

CENTRO PAULA SOUZA
Escola Técnica Estadual Professora Maria Cristina Medeiros
Técnico em Química

Cleyton Paixão
Ednaldo Marques
Erik Fontes
Kimberly Costa
Pâmella Almeida

POLIPROPILENO AGREGADO A MADEIRA BRANQUEADA PARA
INJEÇÃO DE PLACAS

Ribeirão Pires
2024

Cleyton Paixão
Ednaldo Marques
Erik Fontes
Kimberly Costa
Pâmella Almeida

**POLIPROPILENO AGREGADO A MADEIRA BRANQUEADA PARA
INJEÇÃO DE PLACAS**

Trabalho De Conclusão De Curso,
apresentado ao Curso Técnico em Química
da Etec Professora Maria Cristina Medeiros,
orientado pelo Prof. Ricardo Liochi Ferreira
Silva Pellaró, como requisito parcial para
obtenção do título de Técnico em Química.

Ribeirão Pires
2024

Cleyton Paixão
Ednaldo Marques
Erik Fontes
Kimberly Costa
Pâmella Almeida

**POLIPROPILENO AGREGADO A MADEIRA BRANQUEADA PARA
INJEÇÃO DE PLACAS**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Curso Técnico em Química
da ETEC Professora Maria Cristina
Medeiros, como parte das exigências para
obtenção do título de Técnico em Química.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Paulo Cesar de Souza Cândido
(Coordenador do curso)

Prof. Denis Alberto Conte
(Avaliador interno)

Profª Rosalina Júlio
(Avaliador interno)

Prof. Ricardo Ferreira da Silva
(Orientador do trabalho)

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado a todos os professores cuja valiosa contribuição foi fundamental para sua conclusão, transmitindo-nos o vasto conhecimento acumulado ao longo do tempo. Também expressamos nossa sincera gratidão aos familiares que, ao longo de um ano e meio, demonstraram paciência, compreensão e colaboração, desempenhando um papel essencial em nossa jornada até este ponto.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pela oportunidade concedida desde o momento da aprovação até o presente dia. Somos profundamente gratos pelos inúmeros conhecimentos adquiridos, pelas valiosas experiências vivenciadas e pelas preciosas amizades que se formaram durante esse percurso.

Expressamos nossa sincera gratidão aos nossos familiares e amigos, cuja força, apoio incondicional e generosidade foram pilares essenciais em nossa jornada.

Cada gesto de carinho e cada palavra de encorajamento não foram apenas apreciados, mas também fundamentais para o nosso sucesso.

À equipe de professores e demais funcionários da escola ETEC Profª Maria Cristina Medeiros, estendemos nossos agradecimentos pelos serviços prestados, pela paciência demonstrada e por toda e qualquer ajuda oferecida ao longo do caminho. Cada momento em sala de aula foi enriquecedor, proporcionando não apenas conhecimento, mas também experiências valiosas que levaremos conosco para toda a vida.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a nossa jornada, expressamos nossa profunda gratidão. Este é um momento de celebração e reflexão, e é com o coração cheio de agradecimento que olhamos para trás e também para o futuro, ansiosos por aplicar os aprendizados adquiridos e contribuir para o bem comum.

Que a gratidão que sentimos seja o alicerce para novas conquistas e que possamos, de alguma maneira, retribuir todo o apoio que recebemos. Também agradecemos imensamente a Fatec Mauá - Faculdade de Tecnologia de Mauá pela parceria neste projeto.

Com sincero agradecimento!

EPÍGRAFE

***“ Nossa maior fraqueza é desistir. O maior caminho para o sucesso é sempre
tentar apenas uma vez mais”***

(Thomas A. Edison)

RESUMO

Neste trabalho tivemos como intuito a produção de placas feitas inicialmente com polímero policarbonato reaproveitado e atribuindo serragem de madeira, que são altamente descartadas nas madeireiras, onde a mesma foi submetida ao processo de branqueamento. Porém, durante os testes de injeção verificamos que o polímero que mais se aplica para esta finalidade é o polipropileno. Essa placa tem como principal objetivo servir de material para o mercado da construção civil, como também para produção de telhas para residências e afins, e com a serragem da madeira em natura atribuída ao polímero ter como objetivo produzir placas compensadas com o intuito também de aplicá-los na indústria da construção civil, bem como na fabricação de revestimentos, pisos e decks. Nosso trabalho tem foco sustentável, por meio da obtenção e reaproveitamento de polímeros e da serragem de madeira

Palavras-chaves: Madeira; branqueamento; sustentável; construção civil; polímero; reaproveitamento; placas compensadas.

ABSTRACT

In this work, we aimed to produce boards initially made with recycled polycarbonate polymer and wood sawdust, which is largely discarded in lumberyards, where it was subjected to the bleaching process. However, during the injection tests, we found that the polymer most suitable for this purpose is polypropylene. This board is mainly intended to serve as a material for the construction market, as well as for the production of roof tiles for homes and the like, and with the sawdust from the natural wood attributed to the polymer, the aim is to produce plywood boards with the aim of also applying them in the construction industry, as well as in the manufacture of coverings, floors and decks. Our work has a sustainable focus, through the obtaining and reuse of polymers and wood sawdust.

Keywords: Wood; bleaching; sustainable; civil construction; polymer; reuse; plywood boards.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do tronco	22
Figura 2 - Fórmula estrutural da lignina	23
Figura 3 - Estrutura dos polímeros	25
Figura 4 - Fórmula Química do Policarbonato	26
Figura 5 - Estrutura Química do Bisfenol A	26
Figura 6 - Esquema da estrutura química da resina epóxi	27
Figura 7 - Cobertura de Policarbonato	30
Figura 8 - Processo de deslignificação da madeira	32
Figura 9 - Madeira transparente atribuído ao polímero	33
Figura 10 - Fórmula estrutural do ácido acético	35
Figura 11 - Fórmula estrutural do acetato de sódio	35
Figura 12 - Fórmula estrutural do clorito de sódio	36
Figura 13 - Fórmula estrutural da acetona	37
Figura 14 - Fibras da madeira observadas no microscópio	38
Figura 15 - Fórmula estrutural do hidróxido de sódio	39
Figura 16 - Fórmula estrutural do hipoclorito de sódio	39
Figura 17 - Fórmula estrutural do peróxido de hidrogênio	40
Figura 18 - Fórmula estrutural do hidrossulfito de sódio	42
Figura 19 - Policarbonato apresentando aeração	44
Figura 20 - Fórmula estrutural do Polipropileno	46
Figura 21 - Placa somente polipropileno e placa de madeira plástica	47
Figura 22 - Deck feito de madeira plástica	47
Figura 23 - Fluxograma de Processo	54
Figura 24 - Madeira branqueada, onde é possível ler: Miojo = 5.2	64

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 - Investimentos Maquinários	55
Tabela 2 - Custos fixos	56
Tabela 3 - Investimentos, Insumos e Reagentes	56
Tabela 4 - Precificação	57
Tabela 5 - Análise SWOT	61
Tabela 6 - Canvas	63
Gráfico 1 - Pesquisa de Campo, Idade	58
Gráfico 2 - Pesquisa de Campo, Reaproveitamento	58
Gráfico 3 - Pesquisa de Campo, Descarte	59
Gráfico 4 - Pesquisa de Campo, Interesse	59
Gráfico 5 - Pesquisa de Campo, Preço	59
Gráfico 6 - Pesquisa de Campo, Importância da Reciclagem	60

SUMÁRIO

1. Introdução	14
1.1. Justificativa	16
1.2. Objetivo Geral	17
1.2.1. Objetivos Específicos	18
1.3. Problemática	19
1.4. Hipótese	20
2. Definição, Estrutura e Características	21
2.1. Porque usar o Policarbonato	28
2.2. Porque branquear a madeira e atribuí-la ao Policarbonato	31
3. Metodologia para branqueamento da madeira Pinus	34
3.1. Metodologia para agregação da madeira ao polímero	43
3.2. Metodologia dos testes aplicados e seus resultados	49
4. Subprodutos	53
5. Fluxograma de Processo	54
6. Custos, Quantificação e Depreciação	55
7. Pesquisa de Campo	58
8. Análise SWOT	61
9. Análise Modelo Canvas	63
10. Considerações Finais	64
Referências	66

1. INTRODUÇÃO

O propósito deste estudo foi desenvolver o processo de branqueamento da serragem de madeira e atribuí-la inicialmente ao polímero, policarbonato, reaproveitado, de forma a produzir por meio de injeção plástica, placas para serem utilizadas na indústria da construção civil, bem como para projeção de telhados de residências e afins. Também iremos utilizar a serragem da madeira com seu aspecto, coloração e textura em natura, atribuindo-lhes a resina epóxi, de madeira a produzir placas compensadas com o objetivo de também utilizá-las na indústria da construção civil, bem como na fabricação de revestimentos. A abordagem central da pesquisa visou alcançar uma evolução sustentável para atenuar os impactos ambientais adversos associados ao descarte de polímeros que já foram submetidos ao processo termoplástico, atribuindo-lhes um novo uso, reaproveitamento. Também atenuar os impactos ambientais adversos associados ao descarte de serragem de madeiras que ocorre em grande escala em madeireiras e indústrias de marcenaria. A metodologia adotada envolveu a realização de pesquisas bibliográficas sobre a importância da serragem de madeira branqueada imbuída ao polímero com relação a qualidade do produto produzido, durabilidade, facilidade para projetos industriais, bem como residenciais e seu impacto ambiental. Em seguida, foram realizadas pesquisas de métodos de processo para obtenção do branqueamento da madeira, de forma a manter cerca de 80% a transparência do policarbonato. Contudo, também consideramos a alternativa de utilizarmos a serragem da madeira com seu aspecto, textura e coloração em natura, porém atribuindo-a na resina epóxi, trazendo maior resistência, robustez e durabilidade, com foco na produção de placas compensadas pensadas para serem aplicadas da construção civil. Investigações posteriores indicaram que a metodologia de branqueamento da serragem de madeira de forma a imbuí-la ao polímero é um processo novo no mercado, tendo seus métodos e experimentos em fase inicial de elaboração em escala laboratorial e industrial. Com relação a produção das placas compensadas, estudamos que é um processo consolidado no mercado, havendo várias metodologias e materiais para produção das mesmas. Após uma série de experimentos, foram prolongados testes para quantificação de resistência e durabilidade. O hidróxido sódio, hipoclorito de sódio e o peróxido de hidrogênio são os reagentes principais utilizados para o processo de branqueamento da serragem de madeira. O tipo de serragem de

madeira utilizada durante todo o processo de testes foi a pinus, também conhecida como pinus elliottii, ela representa 30% das plantações florestais destinadas à produção de papel e celulose. Além disso, com essa madeira também é possível criar chapas, MDF, OSB, compensado, laminados, móveis e tábuas, que podem ser utilizadas na construção de casas, caixotarias e pellets. O polímero reaproveitado foi o policarbonato, onde sua composição permite a transmissão interna de luz, de forma semelhante ao vidro. O policarbonato, PC, é termoplástico. É obtido através da polimerização, processo no qual as pequenas moléculas são ligadas para formar macromoléculas – no caso, os polímeros. O processo de produção das placas de policarbonato atribuídas com a serragem da madeira foram feitas a partir do processo de injeção plástica. Já o processo da placa compactada foi feito de forma moldada a frio, utilizando resina epóxi e endurecedor.

1.1. JUSTIFICATIVA

A escolha do processo de atribuição da serragem de madeira pinus ao polímero policarbonato como foco desta pesquisa se justifica pelo seu enriquecimento ao mesmo, trazendo maior resistência à placa de polímero. A justificativa com respeito ao branqueamento da serragem de madeira se dá ao fato de manter até 80% da transparência do policarbonato, além de fornecer proteção contra os raios ultravioleta. Além disso, nosso objetivo envolve as questões ambientais, de maneira que a serragem de madeira se encontra de forma abundante em madeireiras e indústrias marceneiras, onde elas não têm um destino definido de reaproveitamento, gerando perdas referentes a custos e principalmente impactos negativos ao meio ambiente, uma vez que quando a madeira, em qualquer forma estrutural, é deixada em ambientes aquáticos, como rios e lagos, ela pode obstruir o fluxo de água e prejudicar a vida aquática. Além disso, a suspensão anaeróbica da madeira em aterros sanitários pode gerar metano, um potente gás de efeito estufa que contribui para as mudanças climáticas. Além disso, a versatilidade e disposição deste material contribui de forma significativa a produção de diferentes produtos, gerando capital e diminuindo os impactos do mesmo ao meio ambiente, estabelecendo um ciclo de reaproveitamento para o mesmo. Com respeito ao uso do policarbonato, a justificativa é pelo fato de ser um polímero abundante, tendo propriedade termoplástica, que possibilita o seu reprocessamento, gerando por meio disso um ciclo de reaproveitamento. Além disso, o polímero de policarbonato possui diversas qualidades, como boa transparência, possibilidades de modelagens e resistência. Ele é um material auto-extinguível, não propagando fogo. O policarbonato é mais resistente a impactos, transparente e resistente ao calor. E também pensando de forma sustentável, usamos este material pelo fato de minimizar o seu descarte de forma inadequada, estabelecendo um ciclo de reaproveitamento dele, destinando ao seu reprocessamento. De maneira geral, de acordo com dados de pesquisas prévias, no mundo inteiro apenas 9% de todo polímero gerado é destinado à reciclagem correta. A relevância desta pesquisa se estende à compreensão mais aprofundada dos benefícios da serragem de madeira imbuídas ao policarbonato para a indústria da construção civil, trazendo à exploração de alternativas sustentáveis neste segmento, alinhando-se às crescentes demandas por práticas mais éticas e responsáveis.

