



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

GISLAINE IZIDIO DA GUIA SILVA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO OBTIDO COM
APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE JARDIM, MATERIAL FOLIAR DA ESPÉCIE
*TERMINALIA CATAPPA***

Sorocaba / SP
2023

GISLAINE IZIDIO DA GUIA SILVA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO OBTIDO COM
APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE JARDIM, MATERIAL FOLIAR DA ESPÉCIE
*TERMINALIA CATAPPA***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Ciência e
Tecnologia de Sorocaba, Universidade
Estadual Paulista (UNESP), como parte
dos requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia
Pereira Antunes Silva

Sorocaba / SP
2023

S586p

Silva, Gislaine Izidio da Guia

Produção e caracterização de papel reciclado obtido com aproveitamento de resíduo de jardim, material foliar da espécie *Terminalia catappa* / Gislaine Izidio da Guia Silva. -- Sorocaba, 2023

49 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientadora: Maria Lúcia Pereira Antunes Silva

1. Reaproveitamento. 2. Resíduo de papel - Reaproveitamento. 3. Sustentabilidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

GISLAINE IZIDIO DA GUIA SILVA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO OBTIDO COM
APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE JARDIM, MATERIAL FOLIAR DA ESPÉCIE
*TERMINALIA CATAPPA***

Sorocaba, 23 de novembro de 2023

Prof. Dra. Maria Lúcia P. Antunes Silva
Orientadora

Trabalho aprovado por meio de parecer, homologado pelo Conselho de Curso em reunião de 17 de janeiro de 2024.

Sorocaba / SP
2023

Dedico este trabalho a minha família e amigos, em especial aos meus pais, que mesmo sem muitos estudos, sempre me apoiaram e motivaram a ir atrás dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida, por me permitir realizar esse grande sonho de fazer uma faculdade pública e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados durante o período do curso.

Aos meus pais por todo amor e apoio ao longo da minha vida. Apesar de todas as dificuldades que enfrentamos, eles estão sempre me motivando a buscar pelos meus sonhos e me incentivando a ser uma pessoa melhor a cada dia. Agradeço por todo amor, companheirismo, dedicação e confiança.

Aos meus irmãos e sobrinhos pelo apoio e motivação diária que me deram em todo o período que estive longe de casa, agradeço por acreditarem na minha capacidade.

A professora Dra. Malu, por todos os ensinamentos passados no período da graduação, por toda orientação para o desenvolvimento deste trabalho, por estar presente quando eu precisei e principalmente, por ser mais do que uma orientadora de um trabalho acadêmico, mas sim uma grande inspiração como ser humano.

A minha tia Sueli, a tia Liloca, que sempre me motivou e sei que de onde ela estiver, continuará sempre torcendo por mim.

A toda a minha família, tios, tias e primos, pelas palavras de incentivo e carinho.

Ao meu amigo Luis Henrique Batistela que me ajudou em algumas etapas práticas desse trabalho e foi um grande parceiro e amigo de trabalho, durante todo o curso.

Aos meus amigos, Ingrid, Pamela, Cristhian, Rilson, Pedro, Giovani, Hudson, Fernanda Diniz, Mariana, por toda a parceria e amizade durante todo o período da graduação.

Ao meu amigo, Eduardo Pereira, que além de parceiro de grupo em alguns trabalhos foi parceiro de apartamento ajudando a me adaptar em uma nova cidade.

Ao laboratório Natel pelo fornecimento das condições técnicas para o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, campus de Sorocaba, seus professores, à direção, a administração e comissão de permanência estudantil.

Aos funcionários da UNESP Sorocaba, pois são fundamentais para a existência da instituição, em especial ao senhor Vanderlei que me ajudou com a coleta das folhas vegetais utilizadas no desenvolvimento desse trabalho.

A todos as pessoas que fazem parte da minha vida e que contribuíram para a realização deste trabalho.

“Compartilhar conhecimento é a única maneira de alcançar a imortalidade”

Dalai Lama

RESUMO

Apesar de grandes avanços tecnológicos, o papel é um recurso fundamental e ainda muito utilizado para a disseminação de informações, para uso em escritórios, escolas e outros diversos fins. Devido a suas diversas funções e utilidades o consumo de papel é alto e constante, consequentemente, o resíduo gerado pelo descarte dele também. Embora seja produzido a partir de um recurso natural, a produção de papel gera impactos ao meio ambiente, devido a necessidade de um grande consumo de recursos naturais, pois utiliza madeira como principal matéria-prima, alto volume de água e energia, além de necessitar de produtos químicos durante o processo de fabricação que muitas vezes são tóxicos. Outro problema envolvendo resíduos, são os resíduos sólidos orgânicos, gerados pela deposição de árvores, plantas etc. Resíduos como, folhas, galhos, sementes que podem causar problemas urbanos, como entupimentos de bueiros, poluição visual do ambiente e outros. A reciclagem do papel com o uso de material foliar é uma importante alternativa para minimizar os problemas causados pelo acúmulo de resíduos, pois a reciclagem permite uma redução na quantidade de resíduo sólido urbano, diminui e até mesmo evita a necessidade de uso de recursos naturais e ainda contribui para redução de consumo energético, necessário no processo de produção do papel. Ao reciclar o papel com uso de folhas de árvore, um material orgânico, promove-se o desenvolvimento de materiais menos agressivos ao meio ambiente. Diante disso, o presente trabalho buscou analisar a viabilidade de uso do material foliar das árvores da espécie "*Terminalia Catappa*" para a produção de um papel reciclado, realizando análise de parâmetros como morfologia, resistência ao rasgo, coloração, maleabilidade e características de gramatura e espessura. Os papéis produzidos com maior quantidade de fibra vegetal incorporada, apresentaram mudança na coloração, medidas de gramatura e espessura maiores e um comportamento mecânico mais perceptível. Apesar dos diferentes parâmetros, todos os papéis obtidos com a prática realizada apresentaram características para serem utilizados, principalmente, para fim artesanal.

Palavras-chave: papel reciclado; folhas de árvores; reciclagem; sustentabilidade.

ABSTRACT

Despite great technological advances, paper is a fundamental resource and is still widely used for disseminating information, offices, schools, and for other purposes. Due to its diverse functions and uses, paper consumption is high and constant, consequently, the waste generated by its disposal is also high. Although it is produced from a natural resource, paper production generates impacts on the environment due to the need for a large consumption of natural resources, as it uses wood as the main raw material and requires a high volume of water and energy, in addition to the use of chemicals during the manufacturing process that are often toxic. Another problem involving waste is organic solid waste, generated by the deposition of trees, plants, etc. Waste such as leaves, branches, and seeds can cause urban problems such as blocked drains, visual pollution of the environment, and others. Recycling paper with the use of leaf material is an important alternative to minimize the problems caused by the accumulation of waste, as recycling allows a reduction in the amount of urban solid waste, reduces and even avoids the need to use natural resources, and also contributes to reducing energy consumption, which is necessary in the paper production process. By recycling paper using tree leaves, an organic material, the development of materials that are less harmful to the environment is promoted. In view of this, the present work sought to analyze the feasibility of using leaf material from trees of the "*Terminalia Catappa*" species for the production of recycled paper, analyzing parameters such as morphology, tear resistance, coloring, malleability, grammatical characteristics, and thickness. Papers produced with a greater amount of vegetable fiber incorporated showed changes in color, greater grammage and thickness measurements, and a more noticeable mechanical behavior. Despite the different parameters, all the papers obtained from the practice carried out presented characteristics to be used, mainly, for craft purposes.

Keywords: recycled paper; tree leaves; recycling; sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da distribuição (porcentagem) de municípios com disposição de resíduo sólido urbano adequada.....	17
Quadro 1 - Exemplos de Materiais Recicláveis e Classificação.....	18
Figura 2 - Reciclagem do Papel – Processo.....	21
Figura 3 - Reciclagem de Papel Artesanal – Processo.....	22
Figura 4 - Folhas da árvore da Espécie <i>Terminalia Catappa</i> coletadas.....	22
Figura 5 - Árvore da Espécie <i>Terminalia Catappa</i>	23
Figura 6 - Folhas vegetais picadas.....	25
Figura 7 - Pó de fibra vegetal.....	25
Figura 8 - Excesso de fibra vegetal descartado.....	26
Figura 9 - Papéis cortados e pesados.....	27
Figura 10 - Polpa de papel.....	27
Figura 11 - Polpa de Papel com Fibra Vegetal.....	28
Figura 12 - Medidas do papel reciclado com 10g de fibra vegetal.....	30
Figura 13 - Micrômetro ($\pm 0,001\text{mm}$)	30
Figura 14 - Papel Reciclado Puro (sem adição de fibra vegetal)	31
Figura 15 - Papel Reciclado com 10g de Fibra Vegetal.....	31
Figura 16 - Papel Reciclado com 30g de Fibra Vegetal.....	32
Figura 17 - Papel Reciclado com 50g de Fibra Vegetal Fina.....	32
Figura 18 - Papel Reciclado com 50g de Fibra Vegetal Grossa.....	32
Figura 19 - Papéis Reciclados com Diferentes Proporções de Fibra Vegetal.....	33
Figura 20 - Gráficos de linhas de tendência entre as Gramaturas (g/m^2) e proporção de FV (Fibra Vegetal) aplicadas nos papéis reciclados	36
Figura 21 - Medidas de Espessura x Proporção de Fibra vegetal aplicada.....	40
Figura 22 - Caixinha Produzida com Papel Reciclado Puro.....	41
Figura 23 - Caixinha Produzida com 10g de Fibra Vegetal.....	41
Figura 24 - Caixinha Produzida com 30g de Fibra Vegetal.....	41
Figura 25 - Caixinha Produzida com 50g de Fibra Vegetal Fina.....	42
Figura 26 - Caixinha Produzida com 50g de Fibra Vegetal Grossa.....	42
Figura 27 - Caixinhas do Primeiro e Último Papel Reciclado Puro.....	43

Figura 28 - Caixinhas do Primeiro e Último Papel Reciclado com 10g de Fibra Vegetal.....	43
Figura 29 - Caixinhas do Primeiro e Último Papel Reciclado com 30g de Fibra Vegetal.....	44
Figura 30 - Caixinhas do Primeiro e Último Papel Reciclado com 50g de Fibra Vegetal Fina.....	44
Figura 31 - Caixinhas do Primeiro e Último Papel Reciclado com 50g de Fibra Vegetal Grossa.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas de Gramatura dos papéis reciclados produzidos.....	35
Tabela 2 - Medidas de Espessura dos papéis reciclados produzidos.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANAP	Associação Nacional dos Aparistas de Papel
ABREN	Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos
CEMPRE	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
FV	Fibra Vegetal
SINIR	Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão de Resíduos Sólidos
TNT	Tecido Não Tecido

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
cm ²	Centímetro cuadrado
g	Gramas
g/m ²	Gramas por Metro Cuadrado
L	Litro
m ²	Metro cuadrado
Min	Minuto
ml	Mililitro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 RECICLAGEM.....	17
3.2 RECICLAGEM DE PAPEL.....	18
3.2.1 Reciclagem de Papel artesanalmente.....	21
3.3 ÁRVORE DA ESPÉCIE “TERMINALIA CATAPPA”	22
3.4 JUNÇÃO DE FIBRA DE PAPEL COM FIBRA VEGETAL.....	24
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4.1 COLETA E PREPARAÇÃO DA FIBRA VEGETAL.....	26
4.2 PREPARAÇÃO DA POLPA DE PAPEL	27
4.3 PRODUÇÃO DE PAPEL RECICLADO COM RESÍDUO DE JARDIM.....	28
4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS PAPÉIS RECICLADOS PRODUZIDOS	29
4.4.1 Morfologia dos Papéis Reciclados	29
4.4.2 Gramatura	29
4.4.3 Espessura	30
4.4.4 Comportamento mecânico do papel reciclado	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5.1 PAPÉIS RECICLADOS PRODUZIDOS	31
5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS PAPÉIS PRODUZIDOS.....	33
5.2.1 Morfologia dos papéis reciclados	33
5.2.2 Gramatura	34
5.2.3 Espessura	37
5.2.4 Comportamento mecânico do papel reciclado	40
6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A degradação do meio ambiente é uma preocupação mundial e a busca por processos que minimizem os impactos ao meio e uma conscientização sobre a importância da preservação é algo de extrema importância.

