

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL - CENTRO
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA**

**AUDREY LOU MONTOCHE SILVA
CARLOS EDUARDO BRAGA
EDUARDO CAMARGO FLORIANO
FELIPE WEBER REICHOW
VICTOR FINTA DA SILVA
WAGNER RAPHAEL BRICCIUS**

**PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICOS UTILIZANDO A CELULOSE DE RESÍDUOS
DE MADEIRA**

AUDREY LOU MONTOCHE SILVA
CARLOS EDUARDO BRAGA
EDUARDO CAMARGO FLORIANO
FELIPE WEBER REICHOW
VICTOR FINTA DA SILVA

**PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICOS UTILIZANDO A CELULOSE DE RESÍDUOS
DE MADEIRA**

Projeto de pesquisa realizado no programa Conectando Saberes do curso técnico em química do Instituto Federal de Santa Catarina, câmpus Jaraguá do Sul – Centro, com o objetivo de reaproveitar os resíduos poluentes das indústrias madeireiras.

Orientadora: Patricia Akemi Tuzimoto
Coordenadora de fase: Ana Paula Duarte

Jaraguá do Sul
2024

SUMÁRIO

1 TEMA.....	3
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	3
3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	3
4 HIPÓTESES.....	3
5 OBJETIVOS.....	4
5.1 OBJETIVO GERAL.....	4
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
6 JUSTIFICATIVA.....	4
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
7.1 INDÚSTRIA MADEIREIRA.....	6
7.2 CELULOSE DA MADEIRA.....	7
7.2.1 Propriedades.....	8
7.2.2 Extração.....	9
7.2.2.1 Extração industrial e laboratorial.....	9
7.3 BIOPLÁSTICOS.....	11
8 METODOLOGIA.....	12
8.1 COLETA DAS AMOSTRAS.....	12
8.2 EXTRAÇÃO DA CELULOSE.....	12
8.3 CARACTERIZAÇÃO DA CELULOSE.....	13
8.4 PRODUÇÃO DOS BIOPLÁSTICOS.....	13
8.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO BIOPLÁSTICO.....	14
9 CRONOGRAMA.....	15
REFERÊNCIAS.....	16

1 TEMA

Extração de celulose para produção de bioplásticos.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Extração da celulose a partir do cavaco da madeira, gerado pela indústria madeireira Phanda localizada em Corupá, para incorporação na produção de bioplásticos.

3 PROBLEMA DE PESQUISA

Os resíduos gerados pela indústria madeireira, que são queimados frequentemente, liberam gases contribuintes para com o efeito estufa. Visando reduzir o impacto negativo no meio ambiente, os resíduos devem ser descartados de uma forma mais adequada evitando prejuízos à natureza ou preferencialmente, reutilizados. Dessa forma, a produção de bioplásticos a partir da extração da celulose do cavaco da madeira deve ser estudada, podendo tornar-se uma alternativa sustentável (COSTA, Dáfix Dantas; MARTINS, Bianca Cerqueira; COELHO, Jose Clailson Franco; OLIVEIRA, Fiana Natacha Lima de; NAGY, Augusto César Gomes, 2018).

Considerando que a reutilização sustentável do cavaco da madeira para a produção de bioplásticos pode ser explorada como uma possível alternativa, de tal forma que contribua para a preservação do meio-ambiente formula-se a seguinte pergunta: a celulose pode ser utilizada para melhorar as propriedades biodegradáveis dos bioplásticos formulados a partir do amido?

4 HIPÓTESES

- É possível extrair a celulose do cavaco da madeira.
- A partir da incorporação da celulose é possível produzir bioplásticos.
- O bioplástico produzido terá boa degradação no solo.
- A extração e uso da celulose para a produção de bioplásticos é viável economicamente.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

Extrair a celulose a partir do cavaco da madeira e incorporá-la na produção de bioplásticos visando melhorar suas propriedades mecânicas.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar os resíduos da indústria madeireira.
- Extrair a celulose do cavaco da madeira por deslignificação e branqueamento.
- Caracterizar a celulose por infravermelho.
- Formular e caracterizar o bioplástico através de ensaios físico-químicos.
- Verificar a degradação do bioplástico no solo.

6 JUSTIFICATIVA

As madeireiras são empresas ou indústrias que exploram ou comercializam produtos florestais, essas empresas desempenham um grande papel econômico, onde fornecem materiais para obras, criam móveis, fabricam o papel e alguns outros produtos, eles produzem em grande quantidades os seus produtos, restando 20 milhões de toneladas de resíduos por ano, esses resíduos sendo, serragem, lascas, aparas e pó de madeira. (DUTRA; NASCIMENTO; NUMAZAWA, 2006.).