1.2. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver e avaliar a viabilidade da utilização da serragem de madeira de Pinus proveniente de madeiras e indústrias marceneiras. A pesquisa busca investigar as propriedades funcionais da serragem de madeira ao polímero nesse contexto, bem como avaliar sua aplicabilidade na indústria da construção civil. Além disso, visa contribuir para uma abordagem mais sustentável na produção de placas, explorando alternativas de reaproveitamento destes insumos e reduzindo o impacto ambiental associado a práticas convencionais.

1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conhecer os desafios da implantação da serragem de madeira;

Conhecer os desafios do processo de injeção plástica do policarbonato;

Estabelecer e demonstrar os custos associados ao processo;

Estabelecer e demonstrar os benefícios do processo para a indústria;

Diminuir os impactos ambientais por meio da sustentabilidade.

1.3. PROBLEMÁTICA

A problemática deste projeto se dá pelo aumento significativo de produção e uso de polímeros no cotidiano e seus potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde humana. De acordo com um estudo desenvolvido neste ano de 2024 pelo Center for Climate Integrity, apenas 9% do plástico gerado em escala global é reciclado anualmente. O mesmo estudo estima que em 2050 haverá mais plásticos nos oceanos do que peixes.

Com respeito às serragens de madeira, elas são descartadas de forma significativa em locais inapropriados, como em ambientes aquáticos, podendo interferir no fluxo de água e prejudicar a vida marinha. Além disso, a suspensão anaeróbica da madeira em aterros sanitários pode gerar gases que contribuem com o efeito estufa e as mudanças climáticas.

1.4. HIPÓTESE

A incorporação da serragem de madeira, obtida em madeiras e indústrias marceneiras, na fabricação de placas de policarbonato contribuirá positivamente para a resistência, durabilidade, propriedade térmica, proteção contra raios UV, proporcionando um produto final mais atraente e robusto oferecendo benefícios para a indústria da construção civil.

Essa hipótese sugere uma expectativa positiva em relação aos efeitos da adição da serragem ao polímero para injeção de placas, tanto em termos de qualidade do produto final quanto a acessibilidade dos insumos envolvidos. No entanto, é importante destacar que a validação ou refutação dessa hipótese exigiria a condução de experimentos e análises específicas durante o estudo.

2. DEFINIÇÃO, ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS

Inicialmente nesta pesquisa será estabelecido a definição, estrutura e características da madeira usada na condução dos processos. A madeira pinus é um gênero de árvores coníferas amplamente cultivadas em várias partes do mundo, incluindo o Brasil. Suas principais espécies são o pinus *elliottii* e o pinus *taeda*. Sobre a pinus *elliottii*: É uma espécie de árvore pertencente à família das Pináceas, nativa do sudeste dos Estados Unidos. O uso de madeira de pinus teve grande crescimento na indústria brasileira ao longo do tempo, exemplo disso é que 35% da madeira serrada produzida no Brasil corresponde a essa espécie, sendo mais de 1,5 milhões de hectares de plantações no país. As árvores Pinus alcançam a altura entre 18 e 30 metros. Madeira muito usada em construção civil, móveis padrão e peças internas de móveis, chapas compensadas, lâminas decorativas, peças torneadas, bobinas e carretéis, embalagens, pincéis, artigos esportivos, brinquedos, etc. Além disso, o pinus é uma madeira de reflorestamento. Exemplo disso é que o pinus substituiu, em grande parte, a proteção de espécies nativas, como a araucária. Interessante que, por conta do seu rápido crescimento, sua plantação é feita em escala industrial e de reflorestamento. Também é leve, barato e poroso, o que se torna ideal para o tratamento. A madeira de pinus representa 30% das plantações florestais destinadas à produção de papel e celulose.

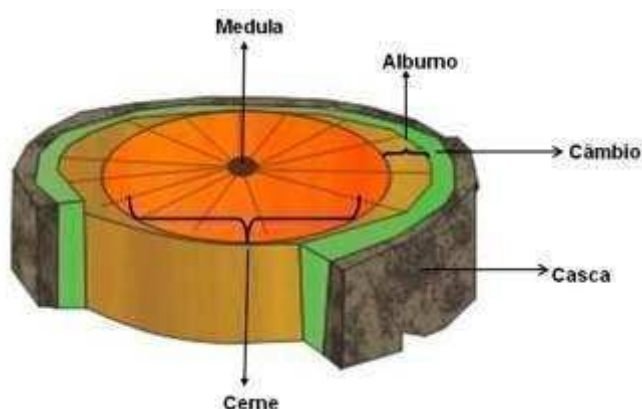
Além disso, com essa madeira também é possível criar chapas, MDF, OSB, compensados, laminados, móveis e tábuas, que podem ser utilizados na construção de casas, caixas e pellets. Com relação a casca de pinus é usada como substrato para plantas e na produção de mudas da própria espécie em tubetes. De modo geral, a partir do gênero de pinus é possível produzir resina e outras substâncias.

Conforme estudos feitos pela ScieLO-Brazil, foi determinado a principal composição química da madeira Pinus, onde 59,05% é de a-celulose, 21,22% de hemiceluloses A e B, 25,18% de lignina, 2,78% de extrativos em diclorometano, 4,38% de extrativos em etanol:tolueno, 4,31% de extrativos em água quente e 1,26% de cinzas. De acordo com este estudo conduzido pela ScieLO-Brazil, identificou-se que a madeira pinus tem grande porcentagem de celulose em sua composição, possibilitando a produção de pasta de celulose para indústria de papel e celulose.

A estrutura do tronco da árvore de eucalipto, onde se provém a madeira pinus, é composto principalmente de fibras de celulose unidas por lignina. De fora para dentro, podemos identificar as seguintes partes:

- **Córtex:** é a casca, camada irregular composta de células mortas; protege as camadas internas.
- **Câmbio:** camada ao lado do córtex, onde são geradas novas células que aumentam o diâmetro do tronco ano após ano.
- **Alburno:** madeira jovem, mais clara e em formação, com muita água e pouca lignina.
- **Cerne:** madeira madura e escura, mais rígida e dura devido ao seu alto teor de lignina.
- **Medula:** parte central do tronco, muito rígida e coesa, sem umidade.

Figura 1 - Estrutura do tronco



Fonte: <https://www.anpm.org.br/conheca-madeira-antes-de-se-tornar-madeira/>

A lignina é uma das propriedades da composição da árvore mais importantes, pois por meio dela é possível dar a pigmentação da árvore, além de unir as fibras de celulose da mesma. A palavra lignina vem do latim *lignum*, que significa madeira. Trata-se de um dos principais componentes dos tecidos de gimnospermas e angiospermas, ocorrendo em vegetais e tecidos vasculares. Sabe-se que a lignina tem um importante papel no transporte de água, nutrientes e metabólitos, sendo

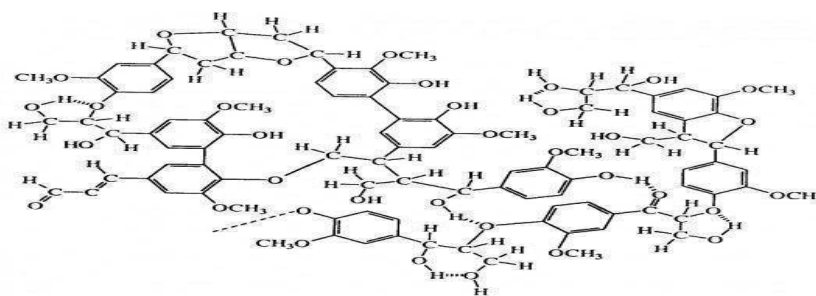
responsável pela resistência mecânica de vegetais, além de proteger os tecidos contra o ataque de microorganismos.

A lignina é um polímero natural (ou biopolímero) presente em vários organismos vegetais terrestres. De maneira mais simplificada, é um tipo de molécula encontrada nas plantas. A lignina aparece na parede celular (camada mais externa) das células que formam a madeira das árvores, por exemplo. Ela fica “grudada” em outros polímeros, como a celulose, e só pode ser separada por meio de processos químicos. A junção desses componentes é o que confere a rigidez e a resistência da madeira. A maior concentração de lignina é encontrada justamente nos troncos e galhos: este componente corresponde a pelo menos 15% do peso total da madeira, e pode chegar a 35%.

O processo de polimerização responsável por formar a lignina envolve 3 tipos de compostos que pertencem à classe dos álcoois: cumarílico, coniferílico e sinapílico. Em relação aos elementos químicos, a estrutura da lignina contém apenas carbono, oxigênio e hidrogênio.

Sua fórmula molecular é $C_9H_{10}O_2$, $C_{10}H_{12}O_3$, $C_{11}H_{14}O_4$

Figura 2 - Fórmula estrutural da Lignina



Fonte: <https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/lignina/>

No processo de branqueamento da serragem de madeira, consistiu na retirada da lignina por meio de tratamento químico, onde utilizou-se hidróxido de sódio, em seguida hipoclorito de sódio e, por fim, peróxido de hidrogênio. Mais adiante nesta pesquisa será exposto em detalhes a metodologia empregada no processo da obtenção da lignina.

Por conseguinte, nesta pesquisa será estabelecido a definição, estrutura e características do policarbonato, polímero esse adotado para o processo de injeção

da placa. Por definição, os polímeros são grandes moléculas, ou macromoléculas feitas pela ligação química de uma série de blocos de monômeros. O monômero por sua vez é uma molécula que pode reagir junto com outras moléculas de monômero para formar uma cadeia polimérica maior ou uma rede tridimensional em um processo denominado polimerização.

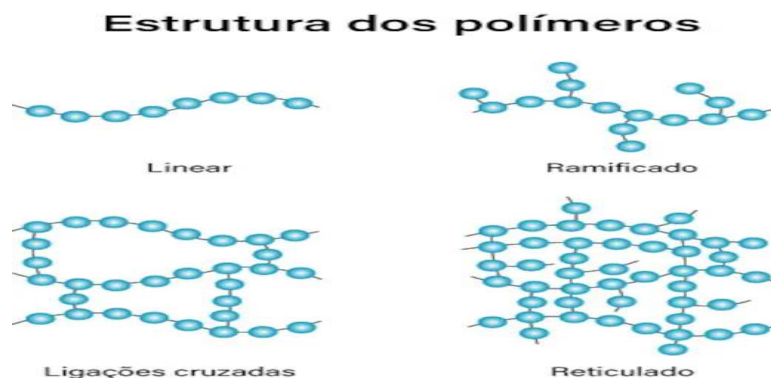
Os polímeros podem ser divididos de duas formas.

- Biopolímeros (ou polímeros naturais): são aqueles sintetizados pelas células, como, por exemplo, as proteínas, o DNA, o RNA e os polissacarídeos.
- Polímeros sintéticos: são aqueles produzidos em laboratório, via ação antropogênica. Destacam-se os diversos tipos de plásticos, fibras sintéticas e elastômeros. Exemplos de polímeros sintéticos são o polietileno, o polipropileno, o PET (politereftalato de etileno), o PVC (policloreto de vinila), o náilon, a poliacrilonitrila, o teflon e o neopreno.

Algumas formas de polímeros derivam da ordenação dos monômeros, outras a partir da sua estrutura molecular. A principal forma de dividir polímeros em tipos diferentes é por meio da nomenclatura homopolímeros (formados por um único tipo de monômero) e copolímeros (formados por dois ou mais tipos de monômeros). Os copolímeros podem ser divididos ainda em alternantes (quando há alternância sistêmica dos monômeros na estrutura), aleatórios (quando não há um padrão de repetição entre os monômeros formadores do copolímero), em bloco (quando os monômeros estão dispostos em blocos que se repetem) e enxertados (quando um monômero do copolímero atua como ramificação de outro monômero do copolímero).

Quanto à estrutura molecular, os tipos de polímeros conhecidos são lineares, ramificados, com ligações cruzadas (onde cadeias lineares adjacentes são ligadas umas às outras por meio de ligações covalentes) e reticulados (cadeias poliméricas que se ligam entre si e formam uma rede tridimensional).

Figura 3 - Estrutura dos polímeros



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/polimeros.htm>

O polímero usado como fonte de estudo e teste para a obtenção do produto final exposto, é o policarbonato. Os policarbonatos são, em síntese, derivados do petróleo que contém uma característica muito interessante em comum com o vidro: sua transparência. Além dessa característica, possuem alta resistência a impactos e também as intempéries, chamas, além de estabilidade dimensional e propriedades elétricas bem definidas como isolantes.