O processo de reciclagem é visto como uma boa alternativa para minimizar os impactos das atividades humanas ao meio ambiente. A reciclagem é uma alternativa particular de reaproveitamento de matérias-primas, tais como, papel, plásticos, latas de alumínio e de aço, vidro, materiais orgânicos e outros que contribui significativamente com a diminuição da quantidade de resíduos sólidos gerados pelo descarte de materiais pela sociedade (SOUZA *et al.*, 2016; NETO, 2016)

O descarte de resíduos sólidos pode acarretar grandes prejuízos e poluição do meio ambiente, sem nenhum tratamento prévio, pode afetar o solo, a água e/ou o ar. Resíduo sólido é a definição de todo material proveniente das atividades diárias do homem em sociedade, podem ser encontrados nos estados sólido, líquido e gasoso. Estes podem ser descartados, àqueles que não estão passíveis de reaproveitamento, ou podem ser reutilizados, resíduos que podem ser transformados em novos produtos, após passarem por processos físicos e/ou químicos. (MOTA *et al.*, 2009). De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estes podem ser classificados quanto à origem, ou seja, urbanos, industriais, de serviços de saúde, rurais e especiais ou diferenciados e, quanto a sua finalidade, resíduos sólidos reversos ou rejeitos.

Segundo a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), através dos dados do Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil do ano de 2022, o país alcançou aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de geração de resíduos sólidos no ano, correspondendo a uma produção diária de 224 mil toneladas de resíduos. Os dados ainda mostram que cada brasileiro produziu em média 1,043 kg de resíduo por dia, sendo a região Sudeste, a região com maior geração de resíduos, seguido das regiões nordeste, sul, norte e centro-oeste, está última apresentou no ano de 2022 a menor geração de resíduo.

O papel é um material que contribui significativamente, com o acúmulo de resíduos sólidos, pois apesar de todo avanço da tecnologia e o incremento de mídias digitais para disseminação de informações, o papel ainda é um dos materiais mais consumidos no mundo. O papel tem sua palavra originada do latim- papyrus, esta faz

referência ao papiro, uma planta que cresce nas margens do rio Nilo no Egito, da qual se extrai fibras para a fabricação de cordas, barcos e as folhas feitas para a escrita (MORAES *et al.*, 2015). A produção de papel é realizada a partir de fibras virgens extraídas de processos químicos ou aparas, ocorre um processo de polpação, para obtenção de fibras individuais, a partir da matéria-prima utilizada, a madeira. Esta apresenta em sua composição química 50% de água e 21 constituintes, que apresentam composição volumétrica de 40% a 45% de celulose, 20 a 35% de hemicelulose, 15 a 35% de lignina e cerca de 4% de outros componentes (GRICOLETTO, 2011; NETO, 2016; MORAES *et al.*, 2015). É um material que está no cotidiano da sociedade através de livros, jornais, revistas, cadernos, embalagens, itens higiênicos e outros diversos itens (WIBBELT, 2011).

Segundo a ANAP (Associação Nacional dos Aparistas de Papel) em 2019, foi encaminhado para reciclagem um total de 4,9 milhões de toneladas de papel, um volume 3% menor do valor coletado em 2018. (ANAP, 2019)

O uso de partes das árvores como, folhas, galhos, sementes, no processo de reciclagem do papel é uma importante alternativa, pois um aproveitamento total das árvores, poderia contribuir para uma diminuição da demanda desse recurso natural, além de propor formas de reutilizar, folhas caídas e outras partes das árvores e plantas, que muitas vezes geram problemas urbanos, como entupimento de bueiros, poluição visual e outros. Por ser de origem orgânica, as folhas podem ser um material com boas qualidades para aplicação no processo de reciclagem do papel (BARAUNA, 2011; CAPLAN, 2016).

O alto valor de resíduo sólido com o segundo descarte de papel e de resíduo orgânico gerado a partir de partes da árvore, geram problemas ambientais e urbanos. Entendendo-se que o processo de reciclagem de papel, utilizando folhas de árvores é uma grande alternativa para minimizar tais problemas, pois contribui com a diminuição dos resíduos e permite a formulação de um material mais sustentável, o presente trabalho busca analisar a viabilidade de aplicação de folhas de árvores da espécie "*Terminalia Catappa*" coletadas nos jardins do campus da Unesp Sorocaba, na produção de um papel reciclado e, assim, analisar as principais características e propriedades do produto final para uma possível utilização deste papel para fins artesanais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Produzir e avaliar papel reciclado feito com papel usado e incorporação de resíduo de jardim, material foliar da espécie *Terminalia Catappa*, presente no campus da Unesp Sorocaba, visando valorizar e estimular o aproveitamento de resíduos para a produção de novos materiais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Buscar alternativa para reutilização de resíduos sólidos, produzindo um papel reciclado com aplicação de fibra vegetal, folhas de árvore, um material orgânico (resíduo de jardim);
- Realizar testes com proporções diferentes de resíduo de jardim para a produção do papel reciclado artesanal;
- Caracterizar o papel reciclado produzido quanto a sua morfologia, gramatura, espessura e comportamento;

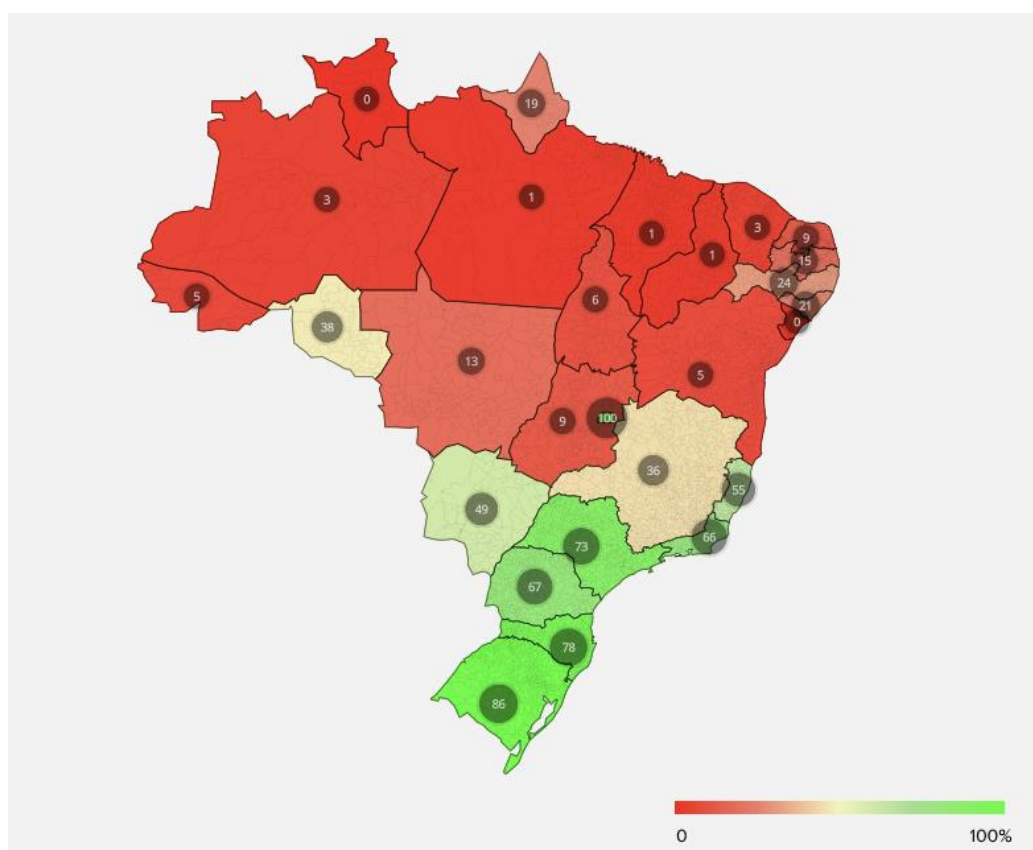
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RECICLAGEM

Segundo dados da ABREN (Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos), dados de 2021, 96% dos resíduos gerados no Brasil são levados diretamente para os aterros sanitários sem reciclar ou receber um tratamento adequado na parte não reciclável do material, o que além de desperdiçar um grande potencial energético gerado através do lixo urbano, pode ocasionar graves problemas ambientais e à saúde pública.

Na figura 1, é apresentado o mapa com o percentual de municípios em cada estado que apresentam uma disposição de resíduo sólido urbano adequada.

Figura 1 - Mapa da distribuição (porcentagem) de municípios com disposição de resíduo sólido urbano adequada.



Fonte: SINIR (2019)

Devido à grande necessidade de se pensar em uma destinação racional do lixo, para ganho energético e, principalmente, para mitigar danos ambientais e à saúde pública a Reciclagem é uma grande alternativa.

