTE, Y. A. D. M. V. A; MORIYA, Takachi. Biologia da ferida e cicatrização Medicina. **Medicina (Ribeirao Preto)**, São Paulo, v. 41, n. 3, p.

259-264, set./2008.

TROVATTI, E. *et al.* Biopolímeros: aplicações farmacêutica e biomédica . **Eclética Química Journal**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 1-31, jan./2016.

TUMMALAPALLI, M., BERTHET, M., VERRIER, B., DEOPURA, B., AIAM, M.S., GUPTA, B. Composite Wound Dressings of Pectin and Gelatin with Aloe vera and Curcumin as Bioactive Agents. **International journal of biological macromolecules**. V.82. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.10.087. nov/2015. Disponível em:< [https://www.researchgate.net/publication/283493006 Composite Wound Dressings of Pectin and Gelatin with Aloe vera and Curcumin as Bioactive Agents](https://www.researchgate.net/publication/283493006_Composite_Wound_Dressings_of_Pectin_and_Gelatin_with_Aloe_vera_and_Curcumin_as_Bioactive_Agents)>. Acesso em: 10/07/2021.

VALDIVIESO-VALERO, Manuel Fernando; ORTEGÓN, Yamileth; USATEGUI, Yomaira. BIOPOLÍMEROS: AVANCES Y PERSPECTIVAS. **DYNA**, Medellín - Colombia, v. 80, n. 181, p. 171-180, out./2013.

VINCKEN, J. *et al.* If Homogalacturonan Were a Side Chain of Rhamnogalacturonan I. Implications for Cell Wall Architecture. **Plant Physiology**, v. 132, n. 4, p. 1781-1789, ago./2003.

VORAGEN, A. G. J. *et al.* Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. **Structural Chemistry**, v. 20, n. 2, p. 263-275, mar./2009.

WILLATS, William Gt; KNOX, J. Paul; MIKKELSEN, Jørn Dalgaard. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 3, p. 97-104, mar./2006.

YAMANE, Lais Thiemi. **Avaliação de formulações tópicas contendo extrato etanólico de *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen (jambu), associado a óleo essencial de *Achyrocline satureioides* Lam (macela)**. 2016. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas, Campinas, SP.

ZANELLA, K. Extração da pectina da casca da laranja pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck) com solução diluída de ácido cítrico. 2013. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP.

Zhang, J.S.; Zhang, Y.; Li, Shen; Ahmed, A.; Tang, G.H.; Yin, S. Cytotoxic macrocyclic diterpenoids from *Jatropha multifida*. **Bioorganic Chemistry**, v.80, p. 511-518, 2018.