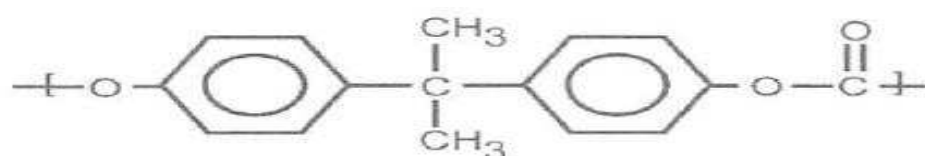
Os policarbonatos são polímeros de cadeia longa, formados por grupos funcionais unidos por grupos carbonatos ($-\text{O}-(\text{C}=\text{O})-\text{O}-$). São moldáveis quando aquecidos, sendo por isso chamados termoplásticos.

Segundo registros de 1930, os químicos W. H. Carothers e F. J. Natta desenvolveram em laboratório vários tipos de policarbonato alifáticos sem interesse comercial. A partir da descoberta e do sucesso do polietileno (PET) pelos químicos John Rex e J. T. Dickinson, os cientistas da Bayer na Alemanha foram incentivados a pesquisar mais polímeros com núcleos aromáticos em sua cadeia principal. Então em 1953, o Dr. Hermann Schnell e sua equipe na Bayer demonstraram que através da reação de policondensação do composto di-hidroxi bisfenol A com fosgênio os policarbonatos poderiam ser obtidos com propriedades superiores aos dos plásticos existentes na época. Imediatamente após a descoberta, iniciaram o processo de patente, esse requerimento patenteado em 14 de Outubro de 1953 dizia: "Verificou-se que policarbonatos solúveis, fusíveis, cristalizáveis e estiráveis podem ser produzidos a partir de fenois bivalentes do tipo 4,4 - dioxidifenilmetano com fosgênio". Além disso, nos anos posteriores, percebendo a importância da descoberta, passaram a concentrar seu trabalho no desenvolvimento de métodos alternativos de síntese e análise de policarbonatos obtidos a partir de outros compostos di-hidroxi.

O tipo de policarbonato mais utilizado é baseado no bisfenol A. Por vezes o termo policarbonato é utilizado como sinônimo deste polímero particular (policarbonato de bisfenol A). O Bisfenol A (BPA) é o nome comum dado para 2,2 - (4,4'-hidroxifenilico) propano, 4,4'-isopropilidenodifenol, ou 2,2'-bis (4-hidroxifenil)

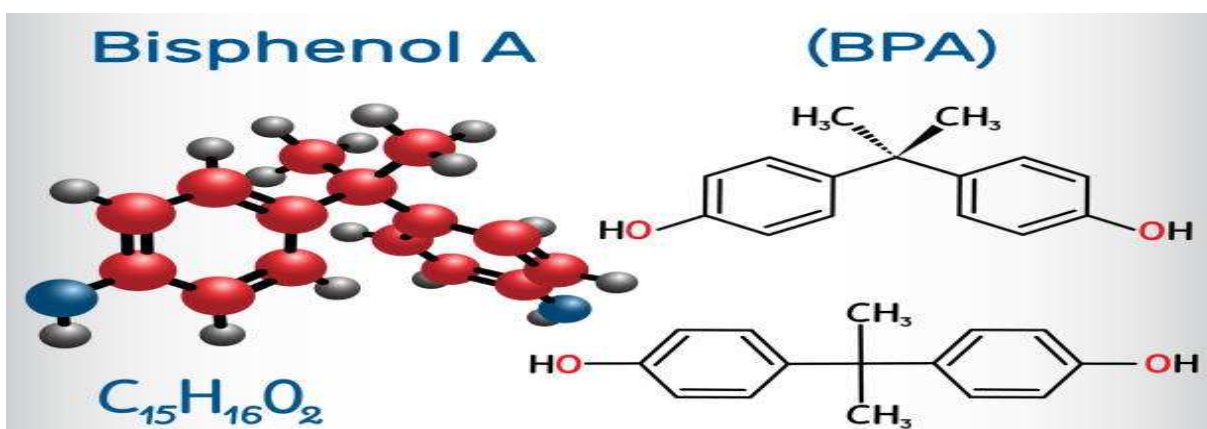
propano, ele é utilizado como um intermediário na produção de resinas epóxi, as quais são utilizadas no revestimento interno para latas de alimentos e bebidas para proteger os alimentos do contato direto com o metal, porém, na presença de temperaturas elevadas pode migrar para os alimentos. Este também constitui os policarbonatos que têm sido usados em mamadeiras, revestimentos de proteção de embalagens, recipientes para alimentos, água e afins e compósitos selantes em odontologia.

Figura 4 - Estrutura Química do Policarbonato



Fonte: <https://www.tudosobreplasticos.com/materiais/policarbonato.asp>

Figura 5 - Estrutura Química do Bisfenol A



Fonte:

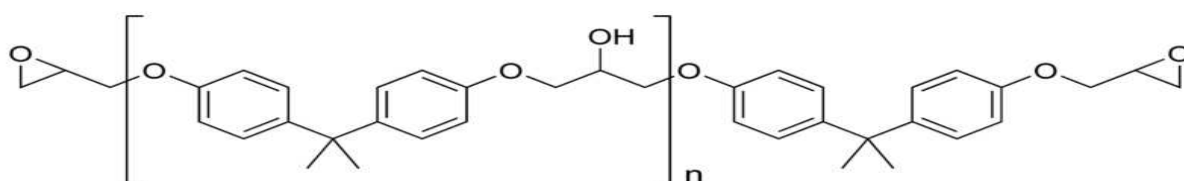
<https://www.istockphoto.com/br/vetor/mol%C3%A9cula-de-bisfenol-a-modelo-qu%C3%ADmico-estrutural-da-f%C3%B3rmula-e-da-mol%C3%A9cula-gm1132204677-300043057>

A resina epóxi é um polímero termofixo que consiste em dois componentes principais: A Resina Epóxi (Componente A) e o Endurecedor (Componente B). Quando esses dois componentes são misturados, ocorre uma reação química que forma uma substância sólida e rígida, com alta resistência química e mecânica.

A resina epóxi é frequentemente utilizada como adesivo, revestimento e material composto em uma ampla variedade de aplicações industriais e comerciais, como em pisos, artesanatos, river tablets, entre outros. A cura da resina epóxi é um processo de polimerização, onde moléculas menores se combinam para formar uma rede macromolecular tridimensional. Essa rede é responsável pelas propriedades únicas da resina epóxi, como alta resistência, durabilidade e resistência química.

As resinas Epóxi são produtos obtidos por reações de condensação (na presença de hidróxido de sódio) entre a Epicloridrina (1-cloro-2,3-epóxi-propano) e o Bisfenol A [2,2- bis(4'-hidroxifenil) propano]. Devido a sua estrutura molecular ser polar, a resina epóxi é um excelente material para ser usado na produção do nosso subproduto, placas compensadas, pois ela adere muito bem a uma variedade de superfícies, como madeira e metais.

Figura 6 - Esquema da estrutura química da resina epóxi



Fonte:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Esquema-da-estrutura-quimica-da-resina-epoxi_fig1_304023303

2.1. PORQUE USAR O POLICARBONATO

O polycarbonato tem se tornado um material cada vez mais popular em projetos de construção e renovação graças à sua notável versatilidade e durabilidade. Sua composição permite a transmissão interna de luz, de forma semelhante ao vidro.

Por ter um alto grau de transparência, esse material tem como objetivo ser utilizado para cobrir ambientes que priorizam a boa iluminação. Assim, as coberturas de polycarbonato são estruturas que garantem um alto grau de transparência e elevada resistência a impactos, para proteção contra chuva, sol e demais intempéries.

O vidro é um material mais nobre, mais caro e bem mais pesado — a estrutura para suportar uma cobertura de vidro precisa ser bem mais resistente. Ele absorve melhor o barulho da chuva, por exemplo. Além disso, como retém mais calor, é ideal para a cobertura de estufas, mas pode deixar abafados ambientes com outras funções, especialmente em climas mais quentes. Finalmente, o vidro é um material 100% reciclável.

Já a cobertura de polycarbonato é bem mais leve e mais resistente, não trincando com facilidade. Ela transmite luz natural com eficiência e mantém essa transparência mesmo após muitos anos de exposição ao sol. A produção do plástico, contudo, não é totalmente amigável ao meio ambiente.

Algumas vantagens em se utilizar o polycarbonato para a produção de placas de cobertura, como:

- Redução dos gastos com energia elétrica

Por apresentarem alto grau de transparência — que pode chegar a 89% — as coberturas de polycarbonato são muito utilizadas em ambientes em que se deseja manter uma boa iluminação, mesmo após a instalação de uma cobertura. Como a luz natural é aproveitada durante quase todo o dia, os gastos com energia elétrica são consideravelmente reduzidos.

- Proteção anti-UV

Lentes de polycarbonato são comuns em óculos escuros, por conta da sua propriedade de bloquear a luz ultravioleta (UV). Pela mesma razão, seu uso em coberturas protege quem está no ambiente dessa radiação. É mais seguro para a pele e para os olhos tomar sol debaixo de uma cobertura de polycarbonato do que na praia, por exemplo.

- Conforto térmico

Essa proteção anti-UV contribui ainda para que a perda de transparência do material seja retardada — além de proporcionar maior qualidade térmica ao ambiente, já que a radiação ultravioleta é uma das principais responsáveis pelo calor vindo da luz solar.

O polycarbonato também tem menos condutibilidade térmica do que o vidro. Isso significa que ele não deixa os ambientes abafados. Então, se você quiser um ambiente mais arejado e reduzir os custos com ar-condicionado, o polycarbonato é uma excelente opção.

- Redução de gastos com manutenção

As chapas de polycarbonato são muito fáceis de instalar e trocar, o que reduz o seu gasto com manutenção. Também são muito resistentes a impactos, reduzindo ainda a frequência das manutenções. Só para você ter uma ideia, uma chapa desse material é, aproximadamente, 250 vezes mais resistente que um vidro de mesma espessura, e cerca de 30 vezes mais sólida que o acrílico.

- Leveza e versatilidade

Mesmo sendo 250 vezes mais resistente que vidros de mesma espessura, o polycarbonato é 50% mais leve, proporcionando maior economia em aspectos relacionados à estrutura da cobertura. Além disso, mesmo sendo resistente, seu uso e aplicação ainda são simples.

O polycarbonato pode ser curvado a frio, que o torna um material flexível e facilmente instalável. Assim, suas chapas podem ser instaladas em diversos tipos de ambientes e se adaptam a estruturas de aço, alumínio ou madeira, disponíveis ainda em várias cores.

- Bom aspecto estético

Coberturas de polycarbonato também valorizam o ambiente do ponto de vista estético e arquitetônico, tanto por proporcionarem luminosidade natural, como dissemos, quanto por permitirem a utilização em diversas curvaturas, sem a necessidade de nenhum tipo de emenda.

- Não propaga chamas

O polycarbonato é um bom isolante elétrico e tem propriedades resistentes ao calor e retardantes de chamas. Por essa razão, é usado em vários produtos associados a eletricidade e telecomunicações, inclusive smartphones. Essa cobertura de polycarbonato evita a propagação de fogo, e, em caso de incêndio, libera menos gases tóxicos do que o acrílico, por exemplo.

Quais as suas desvantagens

- Restrição de temperatura

As coberturas de polycarbonato não devem ser utilizadas em ambientes que atinjam temperaturas superiores a 120 °C. O material só pode ser empregado em faixas de temperatura que vão de -30 °C a 120 °C.

- Exigência de cuidados específicos

As chapas não podem ser limpas com materiais abrasivos ou à base de amoníaco, para que o material não seja riscado ou danificado. Portanto, em locais com exposição constante a esses agentes, é mais indicado utilizar sombreamentos.

Figura 7 - Cobertura de Polycarbonato



Fonte: <https://innovarcoberturas.com/cobertura-de-vidro-ou-polycarbonato/>

2.2. PORQUE BRANQUEAR A MADEIRA E ATRIBUÍ-LA AO POLICARBONATO

O consumo de energia no setor da construção (incluindo luz elétrica, ar condicionado, refrigeração, aquecimento de água, etc.) representa cerca de 30–40% do consumo total de energia. Além disso, o consumo de energia está aumentando com o desenvolvimento econômico ao redor do mundo. Portanto, é de grande importância reduzir o consumo de energia no setor de construção. A energia solar é atrativa neste contexto, pois é gratuita, inesgotável e limpa. Edifícios que transmitem luz também podem contribuir para a redução da demanda, já que a luz artificial pode ser parcialmente substituída pela luz natural. Tendo isto como ponto de vista, foi feita como proposta o uso da madeira sem a lignina, pelo processo de branqueamento e, em seguida, impregnada ao polímero, para que a mesma torne possível a transparência de placas de cobertura para ambientes, diminuindo o consumo de energia elétrica, aproveitando a luz natural. A madeira artificial branqueada é capaz de absorver e liberar calor, além de permitir a passagem da luz. Com isso, ela pode ser usada para substituir vários elementos da construção civil, como plástico, vidro e concreto.

