

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULA SOUZA

Alanis Matos Carvalho Alcantara
Ana Gabriely de Souza
Gabriela Nunes Caetano
Gercina Helena Pena Gomes

DESENVOLVIMENTO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DA PECTINA
EXTRAÍDA DO BAGAÇO DO LIMÃO TAHITI (*Citrus latifolia*) COM
ADIÇÃO DE FIBRA DE COCO

Fernandópolis
2024

Alanis Matos Carvalho Alcantara
Ana Gabriely de Souza
Gabriela Nunes Caetano
Gercina Helena Pena Gomes

DESENVOLVIMENTO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DA PECTINA
EXTRAÍDA DO BAGAÇO DO LIMÃO TAHITI (*Citrus latifolia*) COM
ADIÇÃO DE FIBRA DE COCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para obtenção do
curso de Ensino Médio com **Habilitação
Profissional em Técnico em Química**, no
Eixo Tecnológico de **Produção Industrial**, à
Escola Técnica Estadual Professor Armando
José Farinazzo, sob orientação da Professora
Joelma Evelin Pereira Kume.

Fernandópolis
2024

Alanis Matos Carvalho Alcantara
Ana Gabriely de Souza
Gabriela Nunes Caetano
Gercina Helena Pena Gomes

DESENVOLVIMENTO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DA PECTINA
EXTRAÍDA DO BAGAÇO DO LIMÃO TAHITI (*Citrus latifolia*) COM
ADIÇÃO DE FIBRA DE COCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para obtenção do
curso de Ensino Médio com **Habilitação
Profissional em Técnico em Química**, no
Eixo Tecnológico de **Produção Industrial**, à
Escola Técnica Estadual Professor Armando
José Farinazzo, sob orientação da Professora
Joelma Evelin Pereira Kume.

Examinadores:

Joelma Evelin Pereira Kume

Valdete Aparecida Zanini Magalhães

Tais Batista Marino

Fernandópolis
2024

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a Deus e aos nossos familiares, que nos apoiaram nessa jornada de aprendizagem, estimulando-nos a buscar conhecimento e dando-nos forças.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus pela força, aos familiares pelo apoio, aos amigos pela motivação e aos professores e orientadores pela dedicação. Nossa gratidão a todos que tornaram essa conquista possível.

EPÍGRAFE

“Pra quem tem fé, a vida nunca tem fim”.
O Rappa.

DESENVOLVIMENTO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DA PECTINA EXTRAÍDA DO BAGAÇO DO LIMÃO TAHITI (*Citrus latifolia*) COM ADIÇÃO DE FIBRA DE COCO

Alanis Matos Carvalho Alcantara
Ana Gabriely de Souza
Gabriela Nunes Caetano
Gercina Helena Pena Gomes

RESUMO: O presente trabalho de conclusão de curso aborda o impacto ambiental do descarte inadequado de plásticos comuns e a necessidade de alternativas sustentáveis que reduzam danos à biodiversidade, ao solo e aos recursos hídricos. Propõe-se o desenvolvimento de um bioplástico biodegradável com pectina extraída do bagaço de limão Taiti e fibras de coco, visando reduzir a poluição ambiental e aproveitar resíduos agroindustriais. Assim, a pesquisa justifica-se pela relevância do tema de redução de plásticos não biodegradáveis, que ameaçam a saúde humana e o meio ambiente devido ao longo tempo de degradação. Além disso, o reaproveitamento de resíduos como limão e coco é uma abordagem inovadora alinhada aos princípios da economia circular. O objetivo principal foi desenvolver um bioplástico com propriedades estruturais e mecânicas adequadas, unindo flexibilidade, rigidez e eficiência na biodegradação. O método adotado foi experimental, realizado em laboratório, combinado com pesquisa bibliográfica. Com base no exposto, foram extraídas a pectina e as fibras de coco, e o desempenho do bioplástico foi avaliado por meio de quatro formulações: pectina em camadas finas e grossas, pectina com fibras trituradas e pectina com fibras emaranhadas. Testes de resistência térmica, mecânica, flexibilidade e degradação foram realizados para determinar o desempenho de cada amostra. Dessa forma, os resultados mostraram que a pectina isolada gera bioplásticos frágeis e pouco resistentes. Além disso, a adição de fibras trituradas aumentou a rigidez, mas comprometeu a flexibilidade, enquanto fibras emaranhadas resultaram em uma combinação equilibrada de propriedades estruturais e mecânicas. Concluiu-se que o bioplástico feito com pectina e fibras de coco emaranhadas é eficiente, sustentável e promissor para substituir plásticos convencionais em aplicações temporárias, contribuindo para soluções mais ecológicas no setor industrial.

Palavras-chaves: Bioplástico; *Citrus latifolia*; Degradação; Fibra de coco; Pectina; Sustentabilidade.

ABSTRACT: This final course project focuses on the increasing environmental impact caused by the improper disposal of conventional plastics and the need for sustainable alternatives to mitigate damage to biodiversity, soil, and water resources. This study, 7

proposes the development of a biodegradable bioplastic with pectin extracted from Tahitian lemon pomace and coconut fibers, with the aim of reducing environmental pollution and making use of agro-industrial waste. The research is therefore justified by the relevance of the issue of reducing non-biodegradable plastics, which threaten human health and the environment due to their long degradation time. In addition, the reuse of waste such as lemons and coconuts is an innovative approach in line with the principles of the circular economy. The main objective was to develop a bioplastic with suitable structural and mechanical properties, combining flexibility, rigidity and biodegradation efficiency. The method adopted was experimental in the laboratory, combined with bibliographical research. Based on the above, pectin and coconut fibers were extracted and the bioplastic was evaluated in four formulations: pectin in thin and thick layers, pectin with crushed fibers and pectin with tangled fibers. Tests of thermal and mechanical resistance, flexibility and degradation determined the performance of the samples. It was found that pectin alone generates fragile bioplastics. Furthermore, the addition of crushed fibers increased stiffness but compromised flexibility, while entangled fibers balanced the properties. It was concluded that bioplastic with pectin and entangled coconut fibers is efficient, sustainable and promising for replacing conventional plastics in temporary applications, contributing to more ecological solutions.

Keywords:; Bioplastic; *Citrus latifolia*; Degradation; Coconut fiber; Pectin; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de consumo adota uma direção linear em um plano finito, o que é inviável para o planeta Terra, visto que a exploração dos recursos disponíveis e o posterior descarte geram impactos para a sociedade atual e as gerações futuras. Apenas 1% do que é comprado pelos consumidores é utilizado por mais de 6 meses, enfatizando a crescente influência das indústrias e do comércio sobre as massas. É preciso adotar um novo paradigma para o século atual, e esse paradigma, padrão ou modelo se chama sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável (Salcedo, 2014).

Mediante a urgência ambiental crescente, o debate sobre o uso do plástico tem sido colocado em pauta, uma vez que, ao longo da história, os impactos gerados pela utilização incessante dessas embalagens não foram considerados relevantes para o crescimento e desenvolvimento social. Este pensamento se provou incorreto em razão das consequências do processo vinculado ao segmento de embalagens, cuja durabilidade efêmera está ligada ao consumo progressivo e à globalização. A indústria se coloca como um setor problemático desde a obtenção de matéria-prima, que está

envolvida na degradação ambiental, até a produção e fim da vida útil de produtos, responsável pela criação de resíduos tóxicos e gases poluentes (Hopewell et al., 2009, p. 2116)

Em vista de todas as problemáticas que o planeta Terra está enfrentando e com as complicações ambientais causadas pelos plásticos convencionais que vêm crescendo de forma desenfreada, busca-se cada vez mais por propostas sustentáveis para substituir os plásticos, diminuindo os danos causados ao meio ambiente (Geyer; Jambeck; Law, 2017, p. e1700782).

Nessa proposta de utilização de matéria orgânica na produção de plásticos biodegradáveis, foi considerada a utilização da pectina extraída do bagaço do limão, garantindo um bioplástico com maior resistência à tração e flexibilidade graças à forma de grupo heteromolecular de polissacarídeos estruturais (Thakur et al., 2018, p. 1073). A inclusão da fibra de coco é em função de conferir impermeabilidade, flexibilidade, durabilidade e maior rigidez (Nascimento; Lemos; Furtado, 2019, p. 648).

