



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



**PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIOTECNOLOGIA**

**FIBRA DE JUTA (*CORCHORUS CAPSULARIS*) REFORÇADA COM RESINA
EPÓXI PARA USO POTENCIAL NO DESENVOLVIMENTO DE
EMBARCAÇÕES DE BAIXO CUSTO**

ABEL DE OLIVEIRA COSTA FILHO

Manaus - Amazonas

Julho/2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE POS-GRADUAÇÃO EM
BIOTECNOLOGIA

ABEL DE OLIVEIRA COSTA FILHO

**FIBRA DE JUTA (*CORCHORUS CAPSULARIS*) REFORÇADA COM RESINA
EPÓXI PARA USO POTENCIAL NO DESENVOLVIMENTO DE
EMBARCAÇÕES DE BAIXO CUSTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Biotecnologia, área de concentração em Gestão.

Orientador: Prof. Dr. Dimas José Lasmar

Coorientador: Prof. Dr. Jamal da Silva Chaa

Manaus - Amazonas

Julho/2024

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C837. Costa Filho, Abel de Oliveira
Fibra de juta (*Corchorus capsularis*) reforçada com resina epóxi
para uso potencial no desenvolvimento de embarcações de baixo
custo / Abel de Oliveira Costa Filho . 2024
138 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Dimas José Lasmar
Coorientador: Jamal da Silva Chaa
Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal
do Amazonas.

1. Fibra vegetal. 2. Juta. 3. Amazonas. 4. Lignocelulósica.
5. Biotecnologia. I. Lasmar, Dimas José. II. Universidade Federal
do Amazonas III. Título

ABEL DE OLIVEIRA COSTA FILHO

**FIBRA DE JUTA (*CORCHORUS CAPSULARIS*) REFORÇADA COM RESINA EPÓXI
PARA USO POTENCIAL NO DESENVOLVIMENTO DE EMBARCAÇÕES DE
BAIXO CUSTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Biotecnologia, área de concentração em Gestão.

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Dimas José Lasmar, Presidente
UFAM-PPGBiotec – Membro Interno

Prof. Dra. Barbara Elisabeth Teixeira Costa, Membro
UFAM-PPGBiotec – Membro Interno

Prof. Dr. Manoel Carlos de Oliveira Junior, Membro
UFAM-FES- Membro externo

Prof. Dr. André Luiz Borborema da Cunha, Membro
IFAM-DEP- Membro Externo

Prof. Dr. Augusto Cesar Barreto Rocha, Membro
UFAM-PPGBiotec – Membro Interno

Manaus - Amazonas

Julho/2024

Ao meu Deus, por guiar meu caminho;

Aos meus pais, por serem minha força, para a luta diária com a vida, e também pelo esforço e sacrifício deles, a fim de me proporcionar o maior dos tesouros: A educação!

À Fernanda, esposa, minha amiga e parceira. Este triunfo também é teu, sem você nada disso seria realidade.

Aos jaticultores, homens e mulheres de fibra que creem na possibilidade de transformações e melhorias nesse sistema de cultivo que permanece o mesmo desde a sua introdução nas várzeas amazônicas pelos imigrantes japoneses.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Para realizar esta tese que consolida mais uma etapa de minha qualificação profissional e de vida, contei com a colaboração e apoio de diversas pessoas; pessoas talentosas, generosas e profissionais, sem os quais não teria sido possível. Assim, agradeço imensamente:

Primeiramente a Deus, por ter proporcionado à minha pessoa alçar este nível singular na jornada do conhecimento, agora na pós-graduação stricto sensu;

À centenária Universidade Federal do Amazonas, símbolo máximo do saber no maior estado da União (meu Amazonas);

Ao meu orientador e coorientador professores, Dr. Dimas José Lasmar e Dr. Jamal da Silva Chaa, respectivamente, pessoas que me brindaram toda confiança e respeito para o desenvolvimento desta pesquisa;

Aos meus pais sr. Abel e sra. Ana Costa, suas palavras e seu exemplo de vida me inspiraram para chegar onde estou. Para os senhores, todo o meu carinho, meu respeito e minha admiração;

À Fernanda, esposa e companheira. Teu carinho e a tua compreensão, ajudaram-me a me tornar uma pessoa melhor. Ao teu lado eu pude alcançar as maiores conquistas de minha vida;

Ao técnico do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do INPA, sr. Lucas Castanhola Dias, pelo apoio na realização de ensaios de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);

Ao Prof. Dr. Lizandro Manzato, pela disponibilidade do LabNano do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas - (IFAM), Campus CMDI, para realizar várias das atividades contidas neste estudo;