Durante as pesquisas previamente estudadas para o desenvolvimento do produto, os cientistas, da BioMacromolecules, removeram a lignina, substância responsável pela força e pela cor da madeira. O espaço deixado pela lignina foi preenchido pelo acrílico. Esse foi o segredo para manter o material forte e permitir a passagem de luz. Devido a gama de benefícios provenientes do policarbonato, além de apresentar menos impactos ambientais com relação ao acrílico, foi definido utilizar o policarbonato como polímero. Consequentemente, o material pode ser usado em construções sustentáveis para absorver a energia solar durante o dia e liberá-la durante a noite, diminuindo o consumo de energia de fontes não renováveis.

Com base nos estudos realizados sobre esta pesquisa, os cientistas usaram o método de deslignificação, onde as amostras secas de madeira balsa foram extraídas usando 1% em peso de clorito de sódio, NaClO_2 , com solução tampão de acetato (pH 4,6) a 80 °C. A dimensão da amostra é 20 mm × 20 mm, com uma espessura de 0,6 ± 0,1, 1,0, 2,5 ± 0,1, 5,0 e 8,0 mm. O tempo de reação para amostras com espessuras abaixo de 3 mm foi de 6 h e 12 h para amostras com espessuras maiores de 5 e 8 mm. Mais reações foram feitas em amostras com

dimensão de 100 mm × 100 mm × 1 mm para mostrar a viabilidade de trabalhar em amostras maiores. As amostras extraídas foram cuidadosamente lavadas com água deionizada seguida de desidratação usando primeiro etanol puro, depois uma mistura 1:1 (razão de volume) de etanol e acetona e, finalmente, acetona pura (passo a passo). Cada etapa foi repetida três vezes.

Madeira branqueada foi feita infiltrando o molde de madeira deslignificada por uma solução de metilmetacrilato (MMA) pré-polimerizada e aquecida em um forno a 70°C por 4 h. O monômero MMA puro foi pré-polimerizado a 75 °C por 15 min em um balão de fundo redondo de dois gargalos com 0,3% em peso de 2,2'-Azobis (2-metilpropionitrila) (AIBN, Sigma-Aldrich) como iniciador. O MMA pré-polimerizado foi resfriado à temperatura ambiente em banho de gelo-água para encerrar a reação. Depois disso, o molde de madeira deslignificada foi infiltrado em solução de MMA pré-polimerizada sob vácuo por 30 min. A infiltração a vácuo foi repetida três vezes para garantir a infiltração completa. Finalmente, a madeira infiltrada foi prensada entre duas lâminas de vidro e embalada em papel alumínio antes da posterior polimerização. O processo de polimerização foi concluído aquecendo a amostra de madeira infiltrada em um forno a 70 °C por 4 h.

Figura 8 - Processo de Deslignificação da Madeira

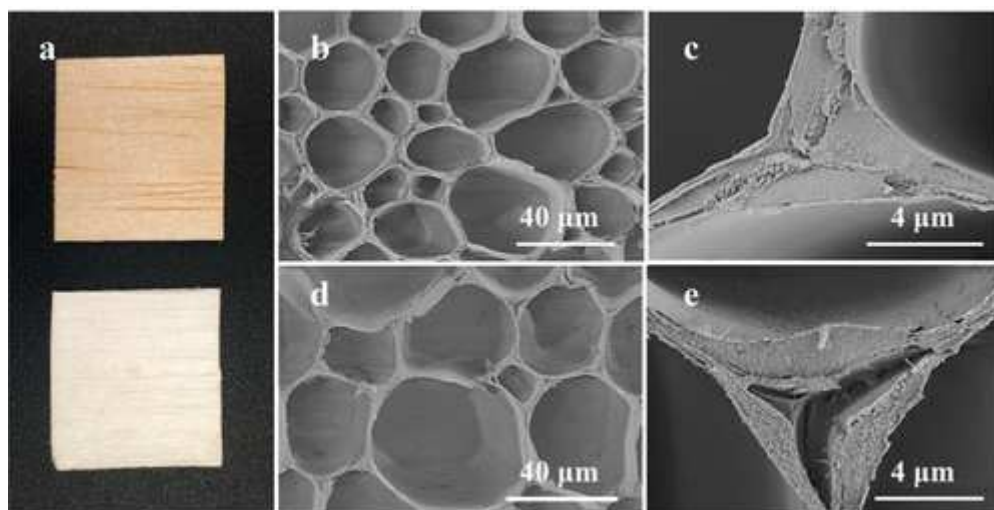


Figura 1. Deslignificação da madeira: (a) uma imagem óptica da madeira antes (acima) e depois (abaixo) da deslignificação. Imagens de baixa ampliação (b, c) da seção transversal da madeira original (OW) mostrando a microestrutura da madeira. Imagens de baixa ampliação (d, e) da seção transversal da madeira deslignificada (DLW) apoiando a presença de uma estrutura de madeira bem preservada.

Fonte: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.biomac.6b00145>

Esta proposta de utilização da madeira branqueada para o processo de atribuição ao polímero para que a mesma contribua de forma significativa com a redução de uso de energias não renováveis, por meio da sua capacidade de transparência e troca térmica, também foi amplamente estudada e aplicada por cientistas suecos, de acordo com a BBC News Brasil, onde os mesmos utilizaram um método similar. O objetivo destes cientistas suecos é criar a madeira transparente, que poderá substituir o vidro na fabricação de estruturas como janelas e fachadas - e principalmente reduzir de forma significativa os custos de produção de painéis solares. Dentro de alguns anos, será possível até transformar as próprias janelas e paredes de casas e edifícios em painéis solares.

Para criar a madeira transparente, os pesquisadores suecos desenvolveram um processo químico de remoção da lignina, um componente natural da parede celular da madeira, como já explicado anteriormente. "Quando a lignina é removida, a madeira se torna branca. A superfície porosa branca é então revestida com um polímero transparente com propriedades óticas", explica Lars Berglund, co-autor do estudo e do desenvolvimento do produto na Suécia.

A madeira é de longe o material mais usado em diferentes tipos de construção, observa o pesquisador. Além de ser um recurso renovável, também oferece excelentes propriedades mecânicas, como a resistência, a baixa densidade - que confere leveza ao material - e a baixa condutividade térmica, que proporciona bom isolamento diante de mudanças extremas de temperatura.

Figura 9 - Madeira transparente atribuída ao polímero



Produto desenvolvido pelos cientistas suecos, comandado pelo cientista Lars Berglund

Fonte:

https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/04/160401_cientistas_madeira_transparente_rm

3. METODOLOGIA PARA O BRANQUEAMENTO DA MADEIRA DE PINUS

O objetivo inicial desta pesquisa é obter uma madeira transparente impregnada com o polímero policarbonato, similar ao processo e produto proveniente do mesmo, que foram desenvolvidos pelos cientistas já mencionados anteriormente nesta pesquisa. Para isso utilizamos uma metodologia, previamente pesquisada, onde analisamos a sua eficácia com relação ao que era esperado.

Inicialmente, utilizamos lascas de madeira Pinus, com espessuras entre 1 mm ~ 2,5 mm. Acondicionados em um cadinho de porcelana, realizamos a pesagem da massa utilizando uma balança analítica. Em seguida, submetemos as lascas de madeira Pinus à estufa, em temperatura entre 120°C ~ 150°C, durante 24 horas de modo a retirar toda a umidade da madeira atribuída. Após percorrido o período de secagem, colocamos o cadinho de porcelana com as lascas dentro do dessecador por 24 horas. Pesamos novamente a massa das lascas de madeira para entendermos o quanto de massa se havia perdido durante o processo de secagem.

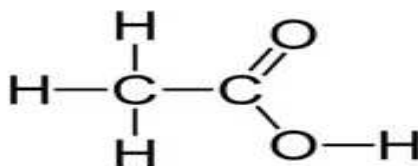
Observamos que houve uma perda de massa após o processo de secagem das lascas de madeira, equivalente a 4.7803 g.

Para o processo de retirada da lignina das lascas de madeira, foram usados os seguintes reagentes:

- 125 mL de água destilada;
- 1,15 mL de ácido acético, CH_3COOH , 10% glacial;
- 1,67 g de acetato de sódio, $\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$;
- 1,3 g de clorito de sódio, NaClO_2 .

O ácido etanóico, também conhecido como ácido acético, CH_3COOH , é um composto do grupo dos ácidos carboxílicos e é o constituinte principal do vinagre. O ácido acético é um ácido carboxílico importante, capaz de conduzir eletricidade em soluções aquosas e agir como indicador ácido-base ao mudar a cor de alguma substância. Trata-se de um líquido incolor, de sabor azedo e cheiro forte característico.

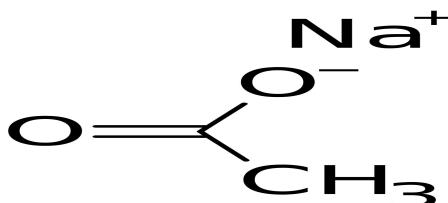
Figura 10 - Fórmula estrutural do ácido acético



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/Acido-acetico.htm>

O acetato de sódio, $\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$, é um ingrediente resultante da reação entre o ácido acético (vinagre) e o hidróxido de sódio, carbonato de sódio ou bicarbonato de sódio. O acetato de sódio apresenta uma enorme aplicação nos mais diversos segmentos, abrangendo a indústria farmacêutica, tinturaria, têxtil, alimentícia, em laboratório para controle de pH em certas soluções e muito mais. Ele é solúvel em água e etoxietano e ligeiramente solúvel em etanol. Se apresenta como pó branco deliquescente.

Figura 11 - Fórmula estrutural do acetato de sódio

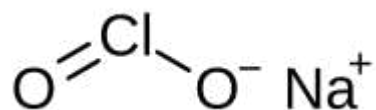


Fonte: <https://vichemic.pl/en/produkt/sodium-acetate-anhydrous-98-127-09-3/>

O clorito de sódio, NaClO_2 , é obtido por meio da redução parcial do clorato de sódio em dióxido de cloro. Depois, é feita a conversão do dióxido de cloro em clorito de sódio em meio alcalino. O clorito de sódio é derivado indiretamente do clorato de sódio, NaClO_3 . É obtido, primeiramente, pela obtenção do explosivamente instável gás dióxido de cloro, ClO_2 que é produzido pela redução de clorato de sódio em um ácido forte com um agente redutor apropriado (por exemplo, cloreto de sódio, dióxido de enxofre, ou ácido clorídrico). O dióxido de cloro é então absorvido com uma solução alcalina, de hidróxido de sódio, tendo também como produto esta reação, o clorato de sódio (NaClO_3), por meio da reação:



Figura 12 - Fórmula estrutural do clorito de sódio



Fonte: <https://sperohope.com/clorito-de-sodio>

Seguindo com a metodologia para retirada da lignina das lascas de madeira, em um béquer de 500 mL, adicionamos 125 mL de água destilada, em seguida 1,67 g de acetato de sódio, $\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$, como solução tampão. Foi adicionado, em seguida, 1,15 mL de solução ácido acético, CH_3COOH . Apoiamos o béquer no agitador magnético e, utilizando uma barra magnética no interior do béquer, iniciamos a agitação dessa solução. Após o início da agitação, foi-se adicionado a solução aquosa 1,3 g de clorito de sódio, NaClO_2 . Iniciamos o processo de aquecimento da solução até $80^\circ\text{C} \pm 5$. Neste processo, o ácido acético, CH_3COOH , lentamente reage com o clorito de sódio, NaClO_2 , formando primeiro o ácido cloroso, HClO_2 , que em seguida se decompõe em dióxido de cloro, ClO_2 , que possui uma coloração ligeiramente amarelada. O dióxido de cloro, ClO_2 , ataca a lignina presente na madeira, deixando-a mais porosa e removendo parte da sua pigmentação.

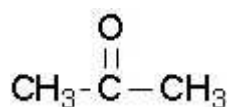
Após esfriar a temperatura ambiente a solução aquosa formada de dióxido de cloro, ClO_2 , adicionamos as lascas de madeira Pinus que havíamos dessecado na estufa. Deixamos a solução reagindo na madeira, com o objetivo de retirar a sua lignina, por volta de duas semanas (14 dias).

De acordo com pesquisas realizadas previamente e durante as etapas do processo, estudamos que após o tempo submetendo a madeira na solução de dióxido de cloro, ClO_2 , é necessário retirar a madeira da solução e lava-la de forma abundante com água destilada, a fim de retirar a solução onde a ela foi atribuída, e lavar com álcool isopropílico 98%, $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ e deixá-la submersa na acetona, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, por cerca de 2 horas (120 minutos).

Devido a isso, durante estas duas semanas onde deixamos a madeira reagindo com o dióxido de cloro, ClO_2 , em paralelo realizamos o processo para a obtenção da acetona, por meio da destilação da acetona comercializada em farmácias.

A acetona pertence à classe das cetonas (substâncias orgânicas oxigenadas caracterizadas por apresentar a carbonila em carbono secundário). Recebem também a denominação de propanonas ou dimetil-cetonas, e possuem fórmula geral C_3H_6O . Aspectos físicos: líquido incolor, de cheiro agradável e miscível com a água. A acetona é um líquido incolor, inflamável, de forte odor adocicado e volátil à temperatura ambiente. É usado como solvente e químico na produção de outras substâncias químicas.