Além disso, o bioplástico em questão apresenta uma taxa de biodegradação superior aos plásticos convencionais, já que sua composição é natural, de materiais orgânicos, facilitando a decomposição por micro-organismos (Kleerebezem; Van Loosdrecht; Janssen, 2015, p. 148).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. IMPACTOS DO PLÁSTICO

O plástico é um material que foi introduzido para atender à necessidade humana de produção de objetos a partir de um material com menor custo e boa resistência. Dessa forma, esse recurso foi rapidamente empregado na sociedade, sendo desenvolvido no começo do século XX. O plástico é um exemplo de evolução na sociedade e é notório a sua presença no cotidiano humano, em objetos essenciais como embalagens, recipientes, veículos, peças para eletrônicos, entre outros. (Piatti; Rodrigues, 2005).

Além disso, os plásticos são constituídos provenientes de polímeros, que são macromoléculas compostas por uma cadeia longa com diversos monômeros

(pequenas moléculas) em reprodução, formando essa grande molécula que dá origem ao polímero e, em seguida, aos diversos tipos de plásticos. Os polímeros são produzidos pela extração dos monômeros, podendo ser obtidos por meio de petróleo, gás natural, álcool, carvão e madeira. Dessa forma, os polímeros, que são o principal componente do plástico, tornam esse material altamente resistente e de lenta degradação (Gorni, 2003).

Ainda, existem diversos tipos de classificações de polímeros, utilizados para a produção dos plásticos, que podem estar presentes na natureza, sendo denominados como naturais ou podem ser fabricados de forma sintética, que são chamados de sintéticos. Destarte, os polímeros naturais são produzidos por processos biológicos na natureza, como a borracha natural, a celulose, o amido, entre outros. Em contrapartida, os polímeros sintéticos são criados e sintetizados artificialmente pelo homem, isso ocorre através de reações químicas, como os casos do Polietileno (PE), Cloreto de Vinila (PVC), Poliestireno (PS) e o nylon, matérias-primas comumente utilizadas na produção de objetos cotidianos (Carnevarolo Júnior, 2002).

Os plásticos podem ser divididos em dois tipos de polímeros, os termoplásticos e os termorrígidos. Os termoplásticos possuem moléculas lineares organizadas como fios soltos, mas, ainda sim, interligados. Eles podem passar pelo processo de fusão por inúmeras vezes e ainda, em temperatura ambiente, possuem propriedades mecânicas de serem maleáveis e rígidos e são usados em maior frequência na produção dos plásticos. Já os termorrígidos, por sua vez, também denominados termofixos, possuem uma estrutura em formato de uma rede, no qual possuem diversas ligações que mantêm a molécula firme e presa. Eles não podem ser fundidos mais de uma vez, pois em temperaturas altamente elevadas entram no processo de decomposição. Além do mais, possuem uma forma rígida e frágil possuindo alta estabilidade frente a mudanças excessivas de temperatura (Gorni, 2003). Na figura 1, é possível observar a grande presença de plásticos no cotidiano, sendo empregado em diversos materiais.

Figura 1. Classificação dos tipos de plásticos



Fonte: (IFB, 2020).

Esse polímero é uma grande pauta na questão de poluição, apesar de ser amplamente utilizado, o descarte inadequado causa diversos danos ao meio ambiente, pois, descartado incorretamente, esse material gera diversos impactos, como a poluição de rios, oceanos e solo, interferindo na vida terrestre e marinha. A degradação desse material leva longos anos para ocorrer, tendo em vista a grande resistência do polímero. O acúmulo de plástico no meio ambiente contribui para a perda de biodiversidade, as mudanças climáticas e a degradação do ecossistema, pois sua decomposição libera gases de efeito estufa que afetam negativamente vários aspectos da vida. Ademais, quando os plásticos finalmente se decompõem, eles se desintegram em microplásticos, que podem chegar até a saúde humana através de alimentos contaminados como animais, que são contaminados por esses microplásticos anteriormente (Greenfield, 2024).

2.2. BIOPLÁSTICO

Conforme descrito na *Encyclopædia Britannica* [s.d], o primeiro bioplástico verdadeiramente moderno foi desenvolvido por Maurice Lemoigne, um engenheiro agrônomo francês, em 1926. Ao explorar as propriedades do polihidroxibutirato (PHB) ele descobriu esse polímero específico, produzido por bactérias. O trabalho de Lemoigne foi revolucionário, demonstrando que microrganismos podem sintetizar certos materiais plásticos a partir de fontes renováveis. Seu trabalho marca o início da busca por alternativas ao plástico convencional, uma vez que materiais, cuja funcionalidade fosse semelhante, mas com menor impacto ambiental, tornaram-se uma prioridade.

De acordo com os pesquisadores Telles, et al., Saran, et al., Unêda-trevisolli, (2011, p. 52), os bioplásticos constituem uma classe de materiais que tem origem em fontes renováveis e são biodegradáveis ou compostáveis, diferentemente de seus análogos sintéticos produzidos a partir da transformação de combustíveis fósseis. As principais implicações da produção desses materiais são a dependência dos custos de matérias-primas agrícolas, e fontes populares no Brasil são o açúcar da cana, mandioca, óleos vegetais, amido de milho e celulose. Esses materiais passam por um tratamento com a ajuda de microrganismos, que fazem reagir as substâncias do material, ou por meios químicos adicionais que formam um polímero.

A *European Bioplastics* (ca. 2016) chama a atenção para um número considerável de vantagens dos bioplásticos sobre a massa de plásticos padrão. Primeiro, deve-se notar a neutralidade de carbono. Este último fator é garantido pelo processo, pois a biomassa em si utiliza dióxido de carbono da atmosfera durante o cultivo e, assim, fornece descarbonização ou compensação pelo acúmulo desse produto durante o ciclo. Ele reduz a dependência de fontes naturais não renováveis, uma vez que a energia é uma regeneradora anual. Em segundo lugar, deve-se notar a reciclabilidade. Mais uma vez, a seguir: a biodegradabilidade, por meio da qual os bioplásticos decompõem e ajudam a se decompor.

De acordo com o Portal de Educação Ambiental do Governo do Estado de São Paulo (2016, n.p.), existem dois tipos de bioplásticos: compostável e biodegradável. Os compostáveis dependem de condições especialmente controladas, incluindo

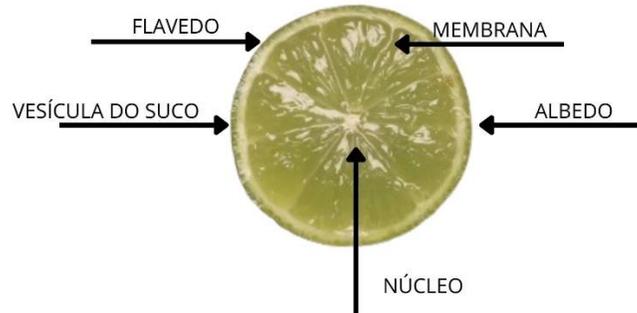
temperatura e umidade, para desaparecer completamente e são mais frequentemente encontrados em produtos como sacos de lixo e outros materiais descartáveis. Os biodegradáveis, por outro lado, são naturais e podem ser digeridos por microorganismos sem quaisquer condições. Isso torna esses materiais ainda mais versáteis e, mais uma vez, confirma a viabilidade dos bioplásticos como medida para reduzir o impacto ambiental de produtos de plástico de todo o mundo.

2.3. LIMÃO TAHITI (*Citrus latifolia*)

A lima ácida Tahiti, pertencente a família Rutacea, do gênero Citrus e espécie *C. latifolia* (Yu.Tanaka), não possui origem certa (Luchetti et al., 2003). Supõe-se que o seu desenvolvimento tenha ocorrido na Califórnia, Estados Unidos, aproximadamente na década de 1870, a partir das sementes de limão trazidas do Taiti, localizado no Oceano Pacífico. Paulatinamente, seu cultivo foi disseminado por diversas regiões continentais americanas, onde é exclusivamente cultivado. Embora receba o nome de "limão-tahiti", este fruto não é considerado um limão verdadeiro, e sim uma lima ácida. A introdução da planta no Brasil ocorreu por meio de sementes de frutos trazidos do Taiti, o que originou o nome comum da fruta.