Por conta do baixo rendimento da empresa madeireira, caso os resíduos sejam descartados no meio-ambiente, geraria um impacto extremamente negativo ao meio ambiente, como a contaminação do solo e água, emissão de gases do efeito estufa, desmatamento e degradação de ecossistemas, riscos de incêndios florestais, impacto na fauna local e perda de recursos naturais. (DUTRA; NASCIMENTO; NUMAZAWA, 2006.).

Algumas das empresas madeireiras, são umas das grandes contribuintes na poluição do planeta, por descartarem de forma incorreta os seus resíduos, estes que poderiam ser utilizados para a produção de outros bens mais valiosos. Essas optam por incendiar os resíduos restantes, achando que é uma escolha boa, mas isso só libera gases poluentes à atmosfera, impactando o meio-ambiente. Uma das soluções seria reutilizar os resíduos restantes em criações de utensílios úteis para as pessoas (DUTRA; NASCIMENTO;

NUMAZAWA, 2006a.), (COSTA, Dáfix Dantas; MARTINS, Bianca Cerqueira; COELHO, Jose Clailson Franco; OLIVEIRA, Fiana Natacha Lima de; NAGY, Augusto César Gomes, 2018b).

Com base em estudos recentes, os cavacos de madeira, provenientes do processamento de resíduos como refilos, costaneiras e toras inteiras, são geralmente reaproveitados em indústrias de papel e celulose, geração de energia ou fabricação de painéis como o MDF. No entanto, quando descartados inadequadamente, podem gerar impactos ambientais significativos. Esses resíduos podem levar à poluição do solo e da água devido à decomposição orgânica, além de emitir metano e dióxido de carbono, agravando o efeito estufa (OLMOS, Andriele Pereira; SPONCHIADO, Margarete, 2022a) (UCELLA-FILHO, João Gilberto Meza; CEZARIO, Luis Felipe Cabral; SANTOS, Vaniele Bento dos; CARVALHO, Fernanda Aparecida Nazário de; DELATORRE, Fabíola Martins; CUPERTINO, Gabriela Fontes Mayrinck; VIDAURRE, Graziela Baptista; JÚNIOR, Ananias Francisco Dias, 2020b).

No Brasil, empresas madeireiras têm produzido cavacos em grandes volumes, principalmente de eucalipto. Apenas uma serraria de médio porte pode gerar cerca de 137,5 m³ de resíduos mensais, dos quais parte é transformada em cavacos. O manejo sustentável desses resíduos, como sua comercialização ou reaproveitamento para produção de energia, é essencial para minimizar os impactos no meio-ambiente e otimizar utilização de recursos naturais (OLMOS, Andriele Pereira; SPONCHIADO, Margarete, 2022a) (UCELLA-FILHO, João Gilberto Meza; CEZARIO, Luis Felipe Cabral; SANTOS, Vaniele Bento dos; CARVALHO, Fernanda Aparecida Nazário de; DELATORRE, Fabíola Martins; CUPERTINO, Gabriela Fontes Mayrinck; VIDAURRE, Graziela Baptista; JÚNIOR, Ananias Francisco Dias, 2020b)

Em 2006, 52,8% dos produtos que eram fabricados pelas empresas (madeira, entre outras) não eram utilizados e em 2018, isso subiu para os 60%, mostrando que os seus produtos são gerenciados de forma inadequada. Por conta desse gerenciamento inadequado, resulta em consequências negativas, como social (prejudicando a saúde das pessoas) e ambiental (impactando no meio ambiente pela quantidade de resíduos), assim se enquadrando como uma fonte poluente (DUTRA; NASCIMENTO; NUMAZAWA, 2006a) (COSTA, Dáfix Dantas; MARTINS, Bianca Cerqueira; COELHO, Jose Clailson Franco; OLIVEIRA, Fiana Natacha Lima de; NAGY, Augusto César Gomes, 2018b).

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica abordará os temas centrais do projeto de pesquisa, estes que por sua vez guiarão todos os processos realizados durante a elaboração e finalização da pesquisa.