Figura 13 - Fórmula estrutural da acetona



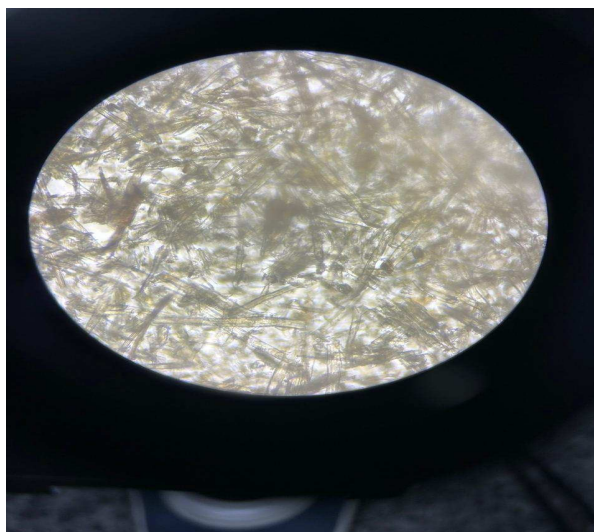
Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/acetonas.htm>

Para obtenção da acetona pura, realizamos o processo de destilação da acetona comercial. Onde montamos a estrutura para a destilação, e no balão volumétrico de 500 mL adicionamos a acetona comercial, apoiada na manta de aquecimento. Durante a destilação, mantemos a acetona comercial entre $50^\circ\text{C} \sim 56^\circ\text{C}$. Obtemos, por meio deste processo, a acetona com 96% de pureza. Também obtivemos por intermédio da destilação, óleos minerais, onde separamos da acetona utilizando o funil de separação e solvente.

Após percorrido o prazo de duas semanas, onde submetemos a madeira a solução de dióxido de cloro, ClO_2 , retiramos a madeira da solução e lavar abundantemente com álcool isopropílico, $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$, e em seguida, deixamos descansar a madeira na acetona obtida por meio do processo de destilação, por cerca de 2 horas (120 minutos).

Na sequência, retiramos a madeira da acetona, lavamos abundantemente com água destilada. Observamos que a madeira não atendeu os requisitos do objetivo do nosso estudo. Observamos que algumas lascas de madeira clareou mais que as outras, e não clareou da forma que havíamos planejado. Neste processo, concluímos que a metodologia aplicada não foi eficaz, pois grande parte da madeira não foi retirada a lignina. Utilizamos o microscópio para vermos de uma maneira mais assertiva as fibras da madeira, para analisarmos como está seu aspecto. E foi notório que ainda havia muita lignina impregnada nas suas fibras, comprovando a ineficiência da metodologia adotada.

Figura 14 - Fibras da madeira observadas no microscópio



Fonte: Os autores desta pesquisa. Foto tirada no laboratório de química, da escola Etec Profª Maria Cristina Medeiros

Continuamos seguindo com mais estudos e tirando dúvidas com a professora Rosalina Julio, bem como com o professor Ricardo Ferreira, para atingir o objetivo de deslignificação da madeira. Desta forma, adotamos outra metodologia de processo para a obtenção da lignina da madeira. Desta vez, utilizamos a serragem da madeira de pinus, de vez usarmos as lascas de madeira, pois a serragem da madeira tem mais superfície de contato do que em lascas, facilitando assim a sua impregnação com a solução adotada por conseguinte. Para este novo método aplicado, utilizamos os seguintes reagentes:

- 20 mL de hidróxido de sódio, NaOH, 4 molar;
- 20 mL de hipoclorito de sódio, NaClO, 2,5%;
- 20 mL de peróxido de hidrogênio, H₂O₂, 200%.

O hidróxido de sódio, NaOH, é um sólido inodoro branco na forma de coletores, flocos ou pastilhas. Altamente higroscópico e solúvel em água e etanol; insolúvel em solventes apolares. O hidróxido de sódio, NaOH, também conhecido como soda cáustica, é um hidróxido cáustico usado na indústria, principalmente como uma base química, na fabricação de papel, tecidos, detergentes, alimentos e biodiesel. Também usado para desobstruir encanamentos e sumidouros pelo fato de serem corrosivos.

O hidróxido de sódio não existe na natureza, ele é produzido industrialmente por meio de reações de eletrólise de soluções aquosas de cloreto de sódio (NaCl – salmoura), conforme a reação:

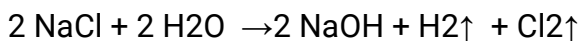
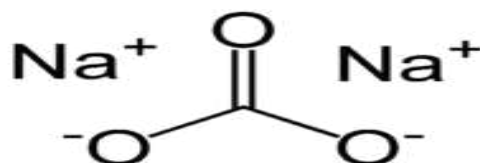


Figura 15 - Fórmula estrutural do hidróxido de sódio

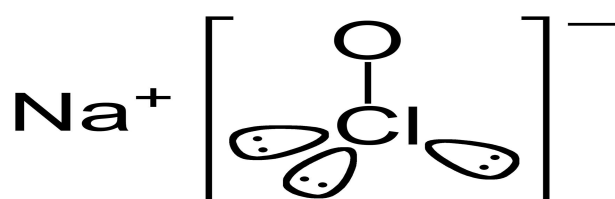


Fonte: <https://proaqua.mx/hidroxido-de-sodio-lentejas-a-c-s-frasco/>

O hipoclorito de sódio, NaClO, é um composto químico. A solução de hipoclorito de sódio é usada frequentemente como desinfetante e como agente alvejante. O hipoclorito de sódio pode ser preparado pela absorção do gás cloro em solução de hidróxido de sódio mantida em resfriamento (abaixo dos 40 °C):



Figura 16 - Fórmula estrutural do hipoclorito de sódio



Fonte:

https://maestrovirtuale.com/hipoclorito-de-sodio-naclo-formula-usos-e-propriedades/#google_vignette

O peróxido de hidrogênio, H₂O₂, é um líquido incolor à temperatura ambiente, com sabor amargo. É encontrado em baixas concentrações (3 – 9%) em muitos produtos de limpeza e antissépticos, é utilizado também para o clareamento de roupas e de cabelo. Empregado industrialmente, em concentrações mais elevadas, como branqueador para tecidos e papel, componente de combustíveis de foguete, na

fabricação de espuma de borracha, na síntese orgânica e inorgânica, no tratamento da água e de efluentes, entre outros usos.

Na decomposição do peróxido de hidrogênio, há a formação de átomos de oxigênio altamente reativos, conforme a reação:



A luz é um dos fatores responsáveis pela decomposição (fotólise) da água oxigenada, por isso esta solução deve ser comercializada em frascos escuros ou em plásticos opacos para não ocorrer a liberação de gás oxigênio.

Figura 17 - Fórmula estrutural do peróxido de hidrogênio



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/peroxido-de-hidrogenio.htm>

Seguindo com a nova metodologia aplicada, na cápsula de porcelana adicionamos a serragem de madeira e pesamos a sua massa, utilizando a balança analítica. Neste novo processo não submetemos a madeira à secagem. Adicionamos a serragem de madeira já pesada no béquer de 250 mL. No mesmo béquer foi adicionado 20 mL da solução aquosa de hidróxido de sódio NaOH, 4 molar, recém preparada pelos autores desta pesquisa, onde pesamos a massa do hidróxido de sódio, NaOH, em escamas, 87.6249 g, dissolvemos em 100 mL de água destilada e após completa dissolução transferimos para um balão volumétrico de fundo chato e boca esmerilhada de 500 mL, avolumamos com água destilada até seu menisco.

Deixamos a serragem da madeira reagindo juntamente com a solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH, por 24 horas.

Após transcorrido o período de 24 horas, onde deixamos a serragem de madeira impregnada com o hidróxido de sódio, filtramos a solução, usando uma peneira pequena, de modo a separar a serragem de madeira da solução aquosa. Lavamos a serragem de madeira com água destilada em abundância. Retiramos o excesso da água destilada e transferimos para um béquer de 250 mL. Junto a serragem de madeira armazenada no béquer, adicionamos 20 mL de hipoclorito de sódio, NaClO, e deixamos agir durante 24 horas. Em 4 horas de reação, observamos que a serragem da madeira já apresentava alterações em sua pigmentação e

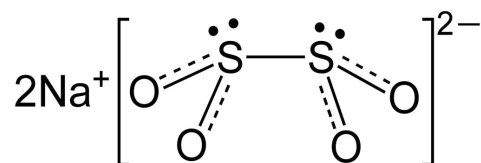
amolecimento das fibras. Após o prazo determinado para manter a reação entre a serragem de madeira e o hipoclorito de sódio, NaClO , filtramos novamente a serragem de madeira, usando uma peneira pequena, de modo a separá-la do hipoclorito de sódio comercial. Lavamos a serragem de madeira com água destilada em abundância. Após isso, adicionamos a serragem de madeira novamente ao béquer de 250 mL, e sobre ela adicionamos 20 mL de peróxido de hidrogênio, H_2O_2 . Usando uma espátula de silicone, mexemos bem de forma a impregnar totalmente a serragem de madeira ao peróxido de hidrogênio comercial. Deixamos reagindo à serragem de madeira no peróxido de hidrogênio, H_2O_2 , por 24 horas. Após este período, peneiramos a serragem de modo a separá-la da solução de peróxido de hidrogênio, H_2O_2 , lavamos com água em abundância. Logo percebemos que a madeira havia atingido o nosso objetivo, estava branqueada. Lavamos com álcool isopropílico. Separamos em cápsulas de porcelana a madeira branqueada e peneirada, isenta de impurezas da solução anterior, e secamos na estufa em 115°C por 2 horas. Após a secagem a madeira se manteve branqueada.

Também realizamos outra metodologia para branqueamento da serragem da madeira, que é submeter a madeira ao processo de redutiva. O processo de redutiva possui a finalidade de branqueamento e quebra de cores, muito utilizado nas indústrias têxteis e na fabricação de papel. O princípio ativo empregado para a execução do processo de redutiva é o hidrossulfito de sódio, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$.

O hidrossulfito de sódio é o sal de sódio do ácido ditionoso com a característica de um pó branco, cristalino e com um odor forte e penetrante de dióxido de enxofre. Aquece espontaneamente em contato com o ar e umidade, se decompõe em água quente e soluções ácidas. É utilizado no branqueamento e tingimento de tecidos e couros, tratamento de minérios, branqueamento redutivo do caulim, açúcar, melaço, celulose, papel, algodão fibras naturais, bambu, palha e lã.

- **MANUSEIO:** Manuseie em uma área ventilada ou com sistema geral de ventilação/exaustão local, utilizando os equipamentos de proteção individual: avental de PVC, botas, luvas, máscara, óculos de segurança.
- **ARMAZENAGEM:** Mantenha o tambor em local arejado, fechado, rotulado adequadamente e afastado de substâncias incompatíveis.

Figura 18 - Fórmula estrutural do hidrossulfito de sódio



Fonte: <https://chemuza.org/pt/hidrossulfito-de-sodio-na2s2o4/>

Para o processo de redutiva, preparamos duas soluções com concentrações diferentes, e observamos os resultados. Na primeira solução aquosa, fervemos 250 mL de água potável, com 5g de hidrossulfito de sódio, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, e 5g de hidróxido de sódio, NaOH , 50%, até o ponto de ebulição. Após a solução aquosa esfriar em temperatura ambiente, adicionamos lascas de madeira e deixamos reagindo por 24 horas. Em simultâneo, preparamos a segunda solução, onde fervemos 250 mL de água potável com 10g de hidrossulfito de sódio, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, e 10 g de hidróxido de sódio, NaOH , 50%, até o ponto de ebulição. Após a solução aquosa esfriar em temperatura ambiente, adicionamos a serragem da madeira e deixamos reagindo por 24 horas. Decorrendo este período, lavamos as madeiras com água destilada em abundância, peneirando para separar a madeira da solução aquosa. Em seguida, lavamos com álcool isopropílico. Obtemos um resultado mais satisfatório com a serragem da madeira que foi impregnado na solução aquosa de concentração 5:5. Submetemos a serragem da madeira a estufa, de modo a retirar toda a sua umidade, por 2h e 115°C .

A partir dos resultados obtidos com a execução das metodologias apresentadas para o processo, conseguimos obter o branqueamento da serragem de madeira.

3.1. METODOLOGIA PARA A AGREGAÇÃO DA MADEIRA AO POLÍMERO

O objetivo inicial desta pesquisa é obter uma madeira transparente impregnada com o polímero policarbonato, similar ao processo e o produto proveniente do mesmo, que foram desenvolvidos pelos cientistas já mencionados anteriormente nesta pesquisa. Porém, conforme explanado anteriormente, com as metodologias aplicadas a serragem de madeira, obtemos como resultado o branqueamento das mesmas. Em seguida, seguimos com estudos para entendermos sobre o processo para submetermos a serragem de madeira ao policarbonato.

O policarbonato, como já comumente mencionado nesta pesquisa, é um polímero termoplástico. O termoplástico é basicamente um tipo de plástico que permite, após ser elevado a altas temperaturas, ser deformado, fundido ou moldado inúmeras vezes sem que perca a qualidade do material e sua capacidade de cura. Em temperaturas elevadas apresenta alta viscosidade, podendo ser conformado e moldado para se tornar uma infinidade de produtos e materiais plásticos.