O termo reciclagem é utilizado para representar o reaproveitamento de materiais, coletados de diferentes formas como, peneiramento, separação manual, gravimétrica, quando resíduos inorgânicos ou por compostagem no caso de resíduos orgânicos, para serem inseridos como matéria-prima na cadeia produtiva de um novo material. Em resumo, a reciclagem é a transformação de um material usado para que o mesmo possa ser utilizado como matéria prima para produção de um novo produto. Esse novo material produzido apresenta-se com propriedade físicas e químicas diferentes do material que o originou, o que diferencia a reciclagem dos outros conceitos existentes. (DONATO *et al.*, 2015; HIWATASHI, 1998)

As grandes vantagens em se reciclar são, diminuição do uso de fontes naturais, em grande parte fontes não renováveis, minimização de geração de resíduos que precisam de tratamento adequado antes do despejo final, como exemplo, incineração ou aterramento, fomentação e incentivo a conscientização ecológica e sustentável, geração de empregos, dando oportunidades financeiras para as classes sociais mais baixas e manutenção da limpeza pública. (DONATO *et al.*, 2015; FONSECA, 2013)

Os materiais recicláveis são vidros, papel, metal e plástico. Esses recebem uma diferenciação de cor para separação adequada de cada tipo de material. O quadro 1, apresenta os materiais recicláveis, matéria prima usada para a produção deles, exemplos de materiais recicláveis e a classificação por cor desses materiais. (FONSECA, 2013).

Quadro 1 - Exemplos de Materiais Recicláveis e Classificação

Material	Recurso Natural / Matéria Prima	Exemplo	Classificação por cor
1 ton. Vidro	1,3 ton. de área, energia e água	Potes de alimentos (azeitonas), garrafas etc.	Verde
100 ton. de Plástico	Evita a extração de aprox. 1 ton. de petróleo	Garrafas PET, tomadas, sacolas plásticas etc.	Vermelho
1 ton Papel	15 a 20 árvores, economiza 10 m ³ de água e 50% de energia.	Jornais, revistas, folhetos, folhas de caderno.	Azul
1 ton. de alumínio (Metal)	5 ton. de bauxita, energia e água	Latas de alumínio, tubos de pastas, pregos etc.	Amarelo

Fonte: Adaptado de Hiwatashi (1998) e Coelho *et al.* (2008).

O processo de reciclagem de alumínio apresenta uma expressiva vantagem, em relação a reciclagem de outros materiais. Cada tonelada de alumínio reciclado economiza 95% de energia e 5 toneladas de bauxitas, é um processo que desperta grande interesse pelas empresas por apresentar significativas reduções de custos. A Reciclagem de papel, além de reduzir o uso de recursos naturais, reduz também o corte de árvores e conseqüentemente, a degradação ambiental de determinadas regiões. (HIWATASHI, 1998). Os plásticos são produzidos a partir da Nafta que é dos produtos obtidos com a destilação do petróleo, na destilação do petróleo também são obtidos produtos como diesel, querosene, asfalto, GLP e gasolina. A estimativa de economia dessa matéria prima não-renovável é de grande valia.

Além das vantagens já citadas acima, o ganho ambiental através da reciclagem é alto também pelo fato de o processo reduzir a quantidade de materiais que apresentam grande tempo de degradação no meio ambiente quando depositados em lixões e aterros sanitários. Considerando os materiais aterrados, esses levam tempos diferentes para se decompor, o vidro, apresenta tempo indeterminado para decomposição no solo, estimativas de 4000 anos. O plástico também apresenta tempo indeterminado para sua decomposição, em alguns casos, como tampas de garrafa, é estimado um tempo de decomposição em aproximadamente 150 anos. O papel como jornais de 2 a 4 semanas e, algumas embalagens de 3 a 6 meses para decomposição total no solo. Já o Metal, como por exemplos latas de alumínio apresentam tempo indeterminado. (COELHO *et al.*, 2008; HIWATASHI, 1998).

3.2 RECICLAGEM DE PAPEL

O consumo mundial de papel é grande e apresenta certa desigualdade, os países mais desenvolvidos, com alta renda, consomem cerca de cinquenta e sete vezes mais papel em comparação com países de baixa renda. No Brasil, o consumo de papel por habitantes é de 38,4 kg, já o consumo dos americanos é maior, cerca de 336,5 kg. (SOUZA *et al.*, 2016; WIBBELT, 2011)

Segundo a ABRELPE (2022), o papel é o lixo seco que mais contribui, em peso, para a reciclagem.

O setor de papel e celulose é composto por uma cadeia que envolve atividade de reflorestamento, gráficas, editoras e a produção de papel e papelão em si. Na fabricação do papel a matéria prima usada, atualmente, é a madeira apesar de existir

outras matérias primas que podem ser empregadas. No processo atual, as matérias primas são processadas mecânica e quimicamente ou até mesmo pela combinação dos dois processos a fim de gerar uma pasta celulósica, esta pasta pode ser branqueada ou não, quando branqueada gera mais uma etapa no processo e no fim, a pasta é usada na fabricação de papel. Essa pasta celulósica também pode ser oriunda do processamento do papel, ou seja, da reciclagem desse material. (HIWATASHI, 1998)

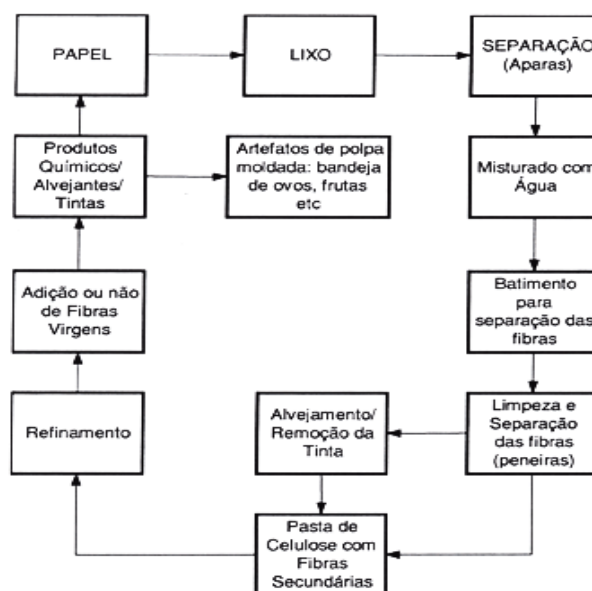
Os papéis reciclados no Brasil hoje são: folhas de caderno, jornais, revistas, formulários, caixas de papelão, aparas gráficas, comumente conhecidas como aparas brancas, envelopes, papel de fax, cartazes. Já os papéis não recicláveis são os misturados com outros materiais, que apresentam impurezas como metal, plástico, papel vegetal, engordurados ou contaminados com produtos químicos, entre outros. (SOUZA *et al.*, 2016).

A reciclagem do papel demanda de uma tecnologia simples. De acordo com a descrição do CEMPRE (ficha técnica 1 e 2, 1997), que apresenta a reciclagem de papel em grande escala, o processo consiste em: o papelão e os fardos de papel coletados são colocados em um *hidropulper*, um tipo de liquidificador que mistura o papelão e/ou papel com água para formação de uma pasta homogênea. Com o auxílio de peneiras é retirado as impurezas existentes. A pasta gerada, sem impurezas, é acrescida de composto químicos para retidas de tintas. Na reciclagem de papelão, não é aplicado técnicas de limpeza fina, a pasta segue pelo processo convencional de fabricação de papel, para depois serem montadas. Ocorre a separação das fibras de melhor qualidade das fibras de pior qualidade, onde as fibras de melhor qualidade são aplicadas nas chapas de papel para produzir a superfície interna e externa das caixas e, as fibras de menor qualidade são usadas para compor o miolo das chapas de papel, proporcionando maior resistência às caixas de papelão. Já na reciclagem do papel, a pasta homogênea, após a retida das impurezas, passa por refinação em um equipamento chamado por *centre-cleaners*, que tem discos depuradores que ajudam a melhorar a ligação das fibras. Posteriormente, a pasta é branqueada com compostos de peróxidos ou de cloro e depois é realizado a produção convencional de fabricação de papel. (HIWATASHI, 1998)

Em resumo, a reciclagem de papel consiste em produzir um novo papel, utilizando como matéria prima, papéis recicláveis oriundos de rebarbas, aparas ou de seus artefatos pré-consumo, que são materiais desperdiçados pelos usuários no

processo industrial do papel, e/ou pós consumo, são os papéis descartados pelos usuários finais, após a utilização. Durante a reciclagem outros produtos podem ser inseridos no processo e podem alterar ou não as características e propriedades finais do novo produto formado (MORAES *et al.*, 2015). Na figura 2 está a representação do ciclo da reciclagem de papel comumente aplicado nos processos industriais.

Figura 2 - Reciclagem do Papel – Processo



Fonte: Reciclagem [...] ([ca. 2006])

O processo de reciclagem do papel, contribui para a diminuição desse resíduo e conseqüentemente, diminuição da poluição atmosférica, hídrica e visual, causada pelo descarte incorreto e até mesmo pela produção do material (SOUZA *et al.*, 2016). Com uma tonelada de papel reciclado é economizado cerca de 2,5 barris de petróleo, 98 mil litros de água e 2.500 kw/h de energia elétrica, além da diminuição de recursos florestais (CAPLAN, 2016; CARDOSO *et al.*, 2013).

A reciclagem do papel é uma atividade promissora, porém, existem problemas de ordem tecnológica e técnica com o produto no final desse processo. Os problemas estão relacionados à perda de qualidade e às propriedades finais do papel reciclado em comparação com o produto original, o que demanda grande necessidade de desenvolvimento de soluções viáveis para esse fim. (SOUZA *et al.*, 2016)

3.2.1 Reciclagem de Papel artesanalmente

A reciclagem de papel artesanalmente, ou seja, reciclagem de papel de forma caseira é bem simples e muitas vezes sem uso de produtos químicos. Os materiais comumente utilizados nessa atividade artesanal são papel, água, bacias rasas e fundas, balde, molduras de madeiras com telas de nylon ou peneira reta, moldura de madeira vazada, ou seja, sem tela, liquidificador, jornais, feltro ou TNT (tecido não tecido), panos, espojas, varal, pregadores, prensar ou tabuas de madeiras, mesa. A figura 3, descreve o processo de produção de papel artesanalmente. (GRICOLETTTO, 2011).

Figura 3 - Reciclagem de Papel Artesanal – Processo



Fonte: Gricoletto (2011).

3.3 ÁRVORE DA ESPÉCIE “TERMINALIA CATAPPA”

As folhas vegetais aplicadas na produção dos papéis reciclados deste trabalho, figura 4, foram folhas de árvores da espécie *Terminalia Catappa*, coletadas nos jardins do campus da Unesp Sorocaba.