A morfologia do fruto é caracterizada por polpa espessa e firme, envolta por uma casca dividida em duas camadas: o flavedo (epicarpo), responsável por armazenar carotenóides, vitaminas e óleos essenciais, e o albedo (mesocarpo), composto por hemicelulose, celulose, lignina e compostos fenólicos, conforme representado na figura 2. A polpa interna, formada por cerca de dez segmentos cheios de vesículas suculentas, apresenta suco rico em ácido ascórbico, com concentrações que variam entre 20 e 40 mg/100 mL, além de açúcares, ácidos orgânicos (principalmente ácido cítrico), vitaminas, sais minerais e substâncias pécticas (Coelho, 1993). Essa composição confere ao fruto um papel importante na nutrição e na culinária, sendo utilizado tanto in natura quanto na produção de sucos e temperos.

Figura 2. Morfologia do limão tahiti



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Os frutos da limeira Tahiti têm formato grande, ovalado ou levemente elíptico e apresentam uma característica marcante: a ausência quase completa de sementes. Esse fenômeno ocorre porque a limeira é um híbrido triploide ($3n = 27$), que impede a viabilidade do pólen e do óvulo, resultando em frutos partenocárpicos (Mattos Junior et al., 2005). A uniformidade morfológica dos frutos é evidente nas diversas áreas de cultivo, e, quando maduros, exibem uma casca fina e amarelada (Gayet et al., 1995). A propagação da limeira Tahiti ocorre, em grande parte, por enxertia. Essa técnica oferece vantagens significativas, como maior precocidade na produção, uniformidade na qualidade dos frutos e resistência a doenças e condições adversas (Machado, 2004).

A base de enxerto do limão tahiti possui um sistema de raízes organizado de forma estruturada. Primeiramente, a raiz principal, conhecida como pivotante, origina raízes pioneiras, que, por sua vez, desenvolvem raízes menores, chamadas de fibrosas, além das radículas, responsáveis pela absorção de nutrientes do solo (Machado, 2004). A planta pode alcançar até quatro metros de altura, apresentando uma copa densa e robusta. Suas folhas possuem características mesofíticas e xeromórficas, como a presença de uma camada de cera e a ausência de atividade estomatal na face adaxial.

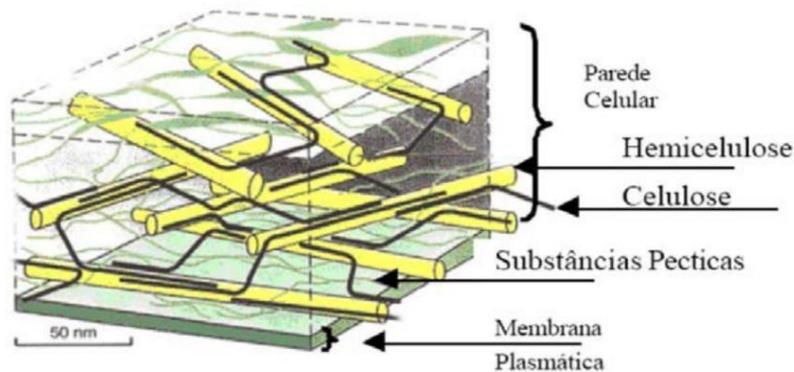
Essas adaptações garantem a sobrevivência da planta em condições de menor disponibilidade hídrica. No Brasil, a limeira floresce ao longo de todo o ano, mas o desenvolvimento dos frutos é limitado devido a fatores como competição por nutrientes,

ocorrência de doenças e oscilações climáticas, como temperaturas extremas (Guardiola, 1992; Junqueira, 2009).

2.4. PECTINA

O termo pectina advém da palavra grega “*pectos*”, que significa espesso. A pectina foi descoberta em 1790 durante o preparo de uma geleia de maçãs pelo químico e o farmacêutico Nicolas Louis Vauquelin, que encontrou uma substância solúvel no suco de frutas. O nome, propriamente dito, foi dado somente em 1824 por Henri Braconnot, farmacêutico francês que deu prosseguimento aos estudos de Vauquelin (Esteves, 2017). Pectinas são classificadas como hidrocolóides naturais, encontradas em plantas superiores, muito presente em frutas cítricas. Elas se agrupam em heteromoléculas de polissacarídeos estruturais, existentes na parede celular primária das células vegetais e nas camadas internas das células (lamela média), contribuindo para a aderência das células, conferindo firmeza e resistência ao tecido.

Figura 3. Estrutura da parede celular das células



Fonte: IPPA (2008)

A pectina se associa à celulose, hemicelulose e lignina sendo na forma de protopectina, nome dado à sua forma natural, extraída com abundância do mesocarpo,

camada intermediária de um fruto, no qual se localiza majoritariamente a polpa ou a parte comestível do fruto (Paiva et.al, 2009). Coelho apud Oliveira (2008, p.33)¹ destaca que a pectina é composta por aproximadamente 150 a 500 unidades de ácidos galacturônicos, que são parcialmente esterificados com grupos metoxil, agrupados por ligações glicosídicas α -1,4 em uma longa cadeia molecular.

Esta fibra se forma a partir de dezessete monossacarídeos distintos, que se organizam em polissacarídeos diferente através de vinte ligações, agrupadas em formato de rede, onde se unem em variados tipos de cadeias, formados por ácidos urônicos e açúcares (hexoses, pentoses e metilpentoses). A pectina se ramifica em diferentes tipos de substâncias. Uma delas é a propectina trata-se de sua forma natural quando ligada a celulose e lignina na parede celular vegetal. Ela possui baixa solubilidade, contendo em seu meio, componentes diluídos que formam ácidos pectínicos e pécticos, de estrutura molecular amorfa. Estes compostos, por sua vez, são pouco solúveis em água. (Paiva et.al, 2009). Dependendo do fruto e estágio de desenvolvimento, o conteúdo e a estrutura química irão variar. (Canteri et.al., 2012).

A pectina possui como principal característica a presença de grupos polares, o que ocasiona um caráter hidrofílico, resultando em uma solução espessa. Na indústria alimentícia, a pectina é extensivamente utilizada na produção de geleias, iogurtes, guloseimas, e aplicada em alimentos com o intuito de agir como emulsificantes, espessantes, estabilizantes ou texturizantes (Bowers, 1992). Em fins de propósitos não alimentares, a pectina se enquadra na fabricação espumas, filmes com material biodegradável, plastificantes, e entre outros (Mohnen, 2008). Podem ser encontradas outras propriedades que são voltadas para a melhora da saúde, diretamente ligadas às substâncias pécticas, onde foram testadas e verificadas cientificamente, e se enfatiza na constrição do colesterol (Brouns et al., 2011).

¹ Coelho, M. T. **Pectina: características e aplicações em alimentos**. 2008. 32 p. Seminário (Disciplina de Seminários em Alimentos) – Departamento de Ciência dos Alimentos, Curso de Bacharelado em Química de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

2.5. FIBRA DE COCO

Passos apud Giraldele et. al (2005, p. 34)² afirmou que a fibra de coco é obtida pela casca de coco, tanto do coco seco, quanto do verde, com os níveis de ligninas e dos taninos concentrados, principalmente, em fibras vegetais. Devido à sua capacidade de durabilidade e resistência, a fibra de coco pode ser usada devidamente de várias formas, pois é um material extremamente versátil. Em relação à origem das fibras de coco, pode-se dizer que elas são subprodutos da atividade agrícola, de forma que são geradas após a obtenção dos produtos principais na comercialização e consumo da água conduzida e da polpa.

Figura 4. Fibra de coco



Fonte: (Terral, s.d)

De acordo com Senhoras (2003, p.2) o aproveitamento dos resíduos do coco pode gerar novos produtos, dessa forma utilizando dos mecanismos de reciclagem, para diminuição do desperdício de resíduos. Um dos principais produtos feitos por meio da fibra são os tapetes, vasos para plantas, mantas, almofadas entre outros. No mercado

² Giraldele, M. A.; et al. **Propriedade da fibra de coco: uma revisão sistemática.** v. 24, n. 1, p. 34-38, 2020.

de trabalho, o que mais se encontra são vasos feitos da fibra de coco, devido a sua sustentabilidade e resistência. Uma das outras qualidades da fibra é a sua resistência à umidade, não produz fungos, não dá indícios de apodrecimento e não possui cheiro, sendo assim, não interferindo no aroma.