Ao técnico do Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanotecnologia do IFAM, sr Igor Pinto, pela colaboração na caracterização de meu material;

Agradeço ao corpo técnico dos laboratórios da LEM/UFAM, pela dedicação prestada no desenvolvimento da matriz com fibra de juta desta pesquisa, e ao sr. Diogo Milome técnico do laboratório LAMAC/UFAM, pela presteza e gentileza;

No contexto institucional, sou extremamente grato à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal/CAPEs, cuja bolsa de estudo me deu tranquilidade para realizar as pesquisas e concluir os estudos necessários;

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, pela atenção e esforço em atender minhas solicitações;

E por fim, mas não menos importante, a todos os trabalhadores que participaram desta pesquisa, exemplos de vida, de superação, símbolos de força e de hombridade aos quais eu presto as minhas honestas homenagens e agradecimentos por terem efetivamente me transformado em uma pessoa diferente da pessoa que eu era no início dessa trajetória.

A todos, irrestritamente: muito obrigado!

"O mundo amazônico deve ser economicamente viável, ecologicamente adequado, politicamente equilibrado e socialmente justo."

Samuel Isaac Benchimol (*1923 - †2002).

RESUMO

No Estado do Amazonas o cultivo da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) teve grande aporte para desenvolvimento econômico e social regional. Em sua trajetória, a economia dessa fibra apresentou pontos marcantes como seu apogeu na década de 60, que representava um terço do PIB amazonense, e o seu declínio no fim da década de 80, devido a determinados fatores da política econômica do país que decompuseram intensamente o panorama regional. Desta feita, o fortalecimento da agricultura familiar se exhibe como uma das principais estratégias de desenvolvimento local, e que tem na produção de fibras vegetais uma grande alternativa econômica e social, pelo seu potencial de desenvolvimento em razão da crescente demanda mundial e por seu forte apelo ecológico. Por essas razões, objetivou-se mostrar cenários de importância no cultivo da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) com aplicação no estado do Amazonas bem como sua caracterização em laboratório. Nesta pesquisa, a metodologia aplicada, foi a exploratória e experimental, sendo, os resultados analisados quantitativamente. Para as análises, foram realizados ensaios laboratoriais da fibra, a fim de entender sua estrutura. Na primeira parte da pesquisa pode-se observar que as políticas evidentes são fatores determinantes para o dinamismo desta cadeia produtiva, tais como a distribuição de sementes, políticas de proteção aos produtos desenvolvidos por esta fibra, política de financiamento e a política estadual de subvenção desse produto. Com base nas análises deste estudo, são sugeridas medidas prioritárias para o aperfeiçoamento do cultivo desta fibra no Amazonas, tais como à aquisição de máquina e a equipamentos para colheita e plantio, elevação do valor da subvenção econômica, facilidade para aquisição de sementes de juta (*Corchorus capsularis*), na proteção às importações e nas condições previdenciárias dos agricultores. Após análise em laboratório sobre o comportamento térmico da fibra em questão por TG e DTG verifica-se que o material pode ser usado em compósito mesmo sofrendo perda de massa, pois, esse detrimento é referente a água das fibras lignocelulósicas. No ensaio de MEV, ao se analisar de maneira qualitativa observa-se na superfície da fibra a presença de pontos hidratados em suas fibrilas que indicam boa aderência entre a matriz e fibra. Os procedimentos de impregnação com a resina epóxi, além de revestir, proporcionam também a colagem entre os fios da fibra com a resina epóxi. Os resultados dos ensaios mecânicos, dos corpos-de-prova manufaturados com fibra e resina epóxi demonstram que, quando a fibra é submetida à esforços de tração direta, ganha maior capacidade de resistência e de rigidez, reduzindo inclusive o coeficiente de variação. Ademais, observa-se a partir dos ensaios laboratoriais que essa fibra vegetal tem potencial para contribuir não somente com sacarias e artesanatos regionais, mas também com outros subprodutos originários de sua planta, visto que este estudo teve deferimento quanto ao pedido de patente relacionado à confecção de casco de embarcação náutica de pequeno porte. Comprovou-se a hipótese de que a fibra, após alguns tratamentos, poderia ser viável na produção de bens, a exemplo do teste bem sucedido com o desenvolvimento de um protótipo de um barco de pequeno porte. Por fim, o Amazonas reúne condições ambientais e recursos humanos para se tornar autossuficiente no cultivo dessa fibra, podendo contribuir para seu desenvolvimento com sustentabilidade.

Palavras-chave: Fibra vegetal, juta, Amazonas, lignocelulósicas.