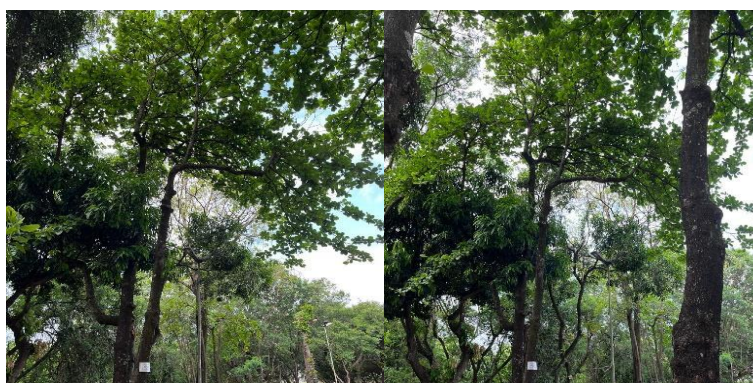
Figura 4 - Folhas da árvore da Espécie *Terminalia Catappa* coletadas



Fonte: Autoria própria

A espécie *Terminalia Catappa* pertence à família Combretaceae, figura 5, espécie encontrada em regiões tropicais e subtropicais em áreas costeiras de muitos países. A espécie é originária de regiões tropicais da Ásia, África e Austrália. No Brasil, foi introduzida como espécie ornamental, encontrada frequentemente ao longo de todo litoral, conhecida por proporcionar sombra e frutos, que são geralmente consumidos. Apresenta boa adaptação as condições de clima e solo do país, podendo ser encontradas até nos semiáridos nordestinos. A árvore é popularmente conhecida no país como chapéu-de-sol, guarda-sol, árvore-de-anoz, castanholeira e castanhola. É uma espécie rustica e de rápido crescimento, é utilizada para fins ornamentais, medicinais, em reflorestamento, de produção de madeira, na recuperação de áreas degradadas, arborização rural e urbana. (DIAS, 2023; LOPES, 2021; SANTOS *et al.*, 2021).

Figura 5 - Árvore da Espécie *Terminalia Catappa*



Fonte: Autoria própria

Algumas características dessa espécie são: o crescimento da árvore que pode chegar a 35 metros de altura e possui ramos horizontais, verticilados, tronco reto a casca áspera. Os frutos são em formato elipsoides, drupas, de 3 a 5 cm de diâmetro, quando maduros apresentam uma coloração amarelo-arroxeados com semente dura capaz de produzir óleo. As árvores, castanholas, exibem flores femininas e masculinas distintas na mesma árvore, apresentando inflorescências unissexuais. Apresentam flores discretas de 1 cm de diâmetro, sem pétalas com coloração que vai do branco ao esverdeado. Sua frutificação acontece regularmente de duas a três vezes ao ano e ocorre de 3 a 5 anos após o plantio. As folhas dessa árvore exibem textura coriácea com nervuras visíveis, aspecto ovóides, apresentam de 15 a 25 cm de comprimento e de 10 a 14 cm de largura, concentradas nos extremos dos ramos. Sua coloração

inicial é verde-escuro e passa para amarelo ou avermelhado, quando estão próximas ao período de abscisão. (DIAS, 2023; UCHIDA, 2021)

A árvore *Terminalia Catappa* apresenta metabólitos secundários que permitem à suas folhas e cascas propriedades antioxidantes, anticancerígenas, anti-inflamatórias e afrodisíacas. (COSTA, 2010) Por isso a espécie está presente em muitos estudos para diversas aplicações, principalmente os estudos com fins medicinais, os estudos sobre as folhas da espécie são voltados, frequentemente, para suas atividades antimicrobianas e antiparasitárias. Porém, neste trabalho o objeto de estudo são as folhas caídas da espécie para aplicação no processo de reciclagem de papel.

3.4 JUNÇÃO DE FIBRA DE PAPEL COM FIBRA VEGETAL

Os resíduos vegetais vem sendo cada vez mais estudados para que possam ser reutilizados como subproduto em processos produtivos. Um produto deixa de ser considerado como resíduo, a partir do momento em que é utilizado para a produção de um novo produto. Nos países tropicais, como o Brasil, os resíduos oriundos da agroindústria da fibra vegetal podem se tornar fontes de matéria prima importante para a produção de produtos, visto que as fibras vegetais vem sendo cada vez mais aplicadas como subproduto na produção de novos materiais por se tratar de fibras orgânicas e menos agressivas ao meio ambiente. (JUNIOR, 2000).

A junção de fibras de papel com fibras vegetais é uma importante alternativa para o incentivo e produção de materiais menos agressivos ao ambiente, economicamente viável, que utilizem menos dos recursos naturais, muitos desses de fontes esgotáveis e que ofereçam oportunidades financeiras para as pessoas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 COLETA E PREPARAÇÃO DA FIBRA VEGETAL

Este trabalho utilizou-se de técnicas simples para a produção de papéis reciclados visando produzir papéis de fácil obtenção e sem adição de produtos químicos.

As folhas vegetais utilizadas são da espécie *Terminalia Catappa*, conhecida popularmente como chapéu de Sol, coletadas no campus da Unesp-Sorocaba, como resíduo de jardim.

Realizou-se a separação das folhas secas e deterioradas, utilizando no processo somente as folhas vegetais caídas em bom aspecto. Essas foram colocadas em um recipiente aberto, um balde de 15 L, para que pudessem secar ao ar livre. Para a incorporação das fibras vegetais no processo, em primeiro momento retirou-se o caule, cortou as folhas em pequenos pedaços e foi utilizada massas de 10g, 30g e 50g de folhas vegetais, para essas medidas foi utilizada uma balança de precisão, marca Marconi (AS 1000C), conforme figura 6.

Figura 6 - Folhas vegetais picadas



Fonte: Autoria própria.

Com o uso de um liquidificador, marca Mondial Power- L-550 2 Velocidades + Pulsar 550W, os pedaços de folhas *Terminalia Catappa* foram triturados por cerca de 3 min na potência 1, até se transformarem em pó de fibra vegetal que pode ser visto na figura 7.

Figura 7 - Pó de fibra vegetal



Fonte: Autoria própria.

Para a produção do papel reciclado com 50g de fibra vegetal grossa foi utilizado apenas a fibra vegetal triturada em liquidificador, sem estar passada em peneira. Já para a produção dos papéis reciclados com 10g, 30g e 50g de fibra vegetal fina foi utilizada a fibra vegetal triturada e passada em peneira, para deixar a granulometria da fibra, já com aspecto de pó, ainda mais fina. Nessa etapa também foi retirado o excesso de fibra vegetal que não se transformou em pó, a figura 8 mostra o aspecto do material descartado, procurando-se assim produzir um pó de fibra vegetal mais fino e puro para se obter um papel reciclado homogêneo e evitar desprendimento de fibra vegetal no papel final. A prática foi realizada utilizando utensílios de baixo custo e fácil acesso para ser viável para as pessoas que tenham interesse em produzir um papel reciclado de forma manual e caseira e incentivar e estimular tal prática sem grandes custos e sem adição de produtos químicos no processo.

Figura 8 - Excesso de fibra vegetal descartado



Fonte: Autoria própria.

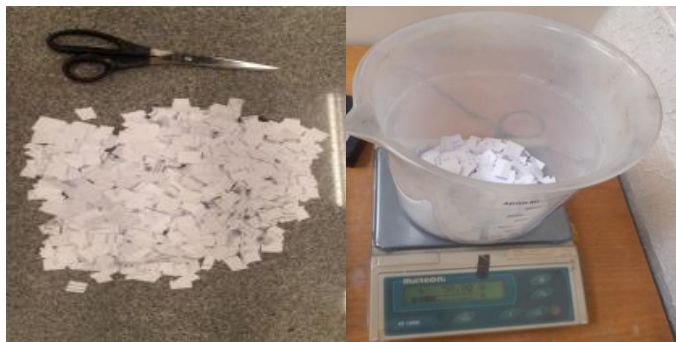
O pó obtido foi deixado em um recipiente até a preparação da polpa de papel.

4.2 PREPARAÇÃO DA POLPA DE PAPEL

Para a produção da polpa de papel, foram coletadas aproximadamente 10 folhas de papel (tamanho A4 e de caderno) que foram descartadas como resíduo. Essa foi a quantidade de papel para cada porção de fibra vegetal e para a produção do papel reciclado puro (sem adição de fibra vegetal).

Esses papéis foram cortados em pequenos pedaços de aproximadamente 2 cm² cada, conforme mostra a figura 9. Utilizou-se 50g do papel usado picado, colocando-o em um recipiente com 1000ml de água por um período de 24 horas, para amolecer as fibras dos papéis e tê-lo numa condição mais maleável.

Figura 9 - Papéis cortados e pesados



Fonte: Autoria própria.

Após o período de 24h o papel foi triturado em liquidificador, na potência 1, por cerca de 3 minutos até se obter a polpa de papel, como pode ser visto na figura 10.

Figura 10 - Polpa de papel



Fonte: Autoria própria.

4.3 PRODUÇÃO DE PAPEL RECICLADO COM RESÍDUO DE JARDIM

Com a polpa de papel e o pó de fibra vegetal preparados, realizou-se a produção dos papéis reciclados com incorporação de resíduo de jardim.

Para a produção do papel puro, foi utilizado 50g da polpa produzida com a trituração do papel usado, cortadas e trituradas em liquidificador, sem adição de fibra vegetal no processo.

A polpa obtida foi levada e despejada em um balde com 15 litros de água, em seguida, com o auxílio de uma peneira, feita com moldura de madeira e tela, com medidas de 210 x 297 mm, foi realizado a retirada do papel do balde, com movimentos de peneiramento delicados para não interferir na estrutura do papel produzido e retirar o excesso de água. Após a retirada do papel ele foi colocado sobre jornais e TNT

(Tecido Não Tecido) e com auxílio de esponjas foi realizado procedimento para ajudar na retirada do excesso de água ainda presente no papel. Posteriormente, o papel obtido foi embrulhado com TNT e deixado em cima de uma mesa com estrutura lisa e uniforme para secar por um período de 24h.

Para a produção do papel com 10g de fibra vegetal, na etapa de tritramento da polpa foi adicionado 10g de pó de fibra vegetal e batido em liquidificador por mais 3 minutos, visando deixar a mistura homogênea, obtendo uma polpa com uma coloração marrom, apresentada na figura 11.

Figura 11 - Polpa de Papel com Fibra Vegetal



Fonte: Autoria própria.

Para produzir os papéis com as outras proporções desejadas, massa de 30g e 50g de fibra vegetal fina, seguiu-se o mesmo procedimento descrito na etapa de produção do papel com 10g de fibra vegetal. Mudando apenas a quantidade de pó de fibra vegetal incorporado no processo de tritramento da polpa. Na produção do papel reciclado com 50g de fibra vegetal grossa, foi adicionado 50g de pó de fibra vegetal triturada sem passar em peneira.