Pritchard, Sarsby e Anand apud Girdelli et. al (2000, p. 35)³ evidenciou que as fibras possuem uma origem vegetal, apresentando mais capacidade para serem utilizadas na engenharia, devido a suas propriedades presentes na fibra. Esse tipo de fibra, por sua vez, é composto de celulose sendo morfologicamente classificado de acordo com o órgão da planta de onde se extrai, desse modo sendo fragmentado em fibras da semente, do caule e da folha. Já às fibras de origem animal, tem baixa resistência e alto percentual de alongamento comparado às fibras vegetais, no entanto, as fibras minerais evidenciam um grande valor aquisitivo, tornando-se quebradiças, e apresentando falta de força e flexibilidade.

3. METODOLOGIA

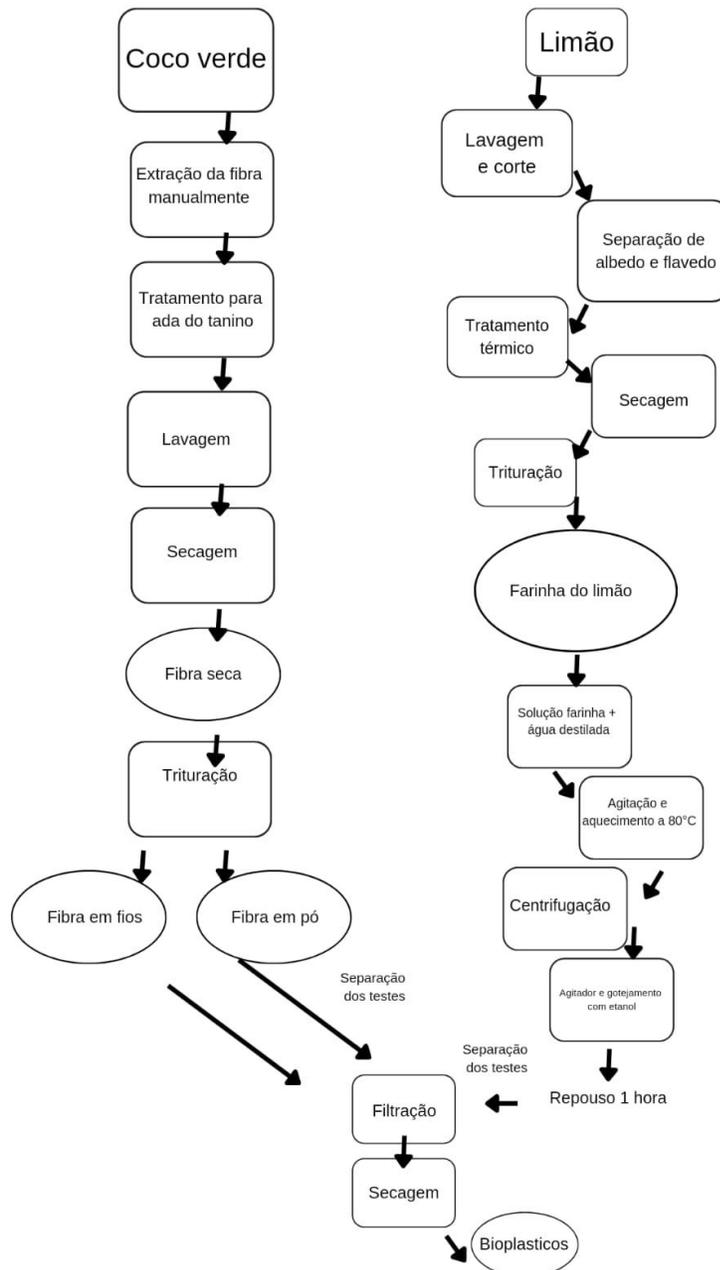
O presente trabalho utilizou-se de pesquisas bibliográficas, a partir da formação teórica em artigos científicos, trabalhos acadêmicos, revistas on-line, livros e publicações em sites, em busca de conhecimento acerca das propriedades da pectina em ação no bioplástico e o meio de utilização da fibra de coco para conferir resistência ao produto, bem como aplicação e acompanhamento. Realizou-se métodos de práticas experimentais laboratoriais, para a extração de pectina presente no limão, extração das fibras do coco e o desenvolvimento do bioplástico. Para a análise da eficiência dos resultados, foram utilizados métodos como teste de dissolução, conferência de resistência térmica e mecânica e conferência de flexibilidade, a fim de comparar e inspecionar o produto final.

³ Girdelli, M. A.; et al. **Propriedade da fibra de coco: uma revisão sistemática**. v. 24, n. 1, p. 34-38, 2020.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. FLUXOGRAMA

Fluxograma 1. Fluxograma do processo



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.2. LOCAL DO EXPERIMENTO

Os experimentos deste projeto foram realizados no Laboratório de Química e Microbiologia da Escola Técnica Estadual Prof. Armando José Farinazzo, localizada na cidade de Fernandópolis no estado de São Paulo.

4.3. MATERIAIS E REAGENTES

Tabela 1. Materiais e reagentes

MÉTODO	MATERIAIS	REAGENTES
EXTRAÇÃO E PREPARO DA FIBRA DE COCO	Béquer de plástico Papel interfoliado	Água mineral Cocos verdes Carbonato de Cálcio
TRITURAÇÃO	Béquer de plástico Liquidificador	Fibras secas
RETIRADA DA CASCA DO LIMÃO TAHITI	Assadeira Bacia de inox Caneco de alumínio Esprededor de limão Fogão Forno Peneira	Água mineral Limão Taihti
PRODUÇÃO DO PÓ A PARTIR DO LIMÃO TAHITI	Liquidificador Peneira Placa de petri	Limões secos
TESTE PILOTO	Agitador magnético com aquecimento Balança semi-analítica Bastão de vidro Béqueres Bomba de vácuo Bureta Centrifuga Estufa Funil de Büchner	Água destilada Etanol 96% Pó obtido do limão Solução Tampão pH 4,00 Solução Tampão pH 7,00 Solução Tampão pH 9,00

	Garras Kitassato Mangueiras Papel filtro pHmetro Rolha Suporte universal	
PROCESSO DEFINITIVO DA PECTINA	Agitador magnético com aquecimento Balança semi-analítica Bastão de vidro Béqueres Bureta Centrifuga Garras pHmetro Suporte universal	Água destilada Etanol 96% Pó obtido do limão
PRODUÇÃO DO BIOPLÁSTICO	Balança industrial Balança semi-analítica Bastão de vidro Béqueres Bomba de vácuo Estufa Funil de Büchner Kitassato Mangueiras Papel filtro Rolha	Água destilada Solução aquosa da pectina

Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.3. EXTRAÇÃO E PREPARO DA FIBRA DE COCO

Foram colhidos dois cocos verdes da propriedade de uma aluna da turma, localizada no município de Fernandópolis. Os cocos foram selecionados visando uma superfície lisa, sem a presença de fissuras ou rachaduras, e encaminhados para o laboratório de química da ETEC Professor Armando José Farinazzo. Os cocos foram lavados com água corrente e secos com o auxílio de papel interfoliado.

Após esse processo de limpeza, eles foram partidos ao meio e a polpa da fruta foi removida. Em seguida, as metades foram novamente divididas em diversas

partes, a fim de facilitar o desfibramento. As fibras do coco foram desfibradas manualmente como pode ser observado na figura 5 e foram armazenadas.