ABSTRACT

In the State of Amazonas, the cultivation of jute plant fiber (*Corchorus capsularis*) had a great contribution to regional economic and social development. In its trajectory, the economy of this fiber presented notable points such as its peak in the 60s, which represented a third of the Amazonian PIB, and its decline at the end of the 80s, due to certain factors in the country's economic policy that intensely decomposed the regional panorama. This time, the strengthening of family farming appears as one of the main local development strategies, and the production of vegetable fibers is a great economic and social alternative, due to its development potential due to the growing global demand and its strong appeal. ecological. For these reasons, the objective was to show scenarios of importance in the cultivation of jute fiber (*Corchorus capsularis*) with application in the state of Amazonas as well as its characterization in the laboratory. In this research, the methodology applied was exploratory and experimental, with the results analyzed quantitatively. For the analyses, laboratory tests of the fiber were carried out in order to understand its structure. In the first part of the research, it can be observed that the obvious policies are determining factors for the dynamism of this production chain, such as seed distribution, protection policies for products developed by this fiber, financing policy and the state subsidy policy for this fiber. product. Based on the analyzes of this study, priority measures are suggested to improve the cultivation of this fiber in Amazonas, such as the acquisition of machinery and equipment for harvesting and planting, increasing the value of the economic subsidy, and facilitating the acquisition of jute seeds (*Corchorus capsularis*), in the protection of imports and in the pension conditions of farmers. After laboratory analysis of the thermal behavior of the fiber in question by TG and DTG, it is verified that the material can be used in composites even suffering mass loss, as this detriment is related to the water in the lignocellulosic fibers. In the MEV test, when analyzed qualitatively, the presence of hydrated points in its fibrils is observed on the surface of the fiber, which indicates good adhesion between the matrix and fiber. Impregnation procedures with epoxy resin, In addition to coating, they also provide bonding between the fiber strands with epoxy resin. The results of mechanical tests on specimens manufactured with fiber and epoxy resin demonstrate that, when the fiber is subjected to direct tensile stress, it gains greater resistance and stiffness capacity, even reducing the coefficient of variation. Furthermore, it can be seen from laboratory tests that this vegetable fiber has the potential to contribute not only to bags and regional crafts, but also to other by-products originating from its plant, as this study was granted approval for the patent application related to the manufacture. hull of a small nautical vessel. The hypothesis was proven that the fiber, after some treatments, could be viable in the production of goods, such as the successful test with the development of a prototype of a small boat. Finally, Amazonas combines environmental conditions and human resources to become self-sufficient in the cultivation of this fiber, being able to contribute to its sustainable development.

Keywords: Vegetable fiber, jute, Amazon, lignocellulosic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantação de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	44
Figura 2 – Caules de juta (<i>C. capsularis</i>) sendo macerados em água para separar as fibras.....	44
Figura 3 - Estrutura da fibra natural	48
Figura 4 - Região amorfa e cristalina da celulose.....	48
Figura 5 - Monômeros e estruturas poliméricas da lignina	51
Figura 6 - MEV da seção transversal de uma fibra de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	51
Figura 7 - Esquema para a morfologia das fibras	52
Figura 8 - MEV da superfície da fibra de juta (<i>Corchorus capsularis</i>) (a) sem tratamento; (b) tratamento 0,5% NaOH.....	59
Figura 9 - Esquema da Metodologia de pesquisa.....	60
Figura 10 – Esquema da Metodologia de pesquisa.....	61
Figura 11 - Localização do ponto de coleta da fibra de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	61
Figura 12 - Amostras utilizadas para o ensaio de permeabilidade das fibras.....	67
Figura 13 - Percentual de umidade da fibra de juta determinado pelo analisador Ohaus.....	69
Figura 14 - Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).....	69
Figura 15 - Difrátometro de Raio-X.....	70
Figura 16 – Equipamento utilizado na microscopia óptica	71
Figura 17 – Corpos-de-prova para ensaio de flexão.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Produção, área colhida e produtividade mundial, continental e brasileira de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	38
Tabela 2 – Malva e Juta – Produtos Importados (2010 a 2014).....	39
Tabela 3 – Cadeia Produtiva Juta/Malva.....	42
Tabela 4 - Valores de propriedades mecânicas das fibras em geral.....	46
Tabela 5 - Diferenças estruturais entre celulose e hemicelulose, em relação ao grau de polimerização, cristalização e solubilidade.....	50
Tabela 6 - Tratamento e teores químicos das fibras vegetais.....	58
Tabela 7 - Propriedades e características técnicas da resina de epóxi.....	62
Tabela 8 – Corpos-de-prova para ensaio de tração na flexão.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CO₂ - Dióxido de carbono