Com a polpa mista, polpa de papel com fibra vegetal, foi realizado o processo de despejar a polpa no balde com água, retirar o papel reciclado com peneira, secá-lo com esponja, colocá-lo sobre a mesa para a secagem completa e formação do papel reciclado, seguindo o mesmo processo descrito na etapa da produção de papel reciclado puro. Para produzir cada proporção de papel, papel puro, papel com 10g, 30g, 50g de fibra vegetal fina e 50g de fibra grossa, realizou-se etapas diferentes e para cada etapa e proporção foi possível retirar com a tela seis novos papéis reciclados. Em cada retirada de papel foi necessário realizar um movimento de

agitação da mistura, água com a polpa, presente no balde antes da retirada do próximo papel, procedimento realizado seis vezes, para cada retirada de papel. Isso porque a polpa por ser mais densa, sem agitação da água, depositava-se no fundo do balde

4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS PAPÉIS RECICLADOS PRODUZIDOS

4.4.1 Morfologia dos Papéis Recicladados

A morfologia dos papéis foi realizada através da análise e comparação de alguns aspectos dos papéis produzidos, aspectos como coloração e desprendimento de fibras. Foi feita uma comparação entre os papéis reciclados puro (sem adição de fibra vegetal), os papéis com adição de 10g, 30g e 50g de fibra vegetal com granulometria fina e os papéis com adição de 50g de fibra vegetal de granulometria grossa.

4.4.2 Gramatura

Gramatura é o peso básico de papel expresso em gramas por metro quadrado e é independente do número de folhas. A gramatura é definida como a massa em gramas de um metro quadrado de papel (g/m^2). (CAMPOS, 2008)

Para fazer a avaliação desse parâmetro, os papéis produzidos foram cortados em pedaços de aproximadamente 22 cm x 15 cm, apresentando uma área de 330 cm^2 , pesados em balança de precisão, marca Marconi (AS 1000C), onde encontrou-se a massa do papel em gramas. As medidas inicialmente encontradas em centímetro, foram convertidas em m^2 para encontrar as medidas de gramatura dos papéis produzidos em g/m^2 .

A figura 12 mostra como foi realizado a medida do papel reciclado com 10g de fibra vegetal.

Figura 12 - Medidas do papel reciclado com 10g de fibra vegetal



Fonte: Autoria própria.

Foram realizadas três medidas em balança, em diferentes posições, para cada papel produzido.

4.4.3 Espessura

Para obter a espessura dos papéis produzidos foi usado um micrômetro ($\pm 0,001\text{mm}$), marca Mitutoyo, figura 13, permitindo encontrar o valor da espessura dada pelo equipamento. Foram realizadas medidas com o micrômetro em 6 pontos diferentes de cada papel produzido, nas quatro pontas e duas medidas no meio do papel. Obteve-se a média e desvio padrão das medidas.

Figura 13 - Micrômetro ($\pm 0,001\text{mm}$)



Fonte: Autoria própria

4.4.4 Comportamento mecânico do papel reciclado

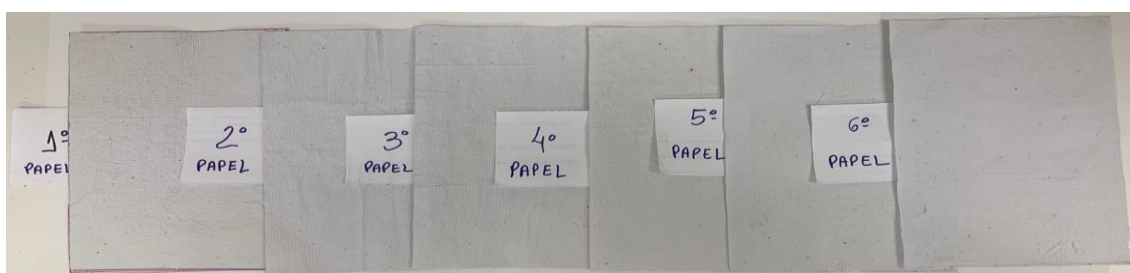
O comportamento dos papéis produzidos foi analisado através da produção de dobraduras dos papéis. Optou-se por produzir dobraduras produzindo caixinhas que podem ser utilizadas como caixa de lembrancinhas, porta joias etc. Durante a confecção das dobraduras foram observados os seguintes aspectos: ruptura do papel, desprendimento de fibras e maleabilidade dos papéis reciclados produzidos. Foram realizadas dobraduras nos primeiro e últimos papéis retirados do balde para se ter uma melhor comparação deles.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PAPÉIS RECICLADOS PRODUZIDOS

Foram produzidos papéis reciclados puro, ou seja, sem adição de fibra vegetal e papéis com 10, 30, 50g de fibra vegetal fina, pó de fibra passado em peneira e 50g de fibra vegetal grossa, onde o pó de fibra vegetal foi somente triturado em liquidificador e não foi passado em peneira. Para cada proporção obteve-se 6 papéis reciclados. Nas figuras 14,15,16,17,18 estão todos os seis papéis reciclados produzidos.

Figura 14 - Papel Reciclado Puro (sem adição de fibra vegetal)



Fonte: Autoria própria.

Figura 15 - Papel Reciclado com 10g de Fibra Vegetal



Fonte: Autoria própria.

Figura 16 - Papel Reciclado com 30g de Fibra Vegetal



Fonte: Autoria própria.

Figura 17 - Papel Reciclado com 50g de Fibra Vegetal Fina



Fonte: Autoria própria.

Figura 18 - Papel Reciclado com 50g de Fibra Vegetal Grossa



Fonte: Autoria própria.

Com a produção dos seis papéis, cada preparação da polpa do papel reciclado permitia a retirada de 6 folhas de papel, foi possível observar que conforme a retirada, eles apresentavam-se mais finos, isso porque, quanto mais retirada de papéis menor era a concentração de massa existente no balde. A partir do quarto papel, por estarem com uma menor massa e assim mais finos a retirada deles da tela ficava mais difícil, em alguns casos, como no 6º papel de 50g fibra vegetal grossa o papel retirado sofreu um pequeno rasgo, isso porque as fibras vegetais distribuídas no papel estavam mais grossas, causando um peso maior dificultando a retirada do papel da tela por inteiro. O rasgo aconteceu onde havia menor concentração de fibra vegetal. Assim, analisou-

se que a região do papel com maior concentração de fibra vegetal, permitia maior resistência dele.

5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS PAPÉIS PRODUZIDOS

5.2.1 Morfologia dos Papéis Reciclados obtidos

Ao analisar os papéis produzidos os principais aspectos observados em relação à morfologia foram, mudança de coloração, desprendimento de fibras e distribuição das fibras vegetais no papel.

A figura 19, apresenta os papéis obtidos da primeira retirada, para cada proporção de fibra aqui estudada. Da esquerda para a direita estão: o primeiro papel puro reciclado, o primeiro papel com 10g de fibra vegetal, o primeiro papel com 30g de fibra vegetal, o primeiro papel com 50g de fibra vegetal fina e o primeiro papel com 50g de fibra vegetal grossa. Foram analisados os primeiros papéis de cada grupo para se chegar em uma análise mais assertiva.

Figura 19 - Papéis Reciclados com Diferentes Proporções de Fibra Vegetal



Fonte: Autoria própria.

O papel puro produzido, ou seja, sem adição de pó de fibra vegetal, ficou com aspectos de um papel reciclado comum, com características de um papel toalha, com uma coloração branca-amarelada, um pouco mais escurecida que o papel sulfite convencional. O papel com 10g de fibra vegetal, já apresentou mudança na coloração, com uma cor no tom de bege. Já os papéis com adição de 30g, 50g de fibra vegetal fina e grossa, apresentaram uma mudança mais forte na coloração, onde o papel com 30g de fibra vegetal ficou com um tom de marrom claro e os papéis com 50g de fibra

vegetal, com um tom de marrom escuro. Notou-se que a granulometria da fibra vegetal não interferiu na coloração, mas a massa (g) de fibra inserida foi fator determinante na mudança da cor de cada grupo de papel produzido.

Em relação ao desprendimento de fibras, notou-se que os papéis com incorporação de 50g de fibra vegetal, apresentaram maior desprendimento de fibra, principalmente, nos primeiros papéis retirados do balde, pois foram os papéis com maior concentração de fibras vegetais distribuídas. O papel com 50g de fibra grossa, foi o papel que apresentou maior desprendimento, as fibras por estarem mais grossas estavam mais destacadas e se desprendiam do papel com certa facilidade.

Observou-se também que os papéis com a fibra de granulometria mais grossa, aparentemente ficaram com maior susceptibilidade à ruptura e, as fibras vegetais não ficaram uniformemente distribuídas no papel. Já os papéis produzidos com as fibras vegetais de granulometria mais fina apresentaram um aspecto mais homogêneo e as fibras vegetais ficaram uniformemente distribuídas por todo o papel. Foi possível observar também que o papel com 10g de fibra fina, apresentou uma menor distribuição das fibras pela área do papel, devido a proporção de fibra vegetal aplicada na polpa ter uma concentração de massa menor.

5.2.2 Gramatura

As medidas de gramatura, apresentadas na tabela 1, mostram que cada grupo de papel produzido apresentou valores distintos. Isso pode estar relacionado com a quantidade e distribuição das fibras vegetais de cada grupo. Outro ponto importante observado é que as medidas de gramatura também foram diferentes conforme a ordem de retirada dos papéis do balde, onde os primeiros papéis apresentaram maiores gramaturas.

Tabela 1 - Medidas de Gramatura dos papéis reciclados produzidos

Nomenclatura	Retirada do Papel	Dimensão (cm)	Área (cm²)	Massa Média (g)	Gramatura (g/m²)
Papel Puro	1°	22 x 15	330	4,14	125,45 ±0,6
	2°	22 x 15	330	3,68	111,51 ±0,6
	3°	22 x 15	330	3,02	91,51 ±0,6
	4°	22 x 15	330	2,12	64,24 ±0,6
	5°	22 x 15	330	1,54	46,66 ±0,6
	6°	22 x 15	330	1,67	50,60 ±0,6
Papel com 10g de Fibra Vegetal Fina	1°	22 x 15	330	5,26	159,39 ±0,6
	2°	22 x 15	330	4,53	137,27 ±0,6
	3°	22 x 15	330	3,75	113,63 ±0,6
	4°	22 x 15	330	3,35	101,51 ±0,6
	5°	22 x 15	330	2,08	63,03 ±0,6
	6°	22 x 15	330	1,46	44,24 ±0,6
Papel com 30g de Fibra Vegetal Fina	1°	22 x 15	330	6,55	198,48 ±0,6
	2°	22 x 15	330	5,95	180,30 ±0,6
	3°	22 x 15	330	2,85	86,36 ±0,6
	4°	22 x 15	330	4,01	121,51 ±0,6
	5°	22 x 15	330	2,33	70,60 ±0,6
	6°	22 x 15	330	2,08	63,03 ±0,6
Papel com 50g de Fibra Vegetal Fina	1°	22 x 15	330	6,98	211,51 ±0,6
	2°	22 x 15	330	6,31	191,21 ±0,6
	3°	22 x 15	330	2,62	79,39 ±0,6
	4°	22 x 15	330	4,98	150,90 ±0,6
	5°	22 x 15	330	4,70	142,42 ±0,6
	6°	22 x 15	330	3,20	96,96 ±0,6
Papel com 50g de Fibra Vegetal Grossa	1°	22 x 15	330	8,48	256,96 ±0,6
	2°	22 x 15	330	7,39	223,93 ±0,6
	3°	22 x 15	330	6,29	190,60 ±0,6
	4°	22 x 15	330	3,39	102,72 ±0,6
	5°	22 x 15	330	4,01	121,51 ±0,6
	6°	22 x 15	330	4,30	130,30 ±0,6