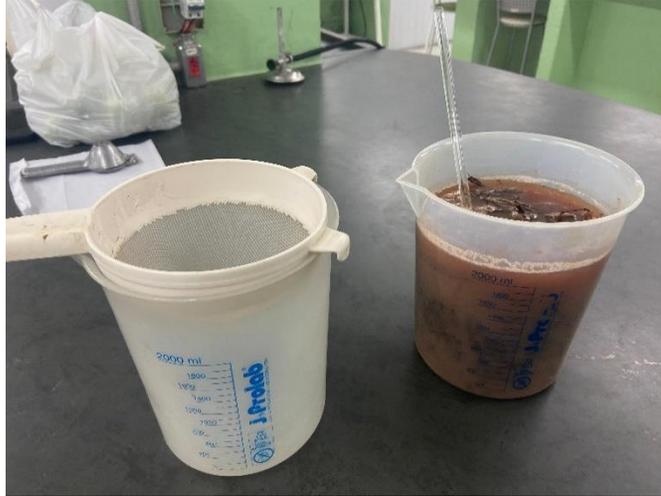
Figura 5. Fibra de coco removida



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Em um béquer, preparou-se uma solução de 20g de carbonato de cálcio para 2L de água e adicionou-se aos poucos na fibra de coco, como demonstrado na figura 6. Esse processo foi importante para retirada do tanino da fibra de coco.

Figura 6. Solução de carbonato de cálcio e fibra de coco



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Em seguida, as fibras foram lavadas em água corrente e foi retirada toda a solução anteriormente adicionada. As fibras secaram parte na estufa a 55°C e parte no sol, resultando em fibras secas observadas na imagem 7.

Figura 7. Fibra de coco seca



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.3.1. Trituração

As fibras secas foram trituradas em um liquidificador, demonstrado na figura 8, ainda, separou-se o pó, possível observar na figura 9, para utilizar no teste III e as fibras cortadas em pequenos pedaços, possível observar na figura 10, para utilizar no teste IV. Por fim, as fibras foram reservadas.

Figura 8. Processo de trituração



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 9. Fibra de coco em pó



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 10. Fibra de coco em fios



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.4. EXTRAÇÃO DA PECTINA

Para a realização da extração da pectina, foi utilizado a metodologia de Oliveira, 2020. Para extração da pectina do limão-taihti, inicialmente, foram descascadas 27 unidades de limão-tahiti, conforme demonstrado na figura 11. Então, foi espremido com um espremedor de limão, exibido na imagem 12 e utilizou-se o limão sem casca e sem suco para seguimento.

Figura 11. Processo de retirada das cascas



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 12. Retirada do suco do limão



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Em seguida, após separar o albedo e o flavedo dos limões, fez-se tratamento térmico na residência de uma das integrantes do grupo, utilizando um caneco de alumínio e um fogão, submergiu-se o limão em água quente a 95°C durante 3 minutos, como apresentado na figura 13. Logo após, o conteúdo do caneco foi transferido para uma bacia de inox em banho-maria com água gelada, ou seja, foi submetido a

resfriamento imediato até que a água atingisse temperatura adequada, como é possível verificar na figura 14.

Figura 13. Aquecimento da água para o processo de branqueamento



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 14. Banho-maria do limão em água gelada



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

O conteúdo foi coado com o auxílio de uma peneira de inox, até que os limões estivessem com o mínimo de água possível, de maneira clara na figura 15. Foram distribuídos em duas assadeiras médias forçados a secar no forno durante 1 hora, e em seguida, deixados ao sol durante 6 dias, conforme ilustrado na figura 16.

Figura 15. Retirada do excesso de água do limão



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 16. Secagem dos limões



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.4.2. Produção do pó a partir do Limão Tahiti

Com os limões secos, no laboratório da ETEC Professor Armando José Farinazzo, eles foram partidos em pequenos pedaços e triturados no liquidificador aos

poucos até que ficassem em pequenos grânulos. Durante esse processo, com os limões em textura granular, peneirou-se essa farinha com uma peneira em cima de uma placa de petri, a fim de obter somente os menores granular, atingindo textura de pó. As etapas descritas podem ser observadas nas figuras 17, 18 e 19.

Figura 17. Partição das cascas



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 18. Trituração das cascas secas



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 19. Peneiramento da farinha

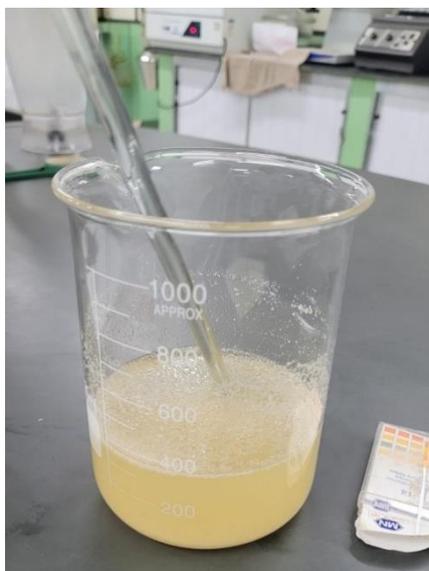


Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.5. TESTE PILOTO

Para preparação do primeiro procedimento, considerado o teste piloto, preparou-se uma solução utilizando 5g do pó obtido do limão, onde foi colocado o pó em béquer de 1L, foi adicionado 350mL de água destilada, e homogeneizou-se com um bastão de vidro, como evidenciado na figura 20. Calibrou-se um pHmetro para medição de pH da solução, a solução deveria estar com pH 2,5 de acordo com a metodologia utilizada, após medição verificou-se pH dentro dos parâmetros.

Figura 20. Solução preparada com água destilada e a farinha do limão



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

A mistura foi mantida sob agitação constante com um agitador magnético, a uma temperatura de 80°C, por 2 horas e com velocidade entre 1 e 2. Após esse período, a mistura resultante foi centrifugada a 400 ppm por 10 minutos, como pode ser observado na figura 21. Em seguida, separou-se o precipitado, que foi descartado, e a solução restante foi utilizada para o prosseguimento do processo.

Figura 21. Processo de centrifugação da pectina



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Foi montado um sistema, utilizando suporte universal, garras e bureta de 50mL, utilizou-se o sistema para fazer gotejamento de etanol 96% em agitação constante através de um agitador magnético, esse processo é indicado pela figura 22. Foi feito o gotejamento em proporção de 1:2 v/v (sobrenadante/etanol), utilizando assim, 115 mL de sobrenadante e 304mL de etanol.

Figura 22. Sistema de gotejamento de etanol



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Após repouso por 1 hora, foi montado um sistema de filtração a vácuo utilizando uma bomba de vácuo, um kitassato, duas mangueiras acopladas na entrada e saída do aparelho, funil de Büchner, uma rolha e um papel filtro. Pesou-se o papel filtro em balança semi-analítica e foi feita a filtração a vácuo inserindo a solução por cima do papel filtro, conforme ilustrado na figura 23, ainda, o material foi lavado duas vezes em etanol 70% e etanol 95%. Após esse processo, no qual ficou separado somente a pectina, o material foi forçado para secar na estufa a 50°C e foi retirado após conclusão da etapa piloto. Esse primeiro teste, foi utilizado como piloto para os testes seguintes.

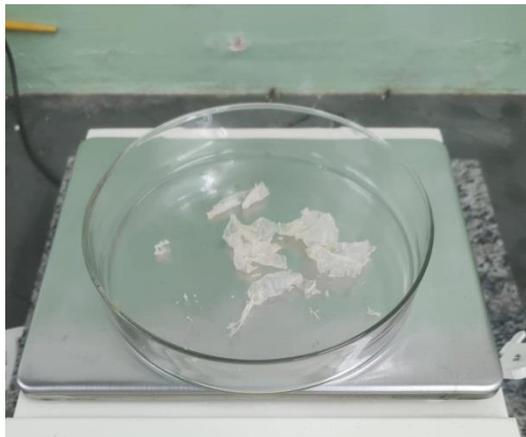
Figura 23. Filtração a vácuo da solução aquosa da pectina



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

No teste piloto, o qual o resultado pode ser visto na figura 24, foi utilizado pouca quantidade da pectina, resultando em um bioplástico fino, de matriz frágil e quebradiço. Sendo assim, esse bioplástico não seria adequado para uso, tendo em vista que seus aspectos não correspondem com os aspectos do bioplástico esperado.