O primeiro método aplicado foi adicionar cerca de 20g de policarbonato em cristais em um recipiente de alumínio e levá-lo a estufa em uma temperatura entre 230°C ~ 260°C, deixando por 30 minutos. Após o tempo percorrido, tiramos o recipiente da estufa, e mexemos com uma espátula no polímero para vermos sua textura. Logo em primeiro contato, observamos que o policarbonato tem um tempo de endurecimento muito pequeno, em questão de 5 ~ 10 segundos o polímero já endurece, perdendo sua total viscosidade e tornando impossível ser moldado. Após esfriar, o polímero se moldou de acordo com o recipiente de alumínio e apresentou aeração, evidenciado pela impregnação de bolhas de ar na placa moldada. Neste processo, concluímos que a metodologia aplicada não foi eficaz, pois o polímero perdeu sua total viscosidade assim que entrou em contato com a temperatura ambiente, onde não foi possível moldarmos ele de outra forma pois o mesmo tornou-se rígido e se moldou de maneira natural ao recipiente de alumínio usado para derrete-lo.

Seguimos com outros testes para derreter o policarbonato de modo a torná-lo viscoso, possibilitando a sua moldagem e com isso conseguirmos impregna-lo a serragem de madeira branqueada.

Figura 19 - Policarbonato apresentando aeração



Fonte: Os autores desta pesquisa. Foto tirada no laboratório de química, da escola Etec Profª Maria Cristina Medeiros

Seguindo com mais testes, usamos o bico de bunsen com o objetivo de chegarmos ao ponto de fusão do policarbonato. Adicionamos aproximadamente 20g do polímero no recipiente de alumínio, apoiamos no tripé usando a tela de amianto e iniciamos o aquecimento. Conforme avançava o aquecimento, íamos mexendo com a espátula de silicone de forma a homogeneizá-lo. Adicionamos aproximadamente 5g de serragem pinus no policarbonato, de modo a incorporá-lo. Porém, o polímero atingiu mais de 260°C, queimando a madeira. Além disso, o policarbonato logo endureceu, perdendo sua viscosidade, impossibilitando o processo de moldagem.

Para continuarmos com o nosso teste, seguindo as orientações dos professores envolvidos e as novas pesquisas realizadas, deixamos a serragem branqueada mais seca e trituramos ela no liquidificador, para aumentar a superfície de contato da mesma. Com aumento da superfície de contato da madeira, ela irá incorporar melhor aos cristais de policarbonato facilitando no processo de extrusão e injeção fundindo os dois materiais. Deixamos na estufa por 24 horas, a 70°C, os cristais de policarbonato para que toda a umidade presente no mesmo fosse retirada, de modo a não comprometer o processo de injeção. O mesmo fizemos com a serragem da madeira branqueada e moída.

Juntamente com os professores da Fatec - Mauá, utilizamos uma máquina injetora AMATROL de pequeno porte, destinada para fins didáticos. Realizamos vários setups para ajustar da melhor forma o molde para injeção. Após o ajuste correto da injetora, incorporamos uma determinada alíquota de policarbonato com óleo mineral

e adicionamos uma quantidade menor de serragem de madeira, onde realizamos a mistura deles de forma mecânica, com o objetivo de agregar um ao outro.

Ao iniciarmos o processo de injeção, obtivemos resultados negativos com relação ao policarbonato. Devido a ser um polímero difícil de se trabalhar, tendo seu ponto de amolecimento alto, não conseguimos atingir êxito ao injetá-lo. Por mais que deixamos o policarbonato por 24 horas na estufa, em pouco tempo de exposição à temperatura ambiente ele absorveu umidade impactando na qualidade da placa injetada. Devido às dificuldades enfrentadas com o policarbonato durante a injeção, chegamos a conclusão que para esta finalidade iria ser necessário mais tempo hábil e recursos para utilizar da forma correta o policarbonato.

Para o andamento do nosso projeto decidimos utilizar o polímero Polipropileno para injeção das placas de madeira plástica.

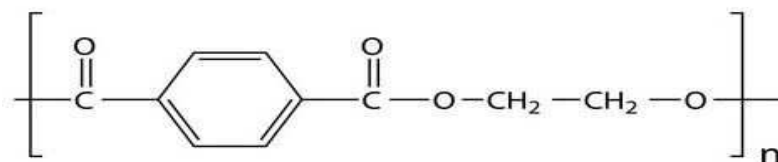
Definimos mudar o método de injeção com policarbonato para o polipropileno devido às características do polipropileno. Polipropileno (PP) ou polipropeno é um polímero, mais precisamente um termoplástico, derivado do propeno ou propileno, sendo também um plástico reciclável. Além de ser uma resina termoplástica de baixa densidade, ela possui aparência semitranslúcida e leitosa, com excelente coloração. Sua cadeia o torna facilmente moldável em altas temperaturas. Oferece um bom equilíbrio de propriedades térmicas, químicas e elétricas.

Principais características:

- absorve pouca umidade (não é higroscópico);
- resistente ao impacto;
- alta dureza superficial;
- soldável;
- transparente por contato;
- baixa permeabilidade ao vapor de água;
- baixíssima condutividade elétrica;
- resistente ao atrito, à fadiga por flexão e ao entalhe;
- moldável;
- atóxico;
- de baixo custo;
- de fácil usinagem;
- instável na presença raios ultravioleta;
- Aditável.

- altamente leve — com densidade na ordem de 0,905 g/cm³, uma das mais baixas entre todos os plásticos.

Figura 20 - Fórmula estrutural do Polipropileno



Fonte:

https://www.researchgate.net/figure/Molecular-Structure-of-Polyethylene-Terephthalate-PET-Chemical-Formula-C10H8O4n_fig1_351306838

Para o processo de injeção, realizamos o setup da máquina injetora com o objetivo de adequá-la à moldagem do polipropileno. Logo nos primeiros testes obtivemos resultados satisfatórios. O polipropileno apresentou uma ótima fluidez, facilitando o processo de injeção. Realizamos a mistura de uma determinada alíquota de polipropileno, serragem da madeira moída e óleo mineral. Misturamos os elementos de forma mecânica para incorporar de maneira conforme os materiais. Ajustamos a máquina injetora para 230°C e adicionamos no canhão os materiais impregnados, acionamos o pistão para que os mesmos fluam para a moldagem. Observamos que houve uma boa fluidez do polímero no processo de moldagem, porém devido a alta temperatura, a coloração das placas apresentaram variações entre marrom e acinzentado. Porém esta característica não desabona a placa, ela poderá ser destinada à construção civil para confecção de revestimentos, fachadas, boxes para banheiros, pisos e, até mesmo, decks para áreas de piscina pelo fato da placa injetada ser considerada uma madeira plástica.

Figura 21 - Placa somente PP e Placa de Madeira Plástica



Fonte: Os autores desta pesquisa. Foto tirada no laboratório de moldes, da escola Fatec - Mauá

Figura 22 - Deck feito de madeira plástica



Fonte: <https://www.ekobioind.com.br/2017/11/10/8-motivos-para-usar-madeira-plastica-no-seu-projeto/>

Madeira plástica é um material que imita a madeira natural, porém é feito de resíduos recicláveis, como plástico PVC e fibras naturais. No nosso caso, utilizamos a serragem de madeira e polipropileno reciclado para a confecção do nosso produto. É um produto altamente interessante por ser 100% ecológico, sustentável e resistente, que pode ser usado em diversas aplicações.

A madeira plástica é fabricada através de um processo industrial que mistura resíduos plásticos com aditivos e fibras naturais ou vegetais. O resultado é um material que pode ser difícil de diferenciar da madeira natural.

Vantagens da madeira plástica:

- **Sustentabilidade:** Ao reutilizar plásticos que seriam descartados, contribui para a redução de resíduos no meio ambiente.
- **Durabilidade:** Resistente a intempéries, umidade e pragas, possui uma vida útil estimada entre 50 e 80 anos.
- **Baixa manutenção:** Dispensa tratamentos frequentes, como pinturas ou vernizes, sendo fácil de limpar com água e sabão neutro.
- **Segurança:** Não solta farpas e é resistente a rachaduras, proporcionando um ambiente mais seguro.

Principais Aplicações:

- **Decks e pisos externos:** Devido à sua resistência à água e durabilidade, é ideal para áreas como piscinas e jardins.
- **Fachadas e revestimentos:** Oferece um acabamento estético semelhante à madeira, com maior resistência às condições climáticas.
- **Mobiliário urbano e playgrounds:** Por ser imune a pragas e bolor, é adequada para bancos, mesas e brinquedos em áreas públicas.
- **Pergolados e cercas:** Proporciona beleza e durabilidade em estruturas externas.

Apesar de seu custo inicial possa ser elevado, podemos levar em conta seu custo benefício a médio e longo prazo, já que, sua durabilidade e baixa necessidade de manutenção podem compensar o investimento. Além disso, por ser um material reciclado, contribui significativamente para a preservação ambiental.

3.2. METODOLOGIA DOS TESTES APLICADOS E SEUS RESULTADOS

Após a metodologia adotada e a execução do processo para a injeção das placas de polipropileno agregado à serragem de madeira, realizamos testes para obtermos os resultados referentes a densidade, teor de umidade, comportamento de chamas, dureza Shore D do produto e teste de resistência a impactos.

É importante submetermos o nosso produto acabado a testes físicos para entendermos a sua durabilidade, resistência e fluidez dos materiais, com o objetivo de mantê-lo de acordo com os requisitos de qualidade, conforme a norma vigente ISO 9001. Com os resultados das análises dos testes podemos buscar avançar na melhoria contínua do nosso produto, visando adaptá-los conforme as necessidades de nossos clientes.

TESTE DE DENSIDADE

Densidade é uma propriedade física que relaciona a massa de um material ao volume que ele ocupa, sendo característica de cada substância. Medidas de densidade são afetadas por alterações de pressão, temperatura e composição química.

A densidade do plástico é uma característica muito importante para definir suas aplicações, os processos de produção e a forma ideal de reciclagem. A densidade pode ser calculada dividindo-se a massa do objeto pelo seu volume. A densidade também ajuda a indicar se um corpo afundará ou flutuará em um outro fluido, pois ela possui relação com a força peso. Quanto mais denso for o corpo, maior a força peso e, assim, mais ao fundo ele se coloca no sistema.

Para a análise de densidade, comparamos os resultados obtidos com os testes feitos com a placa de somente polipropileno com os resultados obtidos dos testes feitos com a placa de polipropileno agregado à serragem, ou seja, nosso produto acabado.

Realizamos o teste e análise de densidade das placas usando o método de imersão e deslocamento de volume de água ao adicionarmos o material sobre a área. Em uma proveta graduada de 1000 mL, adicionamos 600 mL de água destilada e lançamos a placa somente com polipropileno e observamos o deslocamento de volume posterior. Com base nos resultados e cálculos realizados, obtemos a

densidade de 0,98 gcm³/mL. Usamos a mesma metodologia para determinação de densidade da placa de polipropileno agregado à serragem de madeira. Obtemos o resultado de densidade do nosso produto acabado, 1,087 gcm³/mL.]

Considerando os resultados de densidade de ambos materiais, podemos concluir que a serragem de madeira aumentou a dureza do material, tornando-o mais resistente.

TESTE DE COMBUSTÃO

Em seguida, realizamos o teste de combustão em ambas as placas injetadas, a primeira somente com polipropileno e a segunda com a agregação da madeira. O teste de chama consistiu em adicionar fogo em ambas as placas, de modo a observarmos o comportamento das mesmas, o aspecto de fumaça e odor. Observamos que não houve alterações entre ambas as placas, seu tempo de combustão foi a mesma, o teor de fumaça propagada também foi a mesma, com a diferença que a placa contendo serragem exalou um odor característico da madeira.

TESTE DE UMIDADE

O próximo teste que foram submetidas as placas foi o de teor de umidade. O objetivo desta análise foi determinar o teor de umidade que a placa de madeira plástica possa absorver, em comparação ao teor de umidade obtido pela placa somente plástica. Realizamos o teste de umidade, primeiramente determinando suas massas iniciais, em seguida, adicionando ambas as placas em um recipiente contendo 75 mL de água potável e armazenamos por 48 horas. Após este período, secamos as placas e determinamos as suas massas finais. Após as análises observamos que a placa somente plástica absorveu 0,037% de umidade, já a placa com madeira aplicada absorveu 0,099% de umidade, evidenciando que por causa da madeira a placa absorveu um pouco mais de umidade, porém não são resultados impactantes que desabone o produto final.

TESTE DE DUREZA SHORE D

O teste de dureza Shore D é um ensaio que mede a resistência de um material à penetração de um indentador, em uma escala de 0 a 100.

Principais características do teste de dureza Shore D.

- O durômetro Shore D tem um penetrador cônico de 30° e um sistema de molas que aplica uma força no material por 10 segundos.
- O teste de dureza Shore D é indicado para materiais sintéticos, resinas sintéticas e plásticos rígidos.

A medição da dureza é usada para controlar a qualidade de um material, de acordo com padrões determinados pelo fabricante, clientes e outras partes interessadas. No caso do nosso produto, usamos como comparação a placa plástica.