7.1 INDÚSTRIA MADEIREIRA

Analisando a pesquisa de Cerqueira, Vieira, Barberena, Melo e Freitas (2012), compreende-se que a geração de resíduos é uma consequência inevitável do processamento da madeira nas indústrias, seja no estágio inicial (primário) ou subsequente (secundário). Esses resíduos são classificados com base em suas características físicas, como por exemplo: cavacos, que são partículas de até 50 × 20 mm, geralmente geradas por picadores; maravalhas, com tamanho inferior a 2,5 mm; serragem, com partículas entre 0,5 e 2,5 mm, produzidas por serras; pó, que são resíduos com menos de 0,5 mm; e lenha, composta por fragmentos maiores, como costaneiras, aparas e sobras de topos de troncos (CERQUEIRA, P. H. A.; VIEIRA, G. C.; BARBERENA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, L. C., 2012).

A maior parte desses resíduos é produzida no processamento primário, mas a quantidade exata depende de diversos fatores, incluindo o tipo de técnica utilizada, o maquinário e as dimensões e propriedades físicas das toras de madeira. As perdas durante o corte e o desdobramento da madeira¹ de reflorestamento podem representar entre 20% e 40% do volume total processado. A questão dos resíduos florestais na indústria é amplamente debatida, pois o volume gerado é visto como excessivo, mesmo em pequenas serrarias e marcenarias (CERQUEIRA, P. H. A.; VIEIRA, G. C.; BARBERENA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, L. C., 2012).

Quando descartados de maneira inadequada, esses resíduos representam uma ameaça ambiental, como gases que colaboram para o efeito estufa, contaminação de rios e solos, riscos de incêndios e impacto na fauna local, mas também podem ser reaproveitados de forma alternativa, gerando uma fonte adicional de renda para as indústrias madeireiras.

¹ O desdobramento da madeira refere-se ao processo de transformar toras brutas em peças menores e mais utilizáveis, como pranchas, tábuas, vigas ou outros formatos. Esse processo é realizado em serrarias ou indústrias madeireiras e envolve o uso de máquinas como serras de fita, serras circulares ou serras múltiplas. O objetivo do desdobramento é otimizar o aproveitamento da madeira, reduzindo o desperdício e gerando produtos adequados para diferentes aplicações.

A indústria madeireira investigada pelos autores Cerqueira, Vieira, Barberena, Melo e Freitas (2012), 55% dos resíduos são vendidos para fins energéticos, 17% utilizados em curral de gado, 16% doados, 8% são descartados e 2% são usados para a confecção de artefatos (CERQUEIRA, P. H. A.; VIEIRA, G. C.; BARBERENA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, L. C., 2012). Dias, Santos e Condé (2016) examinaram cinco (8,9%) das indústrias madeireiras, aleatoriamente, de RORAINÓPOLIS-RR, município que abriga 56 indústrias do tipo, representando 90% deste mercado em Roraima.

As empresas entrevistadas alegam estarem conscientes da queima de resíduo madeireiro e degradação ambiental pela emissão de poluentes. É dito que todas as serrarias fazem a estocagem de resíduo em seus pátios, onde para 80% a queima é a opção escolhida.

Dentre as empresas entrevistadas, 40% declararam terem sido notificadas com multas e indenizações ambientais, sendo que 60% trabalham com custos ambientais de prevenção, mas o investimento nessa área pode ser extremamente ruim, pois de 10 árvores que são cortadas, só 5 são utilizadas. Os métodos contábeis utilizados para tornar mais eficiente a gestão econômica e socioambiental das serrarias foram: controle do estoque de madeira (100%), fluxo de caixa (80%), relatórios técnicos (80%) (DIAS, J. A.; SANTOS, C. M. L.; CONDÉ, T. M., 2016).

A indústria madeireira gera resíduos como cavacos e serragem, que podem ser reaproveitados, enquanto a celulose, extraída da madeira, pode ser utilizada na produção de bioplásticos e papéis devido à sua sustentabilidade e alta degradabilidade. Ambos contribuem para a redução dos impactos ambientais.

7.2 CELULOSE DA MADEIRA

A celulose é um composto muito abundante na natureza, por conta de ser o principal componente da parede celular das plantas. Com a celulose produz-se diversos materiais do nosso dia-a-dia, como papel, embalagens, tecidos e demais utensílios (EVARISTO et al. 2023).