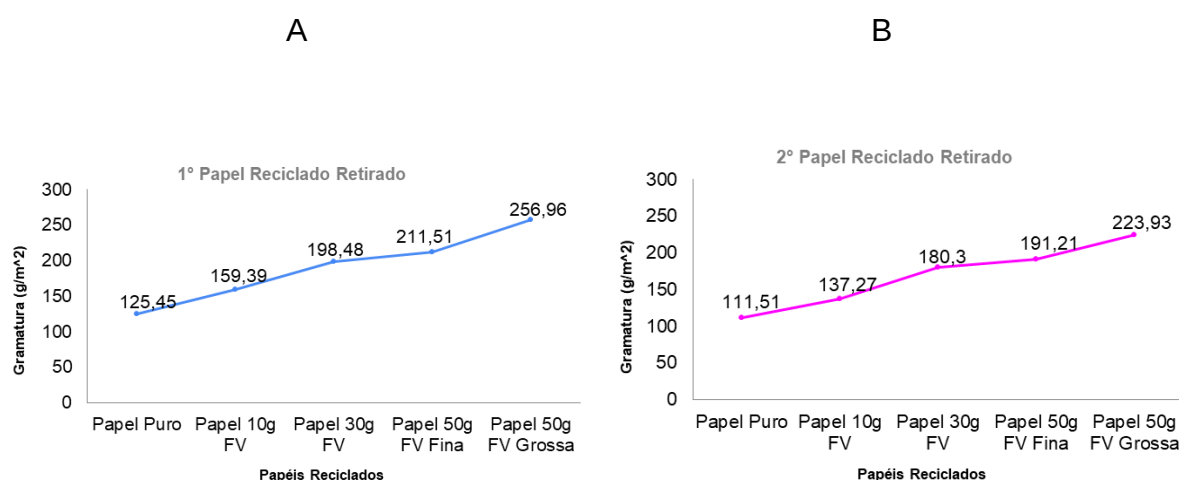
Fonte: Autoria própria

No papel puro, por se tratar de um papel sem a adição de fibra vegetal, onde as fibras existentes são somente fibras de papel usado, o valor de gramatura, em relação aos outros grupos de papel produzido com adição de fibra vegetal, foi menor, no valor de 125,45 g/m². O segundo, terceiro, quarto, quinto e sexto papel reciclado puro apresentaram gramaturas de 111,5; 91,51; 64,24; 46,66; 50,60 g/m², respectivamente.

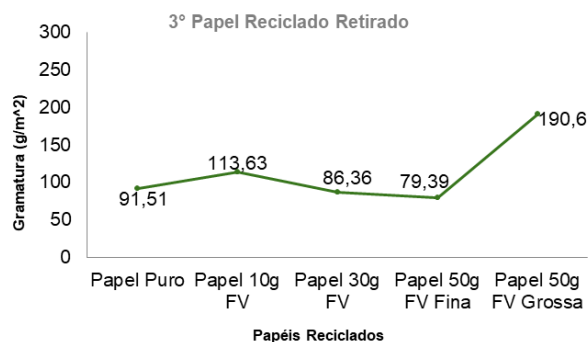
Já os papéis reciclados com adição de fibra vegetal que apresentam a junção de fibras de papel comum com o pó de fibra vegetal (folhas de árvore) apresentaram uma gramatura maior em relação ao papel puro. As medidas de gramatura dos primeiros papéis retirados, dos grupos de papéis reciclados produzidos, foram: 159,39 g/m² do papel com 10g de fibra vegetal, 198,48 g/m² do papel com 30g de fibra vegetal, 211,51 g/m² do papel com 50g de fibra vegetal fina e 256,96 g/m² do papel com 50g de fibra vegetal grossa.

Conforme pode ser observado na tabela 1 e figura 20, em quase todos os grupos as medidas de gramatura respeitam um crescimento linear relacionado com a quantidade de fibra vegetal aplicada no processo, em que a gramatura é maior nos papéis com maiores concentrações de fibra vegetal. Em alguns casos específicos, como exemplo, o terceiro papel retirado, com 50g de Fibra Vegetal Fina e o quarto papel com 50g de Fibra Vegetal Grossa, apresentaram gramaturas menores em relação aos papéis com maiores concentrações de fibra vegetal de cada grupo, essa diferença ocorreu devido a um erro no processo, na retirada dos papéis não foi realizado agitação da mistura, água com a polpa, no intervalo da produção de um papel para o outro, agitação necessária para desprender a polpa que por ser mais densa do que a água se acumulava no fundo do balde. Essa falta de agitação fez com que os papéis retirados tivessem uma menor concentração de fibra vegetal, interferindo diretamente em suas gramaturas.

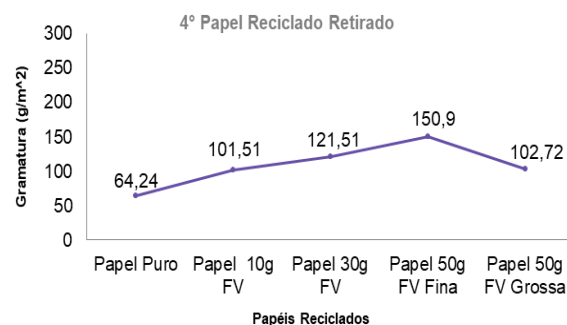
Figura 20 - Gráficos de linhas de tendência entre as Gramaturas (g/m²) e proporção de FV (Fibra Vegetal) aplicadas nos papéis reciclados.



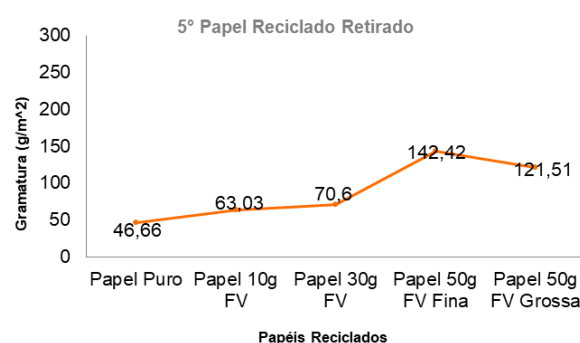
C



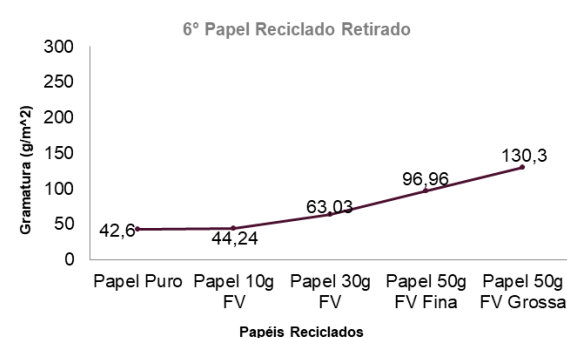
D



E



F



Fonte: Autoria própria.

Legenda: A) Medidas dos (1º) primeiros papéis retirados do balde. B) Medidas dos (2º) segundos papéis retirados do balde. C) Medidas dos (3º) terceiros papéis retirados do balde. D) Medidas dos (4º) quartos papéis retirados do balde. E) Medidas dos (5º) quintos papéis retirados do balde. F) Medidas dos (6º) sextos papéis retirados do balde.

A diferença das medidas de gramatura entre os papéis produzidos está diretamente relacionada com a quantidade de massa e granulometria da fibra vegetal aplicada no processo. Foi observado que as fibras vegetais mais finas, ficaram distribuídas uniformemente nos papéis, caracterizando uma quantidade maior de fibras (massa) pela área do papel. A gramatura do papel com adição de 10g de fibra vegetal foi menor em comparação com os outros papéis que tiveram adição de fibra vegetal, o que faz sentido, uma vez que a proporção de fibra adicionada foi menor.

5.2.3 Espessura

As medidas de espessuras dos papéis produzidos estão apresentadas na tabela 2. Foi possível observar que as medidas de espessura obtidas de cada papel produzido tiveram influência direta com a proporção do pó de fibra vegetal aplicada no processo e da distribuição das fibras em cada papel.

Visto que a espessura é determinada pela distância entre as faces superior e inferior do papel (JUNIOR, 2015), a região com presença de fibra vegetal apresentou uma maior interface.

As maiores medidas de espessuras e desvio padrão foram encontradas nos papéis com aplicação de fibra vegetal, principalmente, os papéis com maiores proporções de fibra aplicada. Os maiores valores foram dos papéis reciclados com 50g de fibra vegetal fina e 50g de fibra vegetal grossa, com valor médio nos primeiros papéis retirados do balde, de 0,63 e 0,84 mm, respectivamente. Foram realizadas medidas de espessura em 6 pontos, nas quatro pontas e no meio de cada papel produzido.

Tabela 2 - Medidas de Espessura dos papéis reciclados produzidos.