Figura 24. Resultado do teste piloto



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.6. PROCESSO DEFINITIVO DA PECTINA

No segundo preparo, considerado o definitivo, preparou-se uma solução utilizando 10g do pó produzido a partir dos limões, foi colocado o pó em um béquer de 1L, adicionado 350mL de água destilada, e homogeneizado com um bastão de vidro, evidenciado na figura 25.

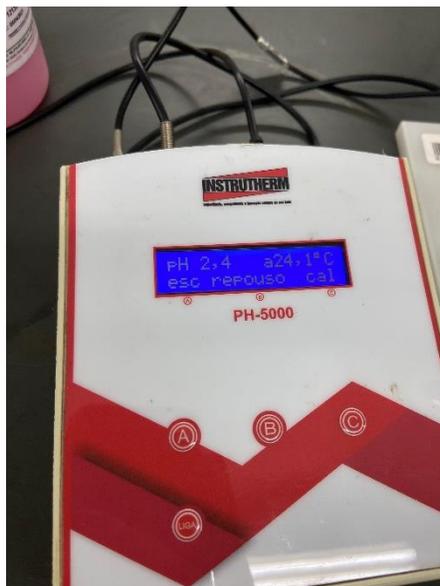
Figura 25. Solução preparada com água destilada e a farinha do limão no procedimento definitivo



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Calibrou-se um pHmetro para medição de pH da solução, a solução deveria estar com pH 2,5 de acordo com a metodologia utilizada, após medição verificou-se pH igual a 2,4, aproximando novamente dentro dos parâmetros da metodologia, esse resultado fica de maneira clara na figura 26.

Figura 26. Aferição do pH da solução



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

A mistura foi mantida sob agitação constante com um agitador magnético, a uma temperatura de 80°C, por 2 horas e com velocidade entre 1 e 2. Após isso, a mistura resultante foi centrifugada a 400 ppm por 10 minutos, exibido na figura 27. Em seguida, separou-se precipitado, que foi descartado, e a solução restante foi utilizada para o prosseguimento do processo.

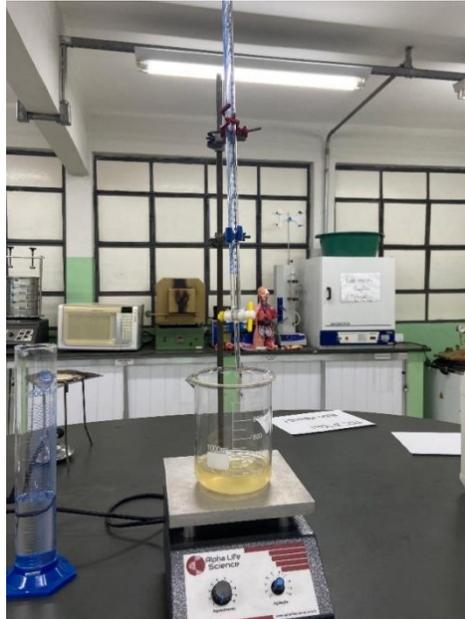
Figura 27. Processo de centrifugação da pectina no procedimento definitivo



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Novamente, um sistema foi montado com o uso de um suporte universal, garras e uma bureta de 50 mL. Foi realizado o gotejamento de etanol a 96% enquanto a mistura permanecia em agitação constante em um agitador magnético. Utilizou-se a proporção de 1:2 v/v (sobrenadante/etanol), sendo assim, 475 mL de sobrenadante e 950 mL de etanol. Esse processo é apresentado na figura 28.

Figura 28. Sistema de gotejamento de etanol no procedimento definitivo



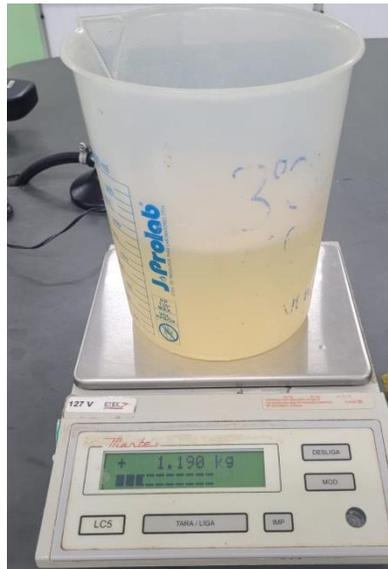
Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Repetiu-se o processo novamente para produção de outro teste.

4.7. PRODUÇÃO DO BIOPLÁSTICO

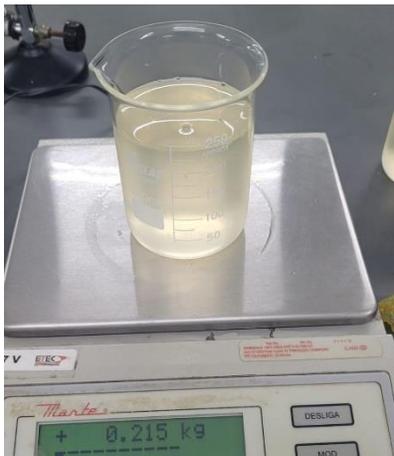
Foram feitos cinco testes no total. Nos três primeiros utilizou-se a primeira leva da solução de pectina, que no total obteve-se uma solução de 1.190 Kg, como exibido na figura 29, separou-se 215g em três béqueres de vidro de 250mL, observado na figura 30, e para fazer um teste para construção de camada mais grossa, utilizou-se 545g restante no béquer de 2L. Para o quinto teste, utilizou-se a segunda leva de da solução de pectina, que se obteve 650mL de pectina. As misturas foram deixadas em repouso por 1 hora antes do próximo procedimento.

Figura 29. Quantidade rendida de solução



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 30. Separação para os testes



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.7.1. Teste I

No teste I foi utilizado somente os 215g de solução aquosa de pectina. A solução foi colocada em um sistema de filtração a vácuo, na qual foi derramada em um papel filtro que estava no funil de Büchner, acoplado a um kitassato e foi filtrada com o auxílio de uma bomba a vácuo, como observado na figura 31. Ainda, lavou-se o a pectina extraída duas vezes em etanol 70% e etanol 95%.

Figura 31. Produção do teste I



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Após essa etapa, retirou-se o papel filtro com a pectina filtrada, o resultado após a retirada é indicado na figura 32.

Figura 32. Resultado do teste I após retirada do sistema de filtração



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Então, o papel filtro com a pectina foi levado à estufa e forçado a secar em 50°C. Como resultado, evidente na Figura 33, todo o material evaporou, pela fina camada

que a pectina formou. Assim, notou-se a necessidade de aumentar a quantidade da pectina, para obter-se um bioplástico mais resistente.

Figura 33. Resultado final teste I

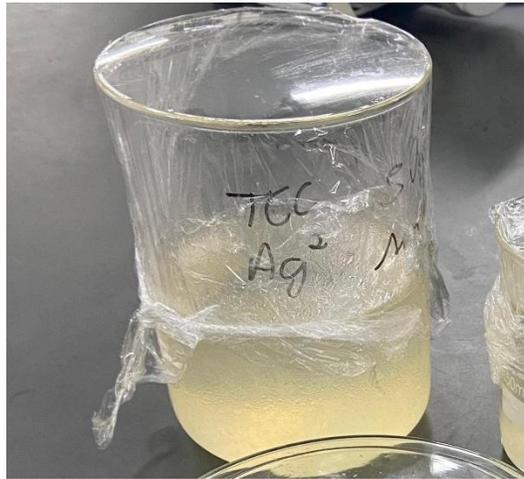


Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.7.2. Teste II

No teste II foi utilizado os 545g restante no béquer de solução aquosa de pectina, como pode ser visto na figura 34. A solução foi transferida para um sistema de filtração a vácuo e a filtração foi realizada com o auxílio de uma bomba a vácuo. A pectina foi lavada duas vezes em etanol 75% e etanol 90% e conforme demonstrado na figura 35, o material antes da secagem ficou gelatinoso e consistente.

Figura 34. Produção do teste II



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 36. Resultado inicial teste II



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Por fim, retirou-se a pectina extraída do filtro e ela foi forçada a secar em 50°C na estufa. O material resultante é apresentado na figura 36, foi descrito como uma massa seca, com bolhas, translúcida, muito quebradiça e de baixa resistência. A estrutura do bioplástico não foi reforçada com fibras, o que o tornou imediatamente estável e demonstrou que, embora o produto pudesse ser usado para objetos não duráveis, o bioplástico não poderia ser usado para outros fins. Além disso, sua excelente

consistência e flexibilidade podem ser utilizadas em embalagens de curta duração ou, eventualmente, em itens decorativos.