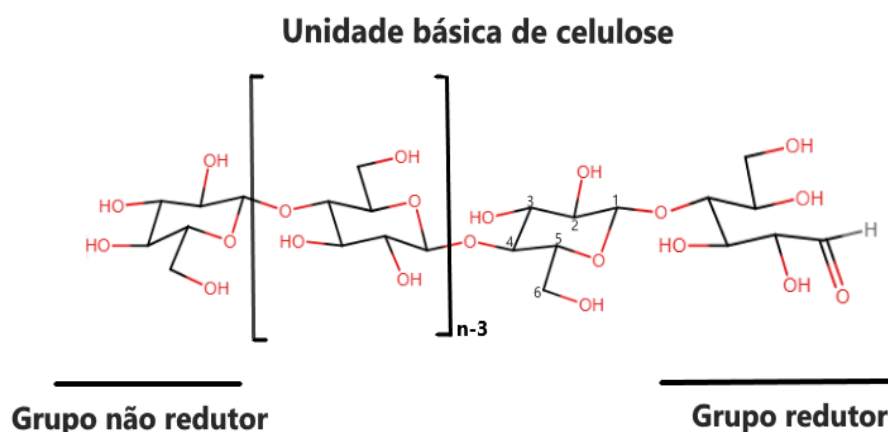
A celulose, por muitas vezes, está ligada com a ideia de criar produtos que contribuam para a sustentabilidade dos recursos naturais, substituindo o uso do petróleo e outros materiais. As árvores assim como outros vegetais superiores são as principais fontes de celulose, um fator que deixa a celulose um produto muito abundante e fácil de se encontrar (EVARISTO et al. 2023).

Outro fator que faz da celulose ser um dos componentes muito utilizado para produção de bioplásticos e biofilmes é quando sua cristalinidade é reduzida de forma físico-química, com o uso de ácidos, álcalis ou outros reagentes para romper as ligações de hidrogênio entre as cadeias de celulose, diminuindo então a organização cristalina, tornando as fibras mais amorfas, ou também pelo processo mecânico, Moagem e trituração, fragmentando as fibras de celulose e expondo partes amorfas, facilitando o ataque por enzimas e microrganismos. (EVARISTO et al. 2023).

7.2.1 Propriedades

A celulose é um homopolímero composto de unidades D-anidroglicopirranose (AGU) que se organiza de forma linear, constituída por ligações glicosídicas do tipo $\beta(1-4)$ (SILVÉRIO, 2008). A sua estrutura molecular tem forte interação com álcoois primários e secundários, devido às suas interações do tipo ligação de hidrogênio. A presença das ligações de hidrogênio como interação intermolecular como é visto na figura 1, faz com que a molécula apresente regiões amorfas e cristalinas, que se ligam formando microfibrilas. Estas se juntam para a criação de fibrilas, que formam fibras de celulose.

Figura 1 - Estrutura da celulose numerando os átomos de carbono, mostrando sua extremidade redutora e não redutora.



Adaptado de: Fernandes; Pedrosa; Alves; Medronho; Ferreira; Rasteiro (2023, *apud* ALVES, 2015) utilizando o programa Chem-Space.

De acordo com Magalhães; Fernandes; Pedrosa; Alves; Medronho; Ferreira; Rasteiro (2023), uma propriedade importante de reação na celulose é a esterificação. A respeito disso, descobriu-se que o grupo hidroxila na posição do sexto carbono é mais propenso a reagir do

que os outros dois grupos hidroxila. Além disso, o OH na posição do segundo carbono reage duas vezes mais rápido que a hidroxila na posição do terceiro carbono em reações de esterificação. O grupo hidroxila primário (C6) tem um eixo de rotação livre em torno da ligação C5–C6, o que leva a um comportamento mais reativo.

Apesar da presença favorável de grupos hidroxila reativos, as reações envolvendo celulose normalmente não são fáceis, principalmente porque a celulose é altamente heterogênea por natureza isso faz ela ser muitas vezes insolúveis como:

Ainda que a celulose seja composta por cadeias de glicose, sua estrutura anfífilica e sua organização hierárquica fazem com que adote uma conformação de polaridade diferente. Essa conformação torna a celulose insolúvel na maioria dos solventes, tais como água, álcool, éter, ácidos e álcalis diluídos (FERREIRA; LANDULFO; SOUSA; SANTANA; SANTOS, 2023, p. 12, apud TRINDADE, 2014).

Suas diferentes partes, sendo elas amorfas ou cristalinas podem se apresentar de formas diferentes para um reagente, porém, estas podem ser alteradas com tratamentos específicos que rompem a sua estrutura e promovem um efeito de inchaço.

Se tratando dos bioplásticos, a celulose é caracterizada por ser uma fibra insolúvel e de extrema abundância. Sua presença aumenta sua estabilidade térmica, e também sua elasticidade, podendo agir como entrecruzador físico, melhorando a rigidez do material. Além disso, não prejudica sua resistência à tração. (BERNARDUCCI; BRANCIFORTI, 2016).