Medidas de Espessura (mm)								
Nomenclatura	Retirada do Papel	1° Ponta	2° ponta	3° ponta (inferior)	4° ponta (inferior)	5° Meio	6° Meio	Média (mm)
Papel Puro	1°	0,358	0,329	0,235	0,243	0,283	0,287	0,285±0,05
	2°	0,266	0,271	0,248	0,243	0,243	0,213	0,246±0,02
	3°	0,231	0,236	0,229	0,244	0,221	0,214	0,230±0,01
	4°	0,198	0,173	0,178	0,197	0,161	0,161	0,175±0,02
	5°	0,141	0,116	0,104	0,128	0,117	0,113	0,117±0,01
	6°	0,101	0,085	0,073	0,066	0,091	0,111	0,088±0,02
Papel com 10g de Fibra vegetal	1°	0,414	0,356	0,361	0,311	0,439	0,387	0,374±0,05
	2°	0,411	0,457	0,313	0,264	0,279	0,298	0,306±0,08
	3°	0,323	0,256	0,259	0,265	0,236	0,272	0,262±0,03
	4°	0,266	0,295	0,199	0,238	0,253	0,219	0,246±0,03
	5°	0,156	0,129	0,135	0,126	0,17	0,105	0,132±0,02
	6°	0,122	0,095	0,118	0,088	0,126	0,103	0,111±0,02
Papel com 30g de Fibra Vegetal	1°	0,624	0,563	0,697	0,537	0,656	0,659	0,632±0,06
	2°	0,617	0,585	0,519	0,621	0,529	0,533	0,559±0,05
	3°	0,318	0,308	0,317	0,301	0,275	0,236	0,305±0,03
	4°	0,314	0,296	0,255	0,241	0,257	0,235	0,256±0,03
	5°	0,241	0,273	0,157	0,215	0,174	0,175	0,195±0,05
	6°	0,193	0,106	0,193	0,194	0,153	0,153	0,173±0,04
Papel com 50g de Fibra vegetal fina	1°	0,718	0,653	0,579	0,689	0,611	0,603	0,640±0,05
	2°	0,683	0,605	0,551	0,514	0,574	0,55	0,563±0,06
	3°	0,514	0,519	0,503	0,489	0,492	0,49	0,498±0,01
	4°	0,587	0,639	0,525	0,532	0,521	0,537	0,535±0,05
	5°	0,511	0,368	0,355	0,438	0,346	0,472	0,403±0,07
	6°	0,416	0,328	0,258	0,293	0,301	0,363	0,315±0,06
Papel com 50g de Fibra Vegetal Grossa	1°	0,938	0,799	0,725	0,807	0,867	0,916	0,837±0,08
	2°	0,842	0,749	0,739	0,649	0,769	0,668	0,744±0,07
	3°	0,667	0,697	0,689	0,665	0,664	0,631	0,666±0,02
	4°	0,419	0,421	0,266	0,438	0,308	0,427	0,420±0,07
	5°	0,414	0,346	0,353	0,417	0,382	0,351	0,368±0,03
	6°	0,343	0,362	0,348	0,327	0,347	0,366	0,348±0,01

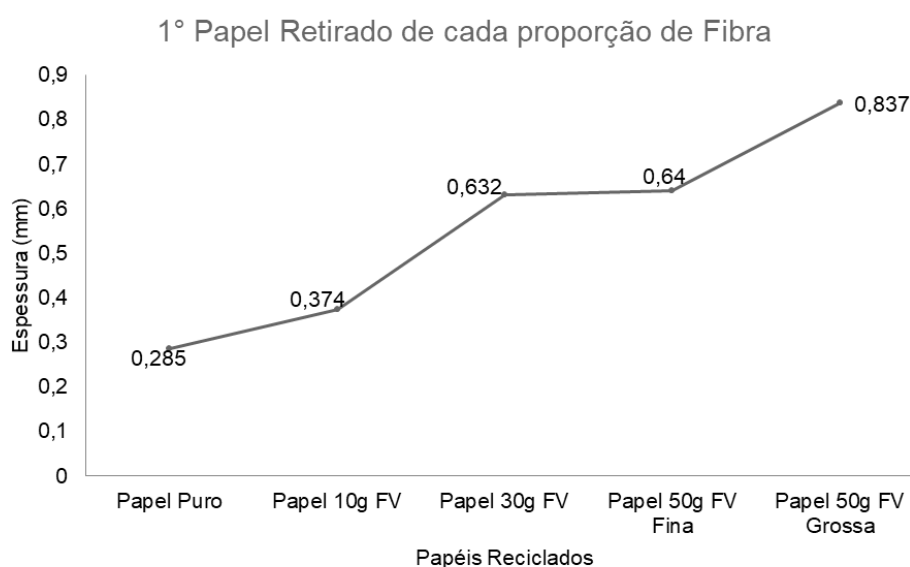
Fonte: Autoria própria

Algumas medidas de espessura sofreram influência em seu valor final, como as medidas de gramatura, devido a um pequeno erro no processo, em que nesses

casos não houve agitação da água com a polpa no balde entre as retiradas dos papéis, conforme mencionado na análise de gramatura deste trabalho.

Na Figura 21 estão apresentadas as medidas dos primeiros papéis retirados do balde de cada proporção/quantidade de fibra vegetal estudada. É possível observar que as medidas de gramatura crescem, conforme a quantidade de fibra vegetal aplicada é maior.

Figura 21 - Medidas de Espessura x Proporção de Fibra vegetal aplicada



Fonte: Autoria própria

As medidas de espessura também foram menores nos últimos papéis retirados do balde, as espessuras do papel reciclado com 50g de fibra vegetal grossa, onde o primeiro papel retirado apresentou 0,84 mm e o sexto papel, o último retirado de balde, apresentou 0,35 mm de espessura, mostra essa diferença, que foi observada em todos os grupos de papéis produzidos. Evidenciando que conforme a retirada de papel do balde a concentração de fibra vegetal e polpa de papel foram diminuindo, produzindo papéis mais finos.

5.2.4 Comportamento mecânico do papel reciclado

Com as dobraduras dos papéis reciclados foram produzidas caixinhas que podem ser utilizadas como caixa de lembrancinhas, porta joias etc. As figuras 22, 23, 24, 25 e 26 apresentam as caixinhas produzidas com os primeiros papéis reciclados, retirados do balde de cada proporção de fibra vegetal, desse trabalho.

Figura 22 - Caixinha Produzida com Papel Reciclado Puro



Fonte: Autoria própria

Figura 23 - Caixinha Produzida com 10g de Fibra Vegetal



Fonte: Autoria própria

Figura 24 - Caixinha Produzida com 30g de Fibra Vegetal



Fonte: Autoria própria

Figura 25 - Caixinha Produzida com 50g de Fibra Vegetal Fina



Fonte: Autoria própria

Figura 26 - Caixinha Produzida com 50g de Fibra Vegetal Grossa



Fonte: Autoria própria

Com a produção das caixinhas usando somente os primeiros e últimos papéis reciclados retirados do balde foi possível notar a diferença no manuseio de cada papel, onde os últimos papéis retirados, ou seja, o sexto papel de cada grupo estavam mais finos e apresentaram maior maleabilidade em comparação com os primeiros papéis, que apresentaram gramatura e espessura maiores, estavam mais grossos e assim, mais difíceis de dobrar. Os papéis com menor proporção ou sem adição de fibra vegetal apresentaram-se mais maleáveis, já os papéis com maiores quantidades de fibra inserida apresentaram maleabilidade parecida com a do papel cartão.

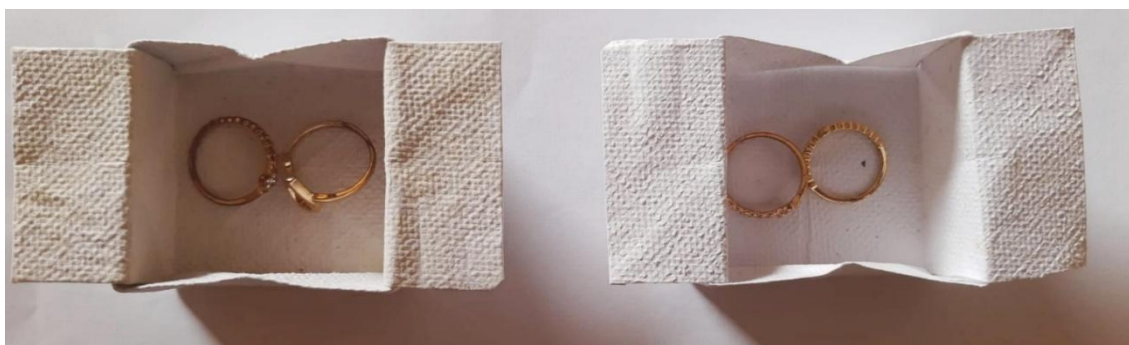
Ao realizar as dobraduras, nos papéis com adição de 30g, 50g de fibra vegetal fina e 50g de fibra grossa, ocorreu desprendimento de fibra vegetal, o papel com a fibra grossa foi o que apresentou maior desprendimento. Neste papel as fibras vegetais por estarem com maior granulometria não ficaram uniformemente espalhadas por toda a área do papel, o que pode explicar tal desprendimento. A soltura das fibras vegetais do papel foi maior principalmente na região da dobra

realizada nas folhas. Não foi observado o desprendimento nos papéis puro e com a adição de 10g de fibra vegetal.

Em relação ao arrebatamento, houve uma pequena ruptura em uma pequena parte dos papéis com adição de 50g de fibra vegetal, no momento da dobradura. Já nos papéis puro, com 10g e 30g de fibra vegetal não ocorreu ruptura. A ruptura gerada nos papéis com 50g de fibra podem ter sido ocasionadas devido a maior quantidade de fibras vegetais e por estas não estarem uniformemente distribuídas em toda a área do papel, deixando algumas regiões do papel com maior concentração de fibra e assim, mais pesadas e sujeita ao arrebatamento.

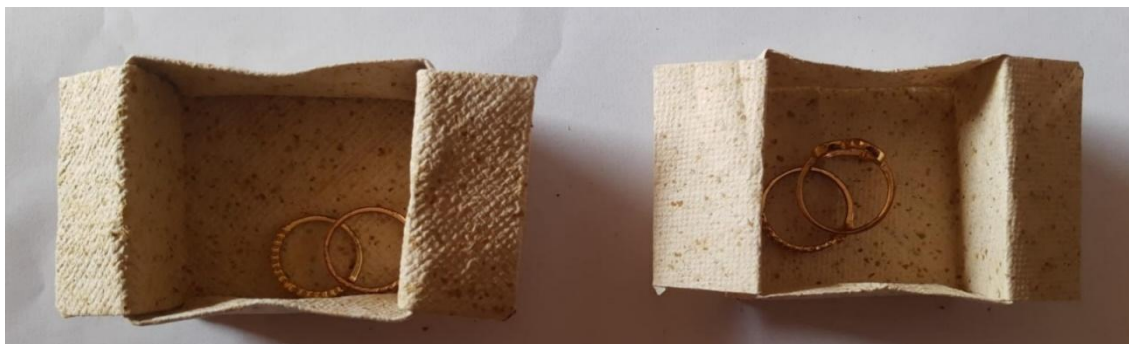
As figuras 27, 28, 29, 30 e 31 apresentam as caixinhas produzidas com o primeiro e último papel reciclado do balde de cada proporção de fibra vegetal desse trabalho.