Figura 36. Resultado final teste II

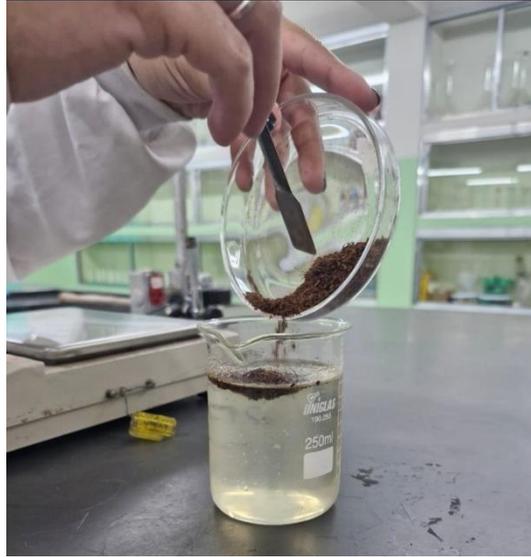


Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.7.3. Teste III

No teste III utilizou-se 215g da solução de pectina e misturou-se à solução 1% do volume da solução da fibra em pó, correspondendo a 2,15g da fibra em pó, como ilustrado na figura 37. A solução foi encaminhada para um sistema de filtração a vácuo e foi lavada duas vezes com etanol 75% e com etanol 90%, retirada do sistema de filtração e forçada a secar em uma estufa a 50°C.

Figura 37. Produção do teste III



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

No teste III, como visto na figura 38, a configuração obtida tornou-se mais compacto. Entretanto, o material se tornava frágil quando manipulado com mais vigor, desintegrando-se sob maior pressão. Uma interação parcial entre a fibra de coco e a pectina levou ao fortalecimento e harmonia na matriz polimérica. Quando utilizado em situações onde não há contato com o meio ambiente e uso mínimo, como em embalagens exclusivas, esse bioplástico se mostra promissor.

Figura 38. Resultado teste III

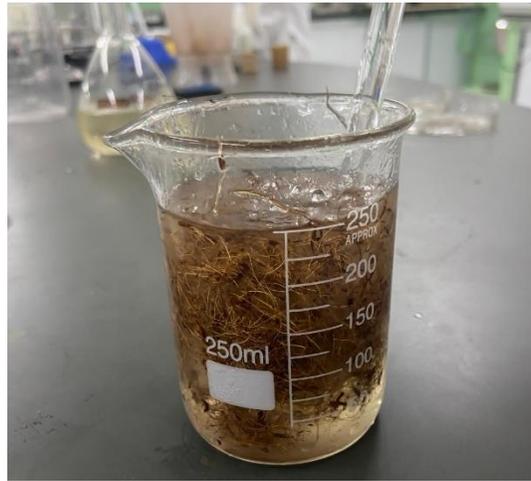


Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.7.4. Teste IV

No teste IV, também foi utilizado 215g da solução aquosa de pectina e misturou-se 1% (correspondente a 2,15g) da solução da fibra cortada, como observado na figura 39. Então, foi filtrada a vácuo e lavou-se a pectina extraída duas vezes em etanol 75% e etanol 90 %. Após retirar da filtração, levou-se o material para estufa, no qual foi forçado a secar em 50°C.

Figura 39. Produção do teste IV



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

No teste IV, o qual o resultado consta na figura 40, a adição de fibras de coco em seu estado bruto, sem passar pelo processo de trituração, gerou uma matriz desorganizada e irregular. Observa-se, no entanto, uma maior resistência, menos fragilidade e pouco quebradiço, isso se deve a interação entre a fibra e a pectina, apesar disso formou uma estrutura de rede e com algumas partes sem fibra e pectina.

Figura 40. Resultado teste IV



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.7.5 Teste V

No teste V, foi utilizado 650mL de solução de pectina e adicionou-se 1% da fibra em fios, como demonstrado na figura 41. A solução foi filtrada em um sistema de filtração a vácuo, observado na figura 42, lavou-se o a pectina extraída duas vezes em etanol 70% e etanol 95% e foi forçada a secar na estufa em 50°C.

Figura 41. Produção do teste V



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 42. Filtração do teste V



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

O resultado do teste V é possível ser observado na figura 43, foi obtido um bioplástico mais espesso, considerando que foi aumentada a quantidade da pectina e fibra de coco em fios. Porém, o material teve pouca maleabilidade devido a grande quantidade de fibra utilizada, contudo, ainda assim, o produto obteve grande interação entre a fibra de coco e a pectina. Sendo assim, esse bioplástico teria suas utilidades reduzidas, por conta da sua matriz.

Figura 43. Resultado do teste V



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.8. TESTES EXPERIMENTAIS

4.8.1. Teste organolépticos

Primordialmente, foram realizados testes organolépticos nas quatro amostras, os quais avaliaram aspectos como resistência, maleabilidade e a percepção sensorial humana, envolvendo o tato. No teste de resistência, quando aplicado pressão nos testes, analisou-se que o bioplástico que havia somente pectina e o que havia pectina com fibra de pó, apresentavam baixa resistência, ao contrário do bioplástico de pectina com fibra em fios e do bioplástico mais grosso com fibra em fios, que apresentavam alta resistência. No teste de maleabilidade, ficou perceptível que o bioplástico de pectina e o de pectina com fibra em fios demonstravam boa maleabilidade, em contrapartida o bioplástico de pectina com fibra em pó, ao ser maleado, que destrinchava.

4.8.2. Teste de dissolução na água

Para a verificação dos bioplástico em testes experimentais, realizou-se o teste de dissolução na água, o qual pequenas partes dos testes de bioplástico foram

inseridos em um béquer com água e esperou-se em torno de 5 minutos. Os resultados dos testes podem ser observados nas figuras 44 e 45.

Figura 44. Resultado do teste de dissolução na água



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 45. Resultado do teste de dissolução na água após alguns minutos



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Não foi feito o teste com o bioplástico do teste V, uma vez que o resultado seria semelhante ao do teste IV, pois foram feitos com os mesmos reagentes e procedimentos.

Foi possível perceber a dissolução de todos os testes, pois eles são de fato biodegradáveis e não seria um problema ambiental porque se dissipam facilmente no teste de dissolução.

4.9. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS

O teste 1 mostra que a adição de fibras de coco, especialmente em formato de fios, melhora a resistência e reduz a fragilidade dos bioplásticos compostos com pectina. O quadro compara e retoma todos os testes e resultados obtidos.

Quadro 1. Comparação entre os resultados dos testes

TESTES	COMPOSIÇÃO	RESULTADO
Teste I	Pectina em camada fina	Todo o material evaporou
Teste II	Pectina em camada grossa	Massa seca, com bolhas, translúcidas, muito quebradiças e de baixa resistência
Teste III	Pectina junto com fibra de coco em pó	Material mais compacto, porém, frágil
Teste IV	Pectina junto com fibra de coco em fios	Material irregular, mais resistente, menos frágil e menos quebradiço
Teste V	Pectina em camada grossa junto com fibra de coco em fios	Material espesso, com muita fibra e pectina e com pouca maleabilidade, porém menos quebradiço.

Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do bioplástico utilizando pectina extraída do bagaço de limão e fibra de coco demonstrou ser uma alternativa sustentável e promissora. O projeto evidenciou o potencial desses materiais para criar um produto biodegradável, contribuindo para a redução do impacto ambiental causado pelos plásticos convencionais.

Além de promover o reaproveitamento de resíduos agroindustriais, o bioplástico destacou-se pela simplicidade do processo de produção e pelo baixo custo das matérias-primas, tornando-o uma solução economicamente viável. Este trabalho reforça a relevância de práticas inovadoras e sustentáveis, com potencial para atender às demandas de um mercado cada vez mais consciente e preocupado com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Ana Clara et.al; **Impactos da degradação do plástico**. 2022. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456

789/11890/1/Tecnologiaemprocessosquimicos_2_2022_Ana%20Clara%20Araujo_Bruna%20Galdino%20Moreira_Thais%20Moura%20Pereira_deLima_Impactos%20da%20degradacao%20do%20pl%C3%A1stico..pdf>. Acesso em: jun/2024.