A produção em laboratório dispõe de características únicas que tornam o material leve, resistente mecanicamente, tolerante às mudanças de temperatura, ao contato de compostos químicos e a água, e possui aplicações ilimitadas. (PLÁSTICO VIRTUAL, 2024).

7.2.2 Extração

A utilização da celulose como matéria-prima por indústrias de transformação é comum no nosso dia-dia, especialmente quando utilizam na produção do papel. Além do papel, como comumente é dado como exemplo, a celulose pode produzir até mesmo tecidos, produtos farmacêuticos, biodiesel ou bioplásticos.

7.2.2.1 Extração industrial e laboratorial

Segundo Magalhães; Fernandes; Pedrosa; Alves; Medronho; Ferreira; Rasteiro (2023), os métodos convencionais para fracionamento de celulose, como o método de cozimento

kraft, são muito eficientes em sua obtenção, mas a natureza dos solventes usados levaram a ciência buscar novas alternativas ambientalmente mais aceitas, isto é, sem gerar ou gerando poucos poluentes.

Nas indústrias, o processo mais comum de extração da celulose é dado por meio de cavacos dos mais diversos tipos de madeira, porém nas indústrias há concentração das espécies variando tanto de madeiras nobres (choupo, acácia ou eucalipto) ou de madeiras um tanto quanto comuns (abeto ou pinho), (MAGALHÃES; FERNANDES; PEDROSA; ALVES; MEDRONHO; FERREIRA; RASTEIRO, 2023).

Após a obtenção dos cavacos, se utiliza o método de cozimento Kraft, que basicamente aquece os cavacos a aproximadamente 170 °C , junto com o chamado licor de cozimento (NaOH). O processo estabelece a curva de deslignificação da madeira, ou seja a separação da lignina. A recuperação do licor de cozimento acontece no processo de lavagem da madeira, onde a polpa da celulose ainda com licor de cozimento é diluída com água ou licor branco (uma mistura de NaOH e Na₂S).

O último processo é o branqueamento, que pode ser definido como um tratamento físico-químico que tem como objetivo melhorar as suas propriedades em questão de limpeza e pureza química (ALMEIDA, 2002). As substâncias mais comuns utilizadas nesse processo são: peróxido de hidrogênio, dióxido de cloro, oxigênio, hidróxido de sódio, hipoclorito de sódio, solução de hidróxido de sódio e ácido cloroacético. A ação do calor e de produtos químicos provocam a solubilização de compostos não celulósicos, gerando fibras de celulose.

De acordo com Menslin; Dominguez; Wolter; Mueller; Padilha (2024), a extração experimental é feita com processos semelhantes ao industrial. Em laboratórios, normalmente são empregados os mesmos processos que as fábricas, porém utilizando outros tipos de equipamentos.

A trituração envolve o auxílio do moinho de facas, onde haverá a obtenção de cavacos de madeira. Estes, deverão ser aquecidos em equipamentos mais simples como estufas. Segundo Souza *et al.* (2021 *apud* MENSLIN *et al.*, 2024), o próximo processo é a deslignificação, que aquece os sólidos a 85 °C durante duas horas, junto com uma solução de NaOH. O branqueamento é realizado sob agitação com soluções de NaOH e de H₂O₂ para concluir o clareamento das fibras de celulose (MENSLIN *et al.* 2024).

7.3 BIOPLÁSTICOS

Há anos a utilização de plásticos derivados do petróleo tem sido um grande palco para discussões ambientalistas, isso acontece devido às suas propriedades dificilmente degradáveis, os tornando prejudiciais ao meio ambiente. Segundo Grimberg (2018 *apud* AZEVEDO, FERNANDES, 2022) todo ano, aproximadamente 300 milhões de toneladas de plásticos são produzidos ao redor do mundo, e mais de oito milhões vão parar nos oceanos. Uma alternativa muito pesquisada para a substituição desses poluentes são os bioplásticos (GRIMBERG, 2018 *apud* AZEVEDO, FERNANDES, 2022)

“Bioplásticos são materiais poliméricos produzidos a partir de constituintes renováveis (TELLES; SARAN; UNÊDA-TREVISOLLI, 2011 *apud* SILVA 2022)”. Esses materiais apresentam rápida decomposição em comparação aos obtidos do petróleo, concluindo este processo em torno de seis meses (SABOYA, 2013, *apud* SILVA 2022). Segundo Silva (2022) o bioplástico é comumente elaborado com amido, a escolha desse carboidrato é justificada pela sua abundância e por conferir boa sustentação, podendo ser reforçado com fibras vegetais. Uma vantagem da incorporação da celulose no bioplástico a partir do amido é o aumento na sua resistência mecânica (SILVA, 2022).