Realizamos o teste de dureza Shore D nas duas placas de amostras. O resultado do teste e análise da amostra com somente polímero foi de 63 Shore D, e o resultado do teste e análise da amostra contendo serragem de madeira foi de 58 Shore D. Podemos observar que a primeira amostra apontou uma dureza maior com relação a segunda amostra. Porém, podemos concluir que não houve uma diferença significativa que desabone o nosso produto final.

TESTE DE IMPACTO IZOD COM ENTALHE

O teste de impacto Izod com entalhe é um método para avaliar a tenacidade de um material, medindo a energia absorvida por ele durante um impacto. O teste é realizado com um pêndulo de impacto que atinge uma amostra metálica ou de plástico fixada verticalmente, com um entalhe em forma de U na altura da fixação.

A energia absorvida pelo material é medida, indicando sua resistência à fratura por impacto. O teste de impacto Izod é semelhante ao teste de impacto Charpy, mas a principal diferença entre os dois está na forma do entalhe. A norma ISO 180 descreve o teste de impacto Izod para plásticos, e a norma ASTM D 256 também descreve o teste Izod.

O resultado obtido do teste e análise do resultado da primeira amostra, somente polímero, foi de 306,21 KJ/m³. Seguindo com o teste e análise, obtivemos como resultado da segunda amostra, com serragem de madeira, 392,27 KJ/m³. Observamos que nesta análise houve uma diferença significativa nos resultados de

impacto entre as duas amostras, comprovando que a placa de polipropileno enriquecida com serragem de madeira tornou-a mais resistente a impactos, aumentando também a sua durabilidade.

4. SUBPRODUTOS

A empresa Plastic Wood lida principalmente com subprodutos como, lignina proveniente da serragem da madeira e efluentes líquidos com pH ácido. A gestão desses subprodutos é crucial, não apenas para atender aos requisitos ambientais, mas também para explorar possíveis oportunidades de reciclagem, reutilização ou até mesmo comercialização. A reciclagem de subprodutos pode não apenas reduzir os impactos ambientais, mas também contribuir para a eficiência econômica da operação.

Abaixo está a destinação/tratamento para os subprodutos:

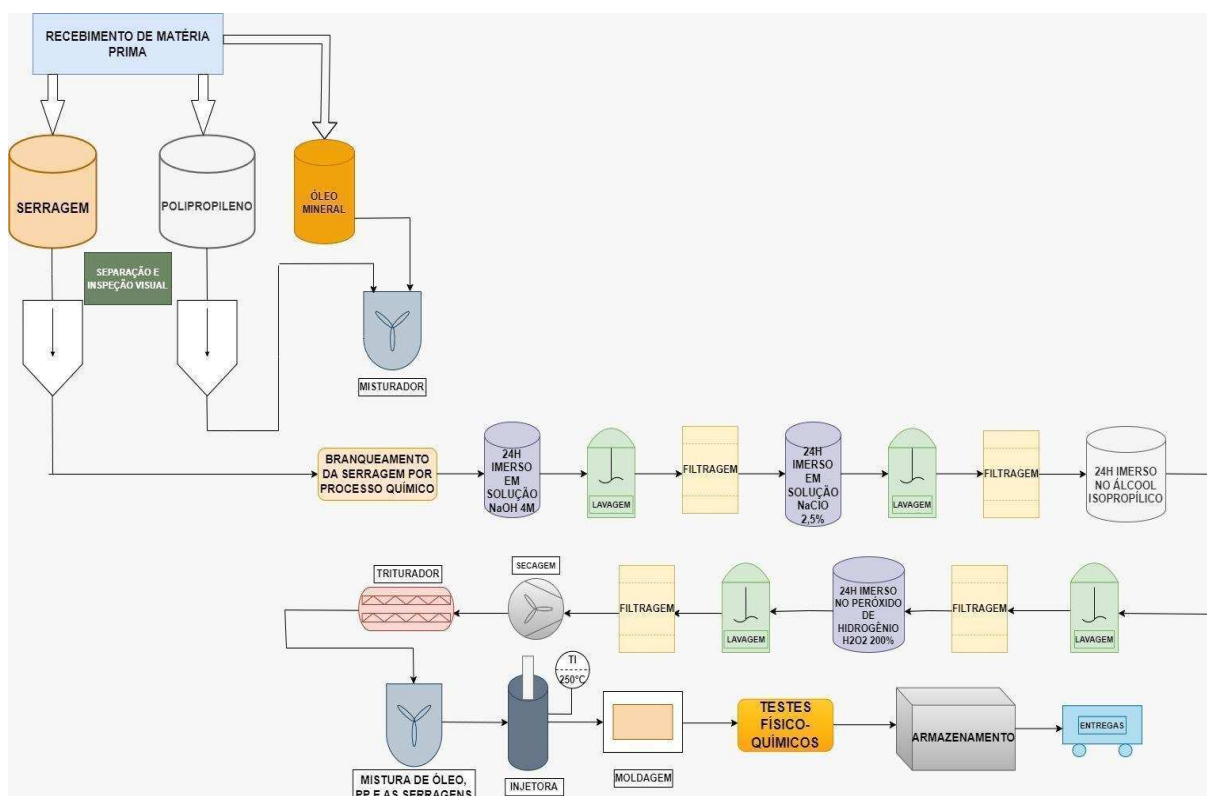
Lignina - A lignina é um polímero natural presente em plantas terrestres, principalmente nas árvores. Devido ao processo químico para o branqueamento da madeira, é necessário a extração da lignina pois ela é responsável pela coloração da madeira. Após ela ser retirada, pode-se reservá-la e destiná-la para a produção de biocombustível e também é usada como aglutinante industrial, tais como aditivos para concretos, curtimento de couro e corantes, condicionadores de solo e ingredientes ativos de resinas fenólicas. O uso da lignina pode impactar positivamente as condições climáticas, uma vez que ela pode ser uma fonte de energia limpa e renovável.

Efluente líquido - Durante o processo químico para branqueamento da madeira, são gerados efluentes líquidos com pH ácido. A empresa Plastic Wood realiza o tratamento do efluente gerado deste processo para garantir a neutralização do pH ácido. Essa prática está alinhada com as regulamentações ambientais, especificamente mencionando o artigo 19 do Decreto nº 8.468 de 08 de Setembro de 1976.

5. FLUXOGRAMA DE PROCESSO

O fluxograma a seguir tem como objetivo detalhar de forma visual o processo produtivo de injeção de placas de polipropileno enriquecida com a serragem de madeira. Tem como principais etapas o recebimento e controle de qualidade dos materiais e armazenamento, o branqueamento químico da serragem de madeira, secagem, fase de trituração da madeira para aumentar a sua superfície de contato, etapa de misturar de forma mecânica os principais insumos para a placa, sendo a serragem de madeira, o polipropileno em granulos e o óleo mineral. Em seguida, seguimos com o processo de injeção dos materiais para serem moldados, obtendo o produto final, a placa de madeira plástica.

Figura 23 - Fluxograma de Processo



Fontes: Autores deste estudo

6. CUSTOS, QUANTIFICAÇÃO E DEPRECIAÇÃO

Nas tabelas a seguir, está destacando os valores de custos para a execução do nosso processo produtivo de injeção de placas de madeira plástica. Também está sendo evidenciado os valores de investimento, a sua depreciação, quantificação dos insumos e reagentes consumidos, bem quanto a precificação do nosso produto final. Nosso produto terá as medidas de 30 x 30 x 2,5 cm, com peso de 2,45 kg, sendo que para completar 1 metro é necessário um conjunto de 12 placas de madeira plástica. Nossa placa tem proporção de 95% de polipropileno e 5% de serragem de madeira.

Tabela 1 - Investimentos Maquinários

Cotação de Maquinários	
Misturador Vertical Secador	R\$ 26.020,00
Balança para Bag	R\$ 3.099,00
Tanque Inóx 5.000L	R\$ 13.900,00
Tanque Inóx Misturador 5.000L	R\$ 21,634,00
Filtro para lavagem (Filtro Bag)	R\$ 34.216,85
Centrifuga/ Secagem	R\$ 8.900,00
Moedor ou triturador	R\$25.000,00
Moinho	R\$ 33.979,70
Moinho triturador Matelo	R\$ 30.000,00
Injetora Plástica	R\$90.000,00
Molde	R\$4.370,00
Bag	R\$ 38,40
Empilhadeira Elétrica	R\$ 18.000,00
Rebarbador	R\$ 3.024,00
SOMA	R\$ 290.547,95

Tabela 2 - Custos fixos

Custos Adicionais	
Água	R\$ 2.000,00
Energia	R\$ 4.000,00
Galpão 100m2	R\$ 2.500,00
Mão de Obra	R\$ 100.000,00
Terceirização Entregas	R\$ 3.500,00
Telecomunicações	R\$ 2.500,00
SOMA	R\$ 114.500,00

Tabela 3 - Investimentos Insumos e Reagentes

Reagentes	
NaOH Conc 97,5%	R\$ 33,86/Kg
H ₂ O ₂ 200Vol	R\$ 24,00/L
Álcool Isopropílico 99%	R\$ 38,90/L
Hipoclorito de Sódio 2,5%	R\$ 228,00/50L
Óleo Mineral	R\$ 20,00/L
SOMA	R\$ 344,76
Matéria-Prima	
Serragem	R\$ 0,80kg
PP - Virgem	R\$ 21,89kg
PP - Reciclado	R\$ 3,50kg
SOMA	R\$ 26,19

Tabela 4 - Precificação

Densidade da placa= 1,087kg/L / Massa= 2,45kg		QUANT. KITS (12 peças)
Diário- 5.000/2,45kg	2.040 peças	170 kits
Semanal- 2.040 x 5 dias	10.200 peças	850 kits
Mensal- 10.200 x 22 dias	224.400 peças	18.700 kits
Anual- 224.400 x 12 meses	2.692.800 peças	224.400 kits
Consumo de insumos mensais		
Serragem	5.500kg/mês	R\$ 4.400,00
Polipropileno reciclado	104.500kg/mês	R\$ 365.750,00
Reagentes	44.000L/mês	R\$ 202.640,00
Óleo Mineral	2.200L/mês	R\$ 44.000,00
SOMA		R\$ 616.790,00
Depreciação		
Custos fixos + Insumos		R\$ 731.290,00
R\$ 731.290,00/ 224.400 peças		R\$ 3,25
Depreciação		
Custos de maquinários/ 12 meses		R\$ 24.212,33
R\$24.212,33/224.400 peças		R\$ 0,11
Soma total de depreciação		R\$ 3,40
Custo por peça		
Insumos	R\$ 2,75	
Custos fixos	R\$ 0,51	
Custos de investimento	R\$ 0,11	
Depreciação	R\$ 3,25	
SOMA	R\$ 7,00	
Valor total do Kit		
SOMA	R\$ 84,00	

De acordo com a tabela acima, podemos detalhar as quantidades de peças e kits que serão produzidas de forma diária, semanal, mensal e anual pela Plastic Wood, bem como o seu retorno financeiro. Com base nos cálculos de investimentos, custos fixos e consumo de insumos e reagentes, podemos estipular a depreciação do valor investido, onde iremos diluí-lo no período de 12 meses. O valor unitário da nossa peça será de R\$7,00 e o valor do kit com 12 peças será de R\$84,00, um preço competitivo no mercado, onde a média é de R\$180,00 o kit.

7. PESQUISA DE CAMPO

Para compreendermos de forma assertiva como nossos futuros clientes entende sobre os benefícios, aplicabilidade, importância sustentável do nosso produto, placa de madeira plástica, e o que eles esperam do mesmo, desenvolvemos uma pesquisa de campo, utilizando como ferramenta o Google Forms. Podemos quantificar que nossa pesquisa foi respondida por muitas pessoas diferentes, e que a mesma teve um longo alcance geográfico, chegando a outros estados do nosso país e, até mesmo, no exterior.

Gráfico 1 - Pesquisa de Campo, Idade

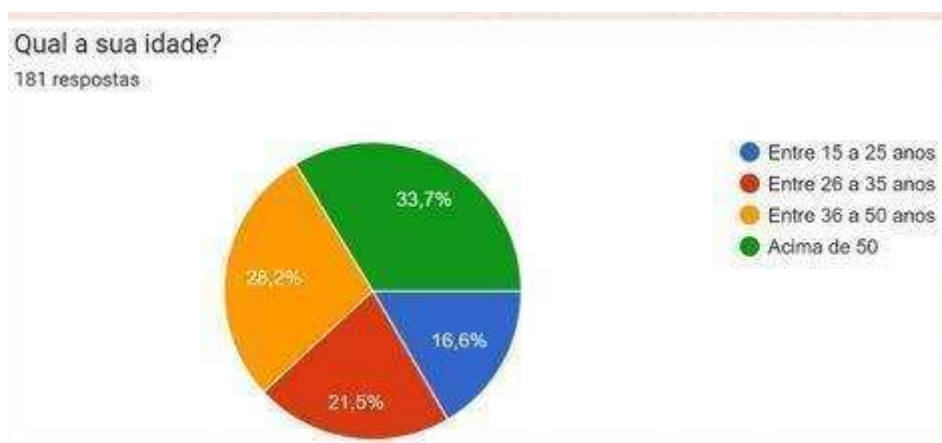


Gráfico 2 - Pesquisa de Campo, Reaproveitamento

Já ouviu falar em reaproveitamento de madeira ou de plástico?
182 respostas

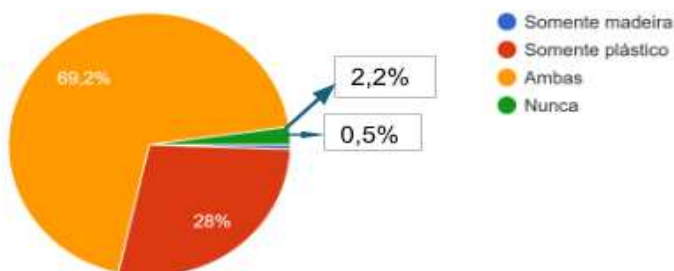


Gráfico 3 - Pesquisa de Campo, Descarte

Você descarta corretamente plásticos e retalhos de madeira?