BARBOZA, C. R. A. **Evapotranspiração da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) determinada por lisimetria de pesagem**. 2007. 66 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007.

BATISTA, E. **Análise do impacto ambiental na produção agrônômica**. 2020. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2020. Disponível em: <<http://www2.uesb.br/ppg/ppgagronomia/wp-content/uploads/2020/10/emanuel-batista.pdf>>. Acesso em: nov/2024.

CANTERI, M. H. G.; et al. **Pectina: da matéria-prima ao produto final**. *Revista de Alimentos e Tecnologia*, Paraná, v. 10, n. 3, p. 45–58, 2024. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/po/a/xFQbJ6HR3QrCpL6dT9PbVrz/#>>. Acesso em: abr/2024.

CARNEVAROLO JÚNIOR, Sebastião Vicente. Introdução geral. In: CARNEVAROLO JÚNIOR, Sebastião Vicente. *Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros*. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2002. Cap. 1. p. 18-31.

COELHO, I. da S. **Lima ácida 'Tahiti' para exportação: aspectos técnicos da produção**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 35p. (Série publicações técnicas FRUPEX; 1).

DE CASTRO, T. H. M. **Os bioplásticos: impactos ambientais e perspectivas de mercado**. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/13706/1/ThaisHessabMoreiraDeCastro.pdf>>. Acesso em: ago/2024.

EMBRAPA. **A cultura do limão Taiti**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/119233/1/Aculturadolim_aotaiti.pdf>. Acesso em: nov/2024.

ESTEVES, C. Pectina. In: _____. **Know.net Enciclopédia Temática**. [S.l.; s.n], 2017. n.p. Disponível em: <<https://know.net/ciencterravida/biologia/pectina/#:~:text=Hist%C3%B3ria%20a%20pectina%20foi%20descoberta>>. Acesso em: ago/2024.

FERREIRA DOS REIS, A.; et al. Estudo da extração de pectina do resíduo do limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 52.,

2012, Recife. **Anais...** Recife: Associação Brasileira de Química, 2012. Disponível em: <<https://www.abq.org.br/cbq/2012/trabalhos/1/1294-13053.html>>. Acesso em: jul/2024.

GORNI, Antonio Augusto. Introdução aos plásticos. **Revista Plástico Industrial**. [s.l.: s.n.], [s.d.].

GIRALDELLI, M. A.; et al. **Propriedade da fibra de coco: uma revisão sistemática**. v. 24, n. 1, p. 34-38, 2020.

LUCHETTI, M. A. et.al. **Aspectos gerais e distribuição de cultivo**. In: MATTOS JÚNIOR, D.; NEGRI, J. D.; FIGUEIREDO, J. O. (Eds.). *Lima Ácida Tahiti*, 1., Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. p. 1-12.

MACHADO, C. C. **Consumo de soluções fertilizantes por plantas adultas de lima ácida 'Tahiti' sobre limão 'cravo' em irrigação localizada**. 2004. 139 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

MATIAS, G. M.; REZENDE, J. R. A polpa das frutas cítricas e seus benefícios nutricionais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/X3SdYWY7qPh6MNzBZfk9zjL/>>. Acesso em: nov/2024.

MCCANN, M. C.; et al. *If Homogalacturonan Were a Side Chain of Rhamnogalacturonan I. Implications for Cell Wall Architecture*. **Plant Physiology**. [S.l.], v. 132, n. 4, p. 1781-1789, ago. 2003. Disponível em: <<https://academic.oup.com/plphys/article-abstract/132/4/1781/6111702?redirectedFrom=fulltext&login=false>>. Acesso em: jun/2024.

MENDONÇA, José Luiz. **Plásticos: Características, Usos e Produção**. 1. ed. São Paulo: Editora Realize, 2019. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=b1jwDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=pl%C3%A1sticos&ots=p0aWhb033-&sig=_7K-jdJ8Zwc0MKlyP2pVqxzMrrl#v=onepage&q=pl%C3%A1sticos&f=false>. Acesso em: jun/2024.

MLYNARCZUK, B. B.; MOREIRA, R. C. V. **Quantificação de pectina do albedo do maracujá amarelo por espectroscopia e análise multivariada**. 2013. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) — Tecnólogo em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16676/1/PG_COALM_2013_1_08.pdf>. Acesso em: ago/2024.

OLIVEIRA, L. F. L. G. de. **REVISÃO LITERÁRIA DA EXTRAÇÃO DA PECTINA DO *Citrus lemon***. 2020. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) — Instituto de Ensino Superior de Assis, Curso de Graduação, São Paulo, 2020. Disponível em:

<<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1311430249.pdf>>. Acesso em: jul/2024.

PAIVA, Emmanuela P.; et al. **Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação.** Revista Iberoamericana de Polímero, Recife, v.10, n. 4, p. 196-209, jul. 2009. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4660150/mod_resource/content/1/Paiva2009%20Polimeros%20da%20parede%20celular_%20import%C3%A2ncia.pdf>. Acesso em: mar/2024.

PLÁSTICOS: características, usos, produção e impactos ambientais. Disponível em: <https://usinaciencia.ufal.br/multimidia/livros-digitais-cadernos-tematicos/plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf>. Acesso em: nov/2024.

PLÁSTICOS: impacto na sociedade e sustentabilidade. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=b1jwDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=pl%C3%A1sticos&ots=p0aWhb033-&sig=_7K-jdJ8Zwc0MKlyP2pVqxzMrrl#v=onepage&q=pl%C3%A1sticos&f=false>. Acesso em: nov/2024.

Realize Editora. Impactos dos plásticos no meio ambiente e alternativas sustentáveis. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD1_SA7_ID126_28072019155257.pdf>. Acesso em: nov/2024.

Realize Editora. Tecnologias aplicadas à reciclagem de plásticos. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/editora/anais/conimas-e-conidis/2019/TRABALHO_EV133_MD1_SA_ID206_08112019192735.pdf>. Acesso em: nov/2024.

RIC – Revista Interdisciplinar Científica do Centro Paula Souza. Impactos da degradação do plástico. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/11890/1/Tecnologiaemprocessosquimicos_2_2022_Ana%20Clara%20Araujo_Bruna%20Galdino%20Moreira_Thais%20Moura%20Pereira%20deLima_Impactos%20da%20degradacao%20do%20pl%C3%A1stico..pdf>. Acesso em: nov/2024.

SENHORAS, E. M. Estratégias de uma agenda para a cadeia agroindustrial do coco. v. 1, p. 14-16. 2003.

SOUZA, E. M. Análise crítica sobre princípios fundamentais. **Principia: Revista de Pesquisa Científica**, v. 10, n. 2, p. 45-60, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/1298/778>>. Acesso em: nov/2024.

SOUZA, G. M.; OLIVEIRA, R. T. Uso de plásticos biodegradáveis no agronegócio. *Cultivando Saber*, v. 10, n. 2, p. 45-60, 2020. Disponível em: <<https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/443>>. Acesso em: nov/2024.

Tecnologias e impactos dos plásticos na agricultura moderna. Disponível em: <<https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/fecitac/article/view/4408>>. Acesso em: nov/2024.

Tecnologias e impactos dos plásticos na agricultura moderna. Disponível em: <<https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/fecitac/article/view/4408/3634>>. Acesso em: nov/2024.

PIATTI, Tania. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais.** **Universidade Federal de Alagoas.** Disponível em: <https://usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos/plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf>. Acesso em: jun/2024.

VIEIRA, B. C. **EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA PECTINA DA CASCA DE BANANA.** 2019. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) — Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Curso de Química Industrial, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1611430139.pdf>>. Acesso em: ago/2024.

YAPO, B. M. *Pectin quantity, composition and physicochemical behaviour as influenced by the purification process.* *Food Research International*. [S.l.; s.n], v. 42, n. 8, p. 1197-1202, out. 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996909001732?via%3Dihub>>. Acesso em: ago/2024.