De acordo com Paulino *et al.* (2019) polímeros biodegradáveis são utilizados como meio de liberação controlada de moléculas, sendo usado principalmente na indústria farmacêutica e alimentícia. A biodegradabilidade dos polímeros é muito explorada na indústria farmacêutica na modulação de liberação de fármacos, pois ao introduzir um material é desejável que este desapareça após cumprida sua função (CUNHA; VILLANOVA; ORÉFICE, 2009).

Conforme Medeiros (2023), os bioplásticos são projetados para terem menos impactos negativos no meio ambiente em comparação aos derivados do petróleo. As matérias-primas mais utilizadas incluem recursos naturais renováveis como a celulose, essas fontes são processadas e transformadas em polímeros (MEDEIROS, 2023).

Uma grande vantagem da utilização da celulose e outros biopolímeros biodegradáveis para a formação de bioplásticos é sua biocompatibilidade, segundo Marconato *et al.* (2006) estes polímeros naturais são degradados na natureza por fungos, que secretam enzimas que catalisam as reações de oxidação da celulose e amido. As bactérias podem secretar endo e exoenzimas para degradar essas moléculas, fungos e bactérias ainda podem agir cooperativamente, transformando celulose em glicose que, por sua vez, chega no estágio final da degradação: dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O) (MARCONATO *et al.*, 2006).

8 METODOLOGIA

A metodologia que será aplicada durante a execução do projeto é um conjunto de processos utilizados em outros artigos científicos semelhantes, que também visam extrair a celulose, produzir e caracterizar bioplásticos. Para a extração da celulose serão realizados os processos de deslignificação e branqueamento, então formulamos o bioplástico a partir do amido com adição de celulose, então por fim, faremos as caracterizações físico-químicas do mesmo.

8.1 COLETA DAS AMOSTRAS

A madeira utilizada será das espécies de árvores: Cumaru, Imbuia, Peroba Mica, Freijó e Pinus, serão doadas 5 kg por uma empresa especializada na fabricação de portas (Phanda) localizada no município de Corupá.

Segundo Menslin *et al* (2024) o primeiro passo será secar a madeira na estufa a 60 °C por 48 horas para facilitar os próximos processos. Ela deve ser descascada, e utilizando um moinho de facas, picada em cavacos para facilitar a homogeneização e ação do reagente (aumento da superfície), logo em seguida ocorrerá a extração de componentes acidentais via adição de solventes orgânicos (Giesbrecht, 2019).

8.2 EXTRAÇÃO DA CELULOSE

Conforme Menslin *et al* (2024) a próxima etapa é a deslignificação, que será feita por uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 5% sob aquecimento e agitação, com temperatura próxima de 85 °C durante duas horas, junto do cavaco da madeira. A proporção de reagentes utilizados para 1 g do cavaco será de 8 mL da solução de NaOH 5% (SOUZA *et al.* 2021 *apud* MENSLIN *et al.*, 2024).

O produto obtido será filtrado em peneiras comuns para a separação do licor negro, e lavado com água até obter pH próximo de 7, que será medido com papéis indicadores, com o objetivo de retirar a base restante na madeira (MENSLIN *et al.*, 2024). O licor negro será separado, tratado com um ácido disponível no laboratório e descartado adequadamente.

Seguindo a metodologia adaptada de Zandonai (2018) *et al. apud* Menslin *et al.* (2024), a próxima etapa será o branqueamento. Para a obtenção de uma coloração mais clara virão a ser realizadas algumas etapas usando diferentes concentrações de NaOH e H₂O₂

(peróxido de hidrogênio). Segundo Menslin *et al.* (2024) a reação deve ser feita por agitação, espera-se a formação de espuma em grande quantidade. Para controlar esse problema será necessário utilizar um borrifador de álcool etílico 70% ou diminuir a temperatura por banho de gelo. Ao final do processo o material obtido deverá ser filtrado em peneiras comuns.

8.3 CARACTERIZAÇÃO DA CELULOSE

Para caracterizarmos a celulose, será utilizado apenas a espectroscopia no processo infravermelho UATR. O processo será realizado utilizando o modelo presente dentro do laboratório: Spectrum Two FT-IR Spectrometer.