182 respostas

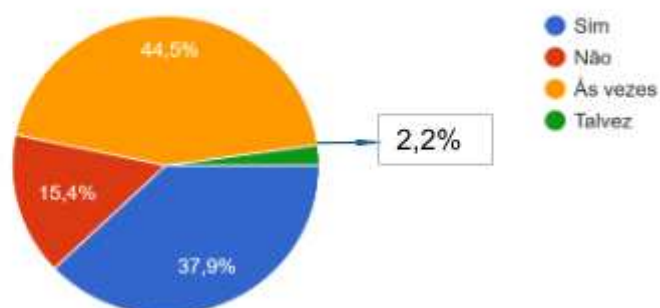


Gráfico 4 - Pesquisa de Campo, Interesse

Você compraria móveis, pisos ou afins, sabendo que foram produzidas de forma sustentável?

182 respostas

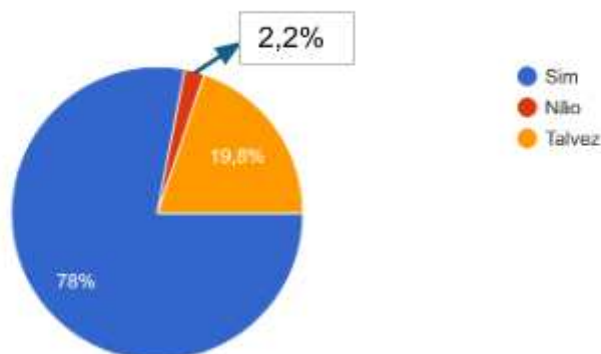


Gráfico 5 - Pesquisa de Campo, Preço

Quanto você estaria disposto a pagar nesse material? (Por unidade)

182 respostas

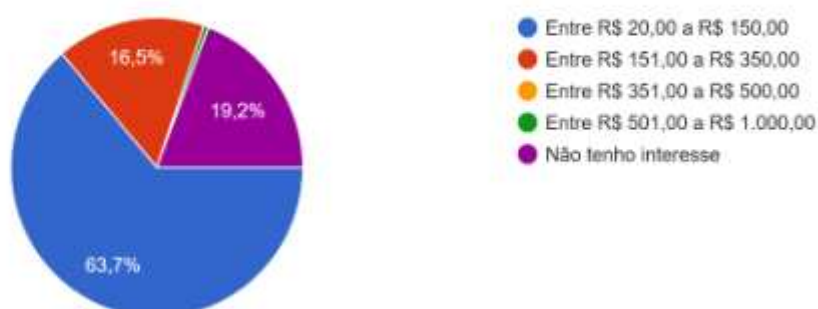
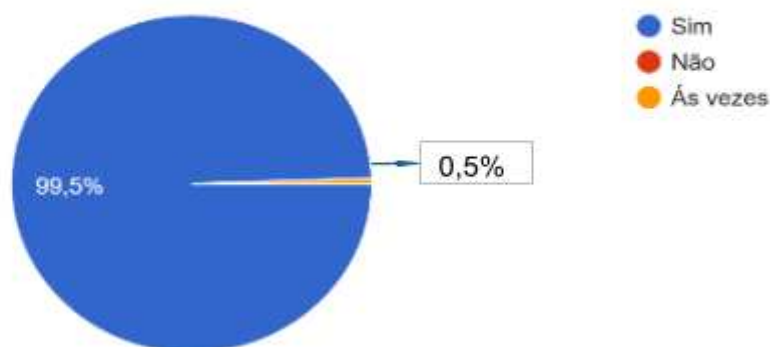


Gráfico 6 - Pesquisa de Campo, Importância da Reciclagem

Você acha importante a reciclagem correta desses materiais?
182 respostas



Por meio da estratificação feita por meio da pesquisa de campo, podemos obter como principais dados que cerca de 34% das pessoas que responderam a nossa pesquisa têm idade na faixa de 50 anos. Com respeito ao conhecimento do reaproveitamento de madeira e de plástico, em média 70% das pessoas conhecem ambos reaproveitamentos. Já, com relação ao descarte destes materiais, cerca de 45% das pessoas responderam que às vezes descartam de maneira correta estes materiais. Por volta de 78% das pessoas demonstraram interesse em adquirir o nosso produto. Sobre o custo, cerca de 64% das pessoas disseram que pagariam entre R\$20,00 a R\$150,00. Com respeito a importância da reciclagem destes materiais cerca de 96% das pessoas responderam que consideram importante. As principais cidades que responderam a nossa Pesquisa de Campo foram da região do ABC Paulista, sendo Ribeirão Pires com cerca de 19%, seguido por Mauá com 18% das respostas e Rio Grande da Serra com cerca de 17% das respostas à nossa pesquisa de campo.

8. ANÁLISE DE SWOT

A análise SWOT é uma ferramenta de planejamento estratégico que ajuda a identificar forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de uma empresa, projeto, produto, indústria ou pessoa. A sigla SWOT é a abreviação em inglês para Strengths (Forças), Weaknesses (Fraquezas), Opportunities (Oportunidades) e Threats (Ameaças). Em português, é também conhecida como análise FOFA. Ela é uma ferramenta estratégica muito importante para as empresas, pois por meio dela é possível elaborar planos de ações para minimizar ou, até mesmo, eliminar os pontos negativos.

Para fazer a análise SWOT, é importante considerar tanto os fatores internos da empresa como os externos. Os fatores externos são geralmente coisas que a empresa não controla, como tendências do mercado, tendências econômicas, dados demográficos, entre outros.

Para elaborarmos o planejamento estratégico da nossa empresa, Plastic Wood, utilizamos a ferramenta swot para determinar os fatores externos e fatores internos da mesma.

Tabela 5 - Análise Swot

FORÇAS • Produto Sustentável • Metodologia Inovadora • Preço competitivo • Matéria-prima acessível • Baixo scrap	FRAQUEZAS • Empresa nova de pequeno porte • Poucos maquinários • Infraestrutura alugada
OPORTUNIDADES • Trazer produtos de Qualidade • Importância da sustentabilidade • Parcerias • Novas tecnologias e produtos • Matérias-primas locais	AMEAÇAS • Empresas já consolidadas • Localização • Fornecedores • Crise econômica

As métricas Forças e Fraquezas estão relacionadas a fatores internos que a nossa empresa pode prever e controlar por meio de um plano de ação. Já as métricas Oportunidades e Ameaças se referem a fatores externos que podem influenciar de

forma positiva ou negativa o nosso negócio. As métricas se relacionam de maneira que as Forças e Oportunidades são fatores positivos para a nossa empresa e negócios, onde devemos estabelecer planos de ações para intensificá-los e nos tornar mais competitivos no mercado, e as Fraquezas e Ameaças são os fatores negativos para nossa empresa e negócios, onde devemos prevêê-los e estabelecer planos de ações para diminuirmos os seus impactos aos negócios.

9. ANÁLISE MODELO CANVAS

O Modelo Canvas é uma ferramenta de gestão aplicada no planejamento estratégico de empresas, que permite a criação e o desenvolvimento do modelo de negócio. Através de 9 elementos visuais, os gestores conseguem avaliar com eficácia o desempenho da organização.

Tabela 6 - Canvas

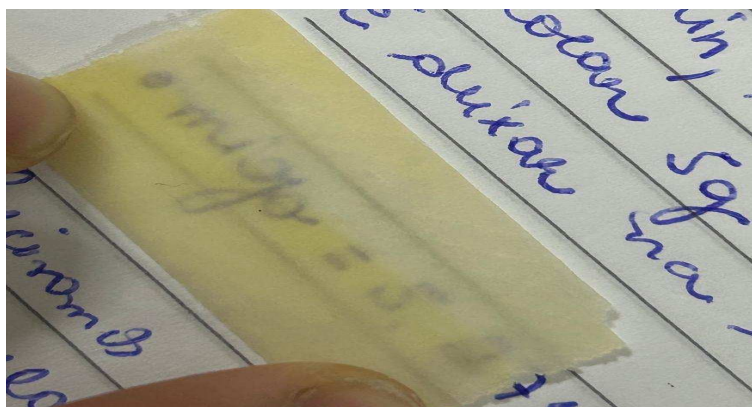


De forma visual, podemos entender de maneira geral o planejamento estratégico do nosso negócio, com relação a estrutura, custos, investimentos, parcerias e como captar e conservar nossos clientes de modo assertivo.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos estudos, análises e testes feitos, conseguimos produzir um produto sustentável de qualidade, resistente a impactos e com demais benefícios. Durante este percurso foi necessário muito estudo e testes para conseguirmos atingir o resultado conquistado. Apesar da nossa ideia inicial fosse o branqueamento da serragem de madeira e atribuí-la ao policarbonato, visando uma placa mais translúcida para destiná-la para a produção de coberturas, durante o andamento do nosso trabalho e a metodologia que tivemos acesso não foi possível concluir nossa primeira ideia, devido a grande dificuldade em se trabalhar com o polímero policarbonato em grânulos, levando em consideração que não tivemos acesso a recursos robustos para injetá-lo. Devido a isso, decidimos testar o polipropileno por ele também ter características positivas ao nosso produto esperado. Obtemos bons resultados de fluidez do mesmo, com isso enriquecemos ele com a serragem de madeira branqueada e utilizamos o método de injeção para a moldagem da nossa placa. Nesta etapa tivemos mais um problema, que foi o ponto de queima da madeira que é relativamente menor do que o ponto de fluidez do polipropileno, resultando na queima parcial da madeira. Mas estes dados não impactaram no êxito do nosso produto, nos adaptamos e conseguimos produzir uma placa de madeira plástica, algo que já existe no mercado, mas utilizando uma nova metodologia para trabalhá-lo. De acordo com os testes e custos de produção, podemos concluir que nosso produto é competitivo no mercado, dentro do segmento dele que é a construção civil, placas para revestimento, pisos e decks, por ser resistente a impactos e ter um preço acessível.

Figura 24 - Madeira branqueada, onde se é possível ler: Miojo = 5.2



Fonte: Dos autores

Conforme a imagem acima, evidencia os resultados positivos que obtivemos durante o nosso trabalho de conclusão de curso, onde o mesmo foi essencial para nosso aprendizado dos processos químicos e industriais e visão do mercado de trabalho.

11.REFERÊNCIAS

- <https://www.anpm.org.br/conheca-madeira-antes-de-se-tornar-madeira/>
- <https://asana.com/pt/resources/swot-analysis>
- https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/04/160401_cientistas_madeira_transparente_rm
- <https://blog.aevo.com.br/modelo-canvas/>
- <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/Acido-acetico.htm>
- <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/peroxido-de-hidrogenio.htm>
- <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/polimeros.htm>
- https://canaltech.com.br/inovacao/madeira-transparente-e-a-nova-aposta-dos-cientistas-para-substituir-o-plastico-227936/#google_vignette
- <https://www.ekobioind.com.br/2017/11/10/8-motivos-para-usar-madeira-plastica-no-seu-projeto/>
- <https://innovarcoberturas.com/cobertura-de-vidro-ou-policarbonato/>
- <https://www.institutobramante.com.br/madeira-transparente-e-seus-resultados-cientificos-surpreendentes/>
- <https://www.madeirasradial.com.br/blog/loja-de-madeira/madeira-pinus-caracteristicas-e-vantagens/>
- <https://mercadoflorestal.com.br/artigos/reflorestamento-de-pinus-vantagens-e-desvantagens>
- <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/polimero-termoplastico-termorrigidoo.htm>
- <https://proaqua.mx/hidroxido-de-sodio-lentejas-a-c-s-frasco/>
- <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.biomac.6b00145>
- <https://www.raizen.com.br/blog/lignina>
- <https://relvaplac.com.br/en/madeira-de-pinus-conheca-a-importancia-e-uso-no-pais/>
- https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Esquema-da-estrutura-quimica-da-resina-epoxi_fig1_304
- <https://www.tecmundo.com.br/ciencia/210582-madeira-transparente-resistente-isolante-vidro.htm>
- <https://www.tudosobreplasticos.com/materiais/policarbonato.asp>

- <https://umsoplaneta.globo.com/biodiversidade/noticia/2024/12/01/negociacos-do-tratado-sobre-poluicao-plastica-fracassam-apos-impasse-sobre-financiamento.ghtml>
- <https://vichemic.pl/en/produkt/sodium-acetate-anhydrous-98-127-09-3/>