Figura 27 - Caixinhas do Primeiro e Último Papel Reciclado Puro



Fonte: Autoria própria

Figura 28 - Caixinhas do Primeiro e Último Papel Reciclado com 10g de Fibra Vegetal



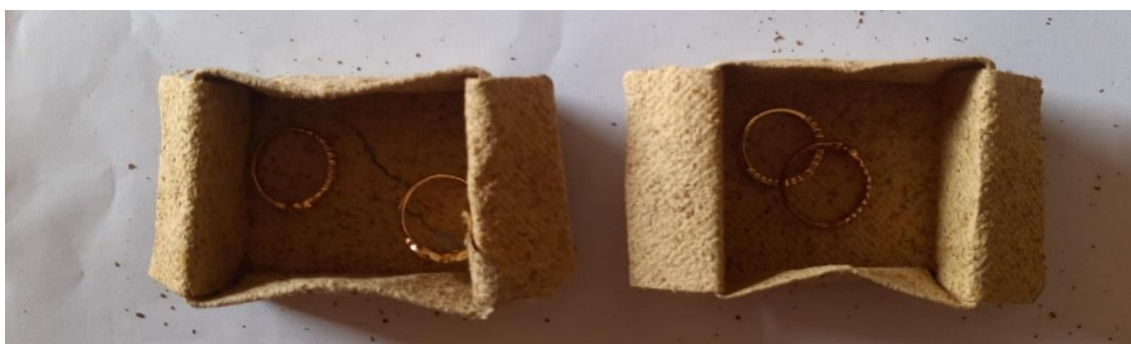
Fonte: Autoria própria

Figura 29 - Caixinhas do Primeiro e Último Papel Reciclado com 30g de Fibras Vegetal



Fonte: Autoria própria

Figura 30 - Caixinhas do Primeiro e Último Papel Reciclado com 50g de Fibras Vegetal Fina



Fonte: Autoria própria

Figura 31 - Caixinhas do Primeiro e Último Papel Reciclado com 50g de Fibras Vegetal Grossa



Fonte: Autoria própria

Outro ponto analisado foi que as caixinhas produzidas com os primeiros papéis de cada grupo ficaram com uma estrutura mais firme em relação às caixinhas produzidas com os últimos papéis de cada grupo, que apresentaram medidas de espessura e gramatura menores em relação ao primeiro grupo mencionado.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, através da prática realizada foi possível conhecer melhor as etapas do processo de reciclagem de papel e verificar a viabilidade do procedimento de reciclagem de papel com incorporação de resíduo de jardim, utilizando as folhas de árvores da espécie *Terminalia Catappa*, buscando desenvolver um método de reciclagem de papel de forma simples e artesanal com uso de resíduos de jardim para estimular a reciclagem e desenvolvimento de materiais menos prejudiciais ao meio ambiente.

A prática resultou na produção de papéis reciclados com diferentes quantidades de fibra vegetal inserida no processo. Foram produzidos papel reciclado puro, sem adição de fibra vegetal e papéis com adição de 10g, 30g, 50g de fibra vegetal fina e 50g de fibra vegetal grossa, a fim de se comparar as características morfológicas, físicas como espessura e gramatura e características mecânicas dos papéis produzidos, através de dobraduras, para viabilizar o uso desses papéis para fins artesanais.

Os papéis produzidos apresentaram diferentes características, principalmente, os papéis com adição de fibra vegetal que apresentaram mudança na coloração, menor maleabilidade, maiores medidas de gramatura e espessura, conforme o esperado.

Através da análise das características de cada papel foi possível notar que eles podem sim ser utilizados. Como por exemplo, o papel reciclado branco e o papel com 10g podem ser utilizados como folders e panfletos, que exigem uma gramatura de 150 g/m², os papéis com adição de 30g para cartões caseiros, onde esses são especificados com gramaturas de aproximadamente 180 g/m² e os papéis com 50g fibra vegetal fina e grossa, para a finalidade de cartões de visitas, postais, aniversário, calendários que demandam de uma gramatura de 210 a 300 g/m², entre outros materiais artesanais. Os papéis reciclados com uso de fibras naturais, podem ser

utilizados também para fins de educação ambiental, estimulando cada vez mais práticas sustentáveis.

Com os resultados obtidos conclui-se que a prática de incorporação de resíduo de jardim, folhas de árvores, no processo de reciclagem de papel é viável, principalmente, quando se deseja um material para fins artesanais que não demandam de tantas especificações. Os papéis reciclados desenvolvidos podem ser melhorados com o uso de técnicas indústrias já conhecidas como incorporação de aditivos, secagem e prensagem por meio de equipamentos específicos. Para trabalhos futuros, ensaios mecânicos como tração, rasgamento, rigidez, entre outros, podem ser realizados para aprimorar ainda mais a análise.

Essa prática além de incentivar o processo de reciclagem, apresenta uma alternativa para uso de resíduo de papel e resíduo orgânico, contribuindo com o meio ambiente e até mesmo na produção de um material que pode ser comercializado.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**, 2022. 64p. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>
Acesso em 08 de novembro de 2023.

ABREN. **Brasil destina 96% de resíduos para aterros sem reciclar**. Jornal da Bioenergia, 2021. Disponível em: <https://abren.org.br/2021/06/11/brasil-destina-96-de-seus-residuos-para-aterros-sem-reciclar-jornal-da-bioenergia>
Acesso em 11 de outubro de 2023.

ANAP. Associação Nacional dos Aparistas de Papel. **Relatório Anual 2019-2020**. Anguti Estatística, 2019. 1-41p.

BARAUNA, D; ANSELMO, J. S; STAFFORD, N. F; AMARAL, M., PEZZIN A. P. T., & SILVA, D. A. K. **Sistema de gestão ambiental (SGA): Uma aplicação na reciclagem de papel com fibra de bananeira**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, 2011. 90-121p.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei no 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010.

CAMPOS, E. S. **Controle da qualidade na fabricação de capas e miolo para papelão corrugado**. Apostila Rev. 01, 2008. 114p.

CAPLAN, A. S., FERNANDO, O., & PAES, B. **Aproveitamento de material foliar das árvores na produção de papel**. Artigo. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. PUC-RIO. Rio de Janeiro, 2016. 1-7p.

CARDOSO, M. M; CANTÃO, L. A. P; MANCINI, S. D; PITONDO, L. L. **Materiais recicláveis**. Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp – Câmpus Experimental de Sorocaba. Sorocaba. São Paulo, 2013. 48p.

CEMPRE. **Caderno de Reciclagem 3 – Coleta Seletiva nas Escolas**. São Paulo, 1993.

_____. Ficha Técnica 1. São Paulo, 1997.

_____. Ficha Técnica 2. São Paulo, 1997.

COELHO, M. R. F; CASARINI, V.M. C; FUZARO, J. A; ALMEIDA, S. N. S; ALVES, A. C. **Coleta Seletiva: na escola, no condomínio, na empresa, na comunidade, no município**. São Paulo: Secretária do Meio Ambiente, 2008. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/ProjetoColetaSeletiva52/cartilhasmasp.pdf>. Acesso em: 11 de outubro de 2023.

COSTA, M. A. A. **Influência da população da espécie exótica Terminalia Catappa L. (Amendoeira) sobre espécies nativas numa área da Restinga, domínio Tropical Atlântico Salvador, Bahia**. Dissertação. Universidade Federal da Bahia. Salvador. Bahia, 2010. 56p.

DIAS, C. D. C. ***Terminalia Catappa L. (Combretaceae): estudo da arte, caracterização farmacobotânica, prospecção fitoquímica e avaliação do efeito larvicida das folhas frente Aedes aegypti.*** Dissertação. Universidade Federal do Maranhão. São Luis. Maranhão, 2023. 92p.

DONATO, L. A; BARBOSA, M. F; BARBOSA, E. M. **Reciclagem: o caminho para o desenvolvimento Sustentável**, 2015. Artigo. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/17838/13286> Acesso em 11 de outubro de 2023.

FONSECA, L. H. A. **Reciclagem: o primeiro passo para a preservação ambiental.** Centro Universitário Barra Manda. Artigo. Revista Científica Semana Acadêmica, 2013. 30p.

GRICOLETTO, I. C. B. **Reaproveitar e Reciclar o papel: proposta de conscientização da Preservação Ambiental.** Monografia de Especialização. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2011. 42p.

HIWATASHI, E. **O processo de Reciclagem dos Resíduos Sólidos Inorgânicos Domiciliares em Porto Alegre.** Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Rio Grande do Sul, 1998. 150p.

JUNIOR, H. S; PIMENTEL, L. L. **Viabilidade do aproveitamento de resíduos de fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção.** Scielo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, 2000. 103-110p.

JUNIOR, M. M. **Influência na topografia na força de atrito em papéis para embalagem.** Tese. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Santa Catarina, 2015. 327p.

LOPES, C. B. **Composição Física e Físico-química de Frutos da *Terminalia Catappa Linn* Variedades roxas e amarelas de suas amêndoas.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. Paraíba, 2021. 23p.

MORAES, M. D. S; SANTOS, M. A. W. D; GUZMAN, E. F; SANTOS, S. D; MORO, A. R. P. **Um estudo sobre a reciclagem de papel: Um panorama desta atividade no Brasil.** Artigo. Semana Acadêmica. Revista Científica. ISSN 2236-6717. Fortaleza. Ceara, 2015. 1–9p

MOTA, J; ALMEIDA, M; ALENCAR, V; & CURI, W. **Características E Impactos Ambientais Causados Pelos Resíduos Sólidos: Uma Visão Conceitual.** I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, 2009. 83p.

NETO, F. C. L. **Conscientização da importância da reciclagem do papel por alunos do ensino médio.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2016. 45p.

RECICLAGEM de Papel. [S. I]: Ambiente Brasil, [ca. 2006]. Disponível em:

https://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/reciclagem_de_papel.html. Acesso em 13 de outubro de 2023.

SANTOS, V. M; LIMA, G. S; SILVA, C. D. T; LEÃO, V. L. X. S; STAMFORD, T. L. M; **Castanhola: características gerais, aspectos nutricionais e bioatividadeF – Uma revisão**. Revista: Avanços em ciência e tecnologia de Alimentos. V3. Editora Científica. Universidade Federal do Pernambuco, 2021. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/210203347.pdf>. Acesso em 13 de outubro de 2023.

SINIR (Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão de Resíduos Sólidos). **Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos 2019**. Ministério do Meio Ambiente. Gov.com. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Acesso em 11 de outubro de 2023.

SOUZA, D. C. G; MATOS, L. L; ARAULO, M. K. S; LIMA, E. V **A Importância da Reciclagem do Papel na Melhoria da Qualidade do Meio Ambiente**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Enegep. 2016. João Pessoa. Paraíba, 2016. 16p. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/tn_sto_234_366_30516.pdf. Acesso em 08 de novembro de 2023.

SOUZA, D. C. G; MATOS, L. L; ARAUJO, M. K. S; LIMA, E. V. **A importância da Reciclagem de Papel na Melhoria da Qualidade do Meio Ambiente**. Enegep 2016. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa. Paraíba, 2016. 16p.

UCHIDA, V. H. **Valorização do fruto de Castanhola (Terminalia Catappa Linn) como fonte de bioativos e substrato para a produção de enzimas por Fermentação em Estado Sólido (FES)**. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. Rio Grande do Norte, 2021. 144p.

WIBBELT, A. C. C. **Aplicação do Papel Reciclado Artesanal em Brindes Corporativos**. 82p. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Tecnologia em Artes Gráficas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.