Figura 2 - Espectrômetro de infravermelho



Fonte: Autoria própria

Para o uso do espectrômetro da figura 2, será colocada uma pequena porção de celulose no leitor de amostra do equipamento. A análise da amostra produzirá um espectro que será analisado comparando as bandas geradas com a literatura, identificando as ligações presentes na estrutura química da celulose.

8.4 PRODUÇÃO DOS BIOPLÁSTICOS

A partir dos estudos realizados por Paulino *et al.* (2019), foi adaptada uma metodologia para a produção de bioplásticos, que consiste em dispersar 2,5 g de amido com 2,5g de celulose (relação 50:50) em 50 mL de água destilada a 25 °C com 2% de glicerol. Após homogeneizar a solução será adicionado 50 mL de água destilada a 95 °C, agitando por 15 minutos. A solução deve ser resfriada a 35 °C e, ao final, será vertida em placas Petri de 10 cm, por fim, deve ser levada à estufa a 37 °C por 12 horas.

8.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO BIOPLÁSTICO

Para caracterizar o bioplástico, serão realizadas uma série de análises que nos trarão informações sobre suas propriedades físico-químicas, possibilitando assim, que seja feita a caracterização do bioplástico.

Através do dinamômetro da marca MAQTEST, disponível no Câmpus Jaraguá do Sul - Centro do IFSC, será realizado o teste de tração para verificar se o bioplástico tem boa resistência mecânica, pois a celulose contribui com essa característica de flexibilidade; para esse teste será feito um ensaio em triplicata com amostras do bioplástico com medidas de 20 cm por 5 cm.

Para descobrir a sua capacidade de resistência à temperatura, serão realizados testes aquecendo o bioplástico durante 30 minutos em diferentes temperaturas, começando na temperatura de 50 °C e então analisando se houve alguma alteração em sua estrutura, se ficou quebradiço ou se houve alguma perda de massa. Caso o bioplástico não apresente nenhuma alteração, o teste será repetido, porém dessa vez, uma nova amostra será aquecida e haverá um aumento de 10 °C na temperatura, esse processo se repetirá até que ocorra alguma mudança no bioplástico. A resistência à temperatura dos bioplásticos pode variar de acordo com diversos fatores, entretanto, aqueles que permanecem com suas características originais, mesmo acima dos 100 °C são considerados altamente resistentes.

Com a finalidade de descobrir se o produto produzido realmente é um bioplástico, será realizado o teste de degradabilidade, esse que consiste em cortar amostras do produto, todas com massa de 1,0000 g, guardá-las em diferentes caixas e enterrá-las no solo, e após diferentes períodos de tempo (a cada 24 horas) essas amostras serão retiradas do solo e das caixas, serão pesadas e analisadas e, então, será possível analisar o percentual de degradabilidade no solo em diferentes tempos de exposição. De acordo com a dissertação de Souza (2018) para que bioplástico tenha uma degradabilidade rápida, é necessário que 20% da sua massa total seja perdida no primeiro mês.

Também será feito o teste de inchaço, que consiste em deixar uma amostra de 1,0000 g de bioplástico em um recipiente com água e após 24 horas pesá-lo novamente, assim será possível analisar o quanto de água o bioplástico absorveu.

Por fim, será feita a espectroscopia no infravermelho utilizando a técnica UATR assim como descrito no item 8.5 para fazer a análise do bioplástico produzido. A partir do

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Karina Moita de. **Tratamento de efluente alcalino do branqueamento da polpa de celulose pelo processo de separação de membranas**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/2322>. Acesso em 13 de dez. 2024.
- AZEVEDO, Alexandre R.; FERNANDES, Carolina C. **Caracterização e propriedades de bioplásticos obtidos a partir de polvilho doce com diferentes proporções de amido**. *UNILASALLE Niterói*, v. 11, n. 25, p. 184–199. Disponível em: https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/conhecimento_diversidade/article/view/6254. Acesso em: 22 out. 2024.
- CERQUEIRA, P. H. A.; VIEIRA, G. C.; BARBERENA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, L. C. **Análise dos Resíduos Madeireiros Gerados Pelas Serrarias do Município de Eunápolis-BA**. *Floresta e Ambiente*, 2012. Disponível em: <https://www.floram.org/article/10.4322/floram.2012.051/pdf/floram-19-4-506.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2024
- DIAS, J. A.; SANTOS, C. M. L.; CONDÉ, T. M. **A CONTABILIDADE AMBIENTAL NO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS MADEIREIROS EM RORAINÓPOLIS-RR**. *Revista Eletrônica Ambiente - Vol. 8*, 2016. Disponível em: <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article/view/233/121>. Acesso em: 15 dez. 2024
- EVARISTO, Rafael B. W.; DUTRA, Romulo C.; SUAREZ, Paulo A. Z.; GHESTI, Grace F. **Materiais obtidos a Partir de Celulose: Origem, Síntese e Aplicações**. *Revista Virtual de Química*, 2023. Disponível em: <https://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/4524/1099>. Acesso em: 15 dez. 2024
- FERREIRA, Carlos Eduardo; LANDULFO, Carlos Henrique Oliveira; SOUSA, Gustavo Almeida de; SANTANA, Karollyne Silva; SANTOS, Miguel Bertolino dos. **Desenvolvimento de bioplástico a partir da casca do girassol**. Escola Técnica Estadual ETEC de Cidade Tiradentes, São Paulo, 2023. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/15154/1/qui_2023_1_carloseduardo_desenvolvimentodebioplastico.pdf. Acesso em: 9 dez. 2024.
- MAGALHÃES, Solange; FERNANDES, Catarina; PEDROSA, Jorge F. S.; ALVES, Luís; MEDRONHO, Bruno; FERREIRA, Paulo J. T.; RASTEIRO, Maria da Graça. **Polyvinyl Alcohol (PVA)-Based Hydrogels: Recent Progress in Fabrication, Properties, and Multifunctional Applications**. *Polymers*, v. 15, n. 14, p. 3138, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/14/3138>. Acesso em: 30 set. 2024.
- MEDEIROS, Rozélia. **Bioplástico**. *Portal da Educação Ambiental*, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/bioplastico/>. Acesso em: 30 set. 2024.
- MENSLIN, Camila Taís; DOMINGUEZ, Guilherme Penteadó; WOLTER, Gustavo Vinicius; MUELLER, Henrique André; PADILHA, Silvio Bryan Santana. **Produção de papel a partir**

do mesocarpo do coco verde. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Jaraguá do Sul, 2024.

NASCIMENTO, S. M.; DUTRA, R. I.; NUMAZAWA, S. **Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso.** *Holos Environment*, v. 6, n. 1, p. 8–21, 2006. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=indústria+madeira&q=indústria+madei#d=gs_qabs&t=1731415417237&u=%23p%3DVp1O2bqblDsJ. Acesso em: 11 nov. 2024.

OLMOS, Andrielle Pereira; SPONCHIADO, Margarete. **Processo produtivo da madeira em serraria - seus resíduos e seu destino.** Universidade Estadual do Rio Grande do Sul: DOI, 2022. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2022/II-006.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2024

PAULINO, G. S. et al. **Produção de bioplástico a partir de resíduos de café e seu uso como matriz de liberação de antimicrobianos.** In: *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 10., 2019, Vitória. Anais [...]. Vitória-ES: Consórcio Pesquisa Café, 2019. Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/ojs/index.php/SimposioCafe2019/article/viewFile/234/119>. Acesso em: 27 out. 2024.

PLÁSTICO VIRTUAL. **Plástico feito com nanofibras de celulose é realização brasileira.** *Plástico Virtual*, 2023. Disponível em: <https://plasticovirtual.com.br/plastico-feito-com-nanofibras-de-celulose-e-realizacao-brasileira/>. Acesso em: 9 dez. 2024.

SILVÉRIO, Flaviano O. **Caracterização de extrativos de madeira de eucalyptus e depósitos de pitch envolvidos na fabricação de celulose e papel.** UFMG Belo Horizonte, p. 1–10. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SFSA-85YUWY/1/tese_flaviano_oliveira_silverio.pdf. Acesso em: 22 out. 2024.

SOUZA, Gustavo Tadeu Alvarenga Marques. **Biodegradação de plásticos e bioplásticos no solo sob condições controladas em campo.** 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/3870>. Acesso em: 12 dez. 2024.

UCELLA-FILHO, João Gilberto Meza; CEZARIO, Luis Filipe Cabral; SANTOS, Vaniele Bento dos; CARVALHO, Fernanda Aparecida Nazário de; DELATORRE, Fabíola Martins; CUPERTINO, Gabriela Fontes Mayrinck; VIDAURRE, Graziela Baptista; DIAS JÚNIOR, Ananias Francisco. **Cavacos de madeira: características, aplicações e avanços de pesquisa no Brasil.** In: *Open Science Research VII*. Editora Científica, 2022. Disponível em: <https://editoracientifica.com.br>. Acesso em: 16 dez. 2024.