DRX - Difractometria de raio x

DTG - Termogravimetria derivada

E - Módulo de elasticidade

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

FRX - Espectrometria de Fluorescência de Raio-X

IC - Índice de cristalinidade

ITZ - Zona de interface de transição

Lc - Comprimento crítico da fibra

MEV - Microscopia eletrônica de varredura

NaOH - Hidróxido de sódio

PIB – Produto Interno Bruto

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry

TG - Termogravimétrica

µm - Micrômetro

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Juta e malva / produção (fibra) x importação (complexo) t.....	29
Gráfico 2 – Série histórica de produção internacional de juta.....	37
Gráfico 3 – Produção Malva e juta no Brasil (2000 a 2014)	38
Gráfico 4 – Produção Nacional e Importação (2000 a 2014)	39
Gráfico 5 – Produção Nacional de 2010 a 2016.....	45
Gráfico 6 – Gráficos de tensão máxima (a) e de Flexão 3 pontos (b).....	52

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO	25
1.1 Considerações históricas.....	25
1.2 Comunidades tradicionais: a identidade jutilcultora da Amazônia.....	30
1.3 Estudos contemporâneos.....	34
1.4 Panorama comercial internacional e nacional da fibra vegetal de juta (<i>Corchorus capsularis</i>)	37
1.5 Fibra vegetal de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	42
1.6 Particularidades da fibra de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	46
1.6.1 Propriedades Mecânicas	46
1.6.2 Estrutura da Fibra de Juta (<i>Corchorus capsularis</i>)	46
1.7 Composição das fibras lignocelulósicas	48
1.7.1 Celulose	48
1.7.2 Hemicelulose.....	49
1.7.3 Lignina	50
1.8 Propriedades físicas	51
1.9 Estudos sobre tratamentos de tecido de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	52
CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS	60
2.1 Coleta e seleção do material utilizado na pesquisa.....	61
2.1.1 Fibra vegetal de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	61
2.1.2 Resina epóxi.....	62
2.2 Tratamentos aplicados na fibra de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	62
2.2.1 Tipos de tratamento.....	62
2.2.2 Fibras sem tratamento.....	62
2.2.3 Fibras tratadas	63
2.3 Caracterização do material	64
2.3.1 Caracterização da fibra vegetal de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	64
2.3.2 Composição química.....	64
2.3.3 Ensaio de permeabilidade.....	66
2.3.4 Teor de umidade	68

2.3.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	69
2.3.6 Difractometria de raios x (DRX)	70
2.3.7 Análise termogravimétrica (TG/TGA).....	71
2.3.8 Microscopia da fibra de juta (<i>Corchorus capsularis</i>)	71
2.3.8 Ensaios de flexão.....	72
 CAPÍTULO 3 - RESULTADOS DA PESQUISA	76
Capítulo 3.1 - Artigo 01 - Ouro da várzea amazônica: panorama e estímulo para o cultivo da fibra vegetal de juta (<i>Corchorus capsularis</i>) e geração de emprego para os ribeirinhos no estado do Amazonas.....	76
Capítulo 3.2 - Artigo 02 - Uma análise das propriedades químicas e morfológicas da fibra vegetal de juta brasileira (<i>Corchorus capsularis</i>): A fibra amazônica.....	76
Capítulo 3.3 – Artigo 03 (a ser publicado) - Uma análise das propriedades mecânicas da fibra vegetal de juta (<i>Corchorus capsularis</i>): A fibra amazônica.....	76
 CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
 REFERÊNCIAS.....	123
 APÊNDICES.....	133
Apendice A - Despacho com deferimento do NIT / UFAM referente a patente do barco feito de juta (<i>Corchorus capsularis</i>).....	134
Apendice B – Foto de embarcação pequena manufaturada de juta (<i>Corchorus capsularis</i>)....	135
 ANEXOS.	136
Anexo A – Carta de aceite da Revista Brazilian Journal of Development para publicação.....	137

INTRODUÇÃO

Parte-se do contexto de que a juticultura é uma ação econômica de substancial importância na esfera primária do estado do Amazonas. Configura-se em manancial de emprego e renda para famílias que aprovisionam com fibras, fios e especialmente sacos para alguns artigos das indústrias nacionais. O Amazonas é o maior produtor de fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) do Brasil, sendo assim, o presente estudo constitui-se em fomento técnico e científico, não somente ao ribeirinho juticultor mas do mesmo modo para as corporações que confiam ainda nesta atividade econômica sustentável e viável.

A lavoura desta fibra vegetal, que é de origem asiática e adaptada no Amazonas, é fato indiscutível sobre sua influência no desenvolvimento social da região, incorporada à extensão básica da atividade econômica. A estratégia na cadeia produtiva de juta (*Corchorus capsularis*) regional é incitada pelas cooperativas do município de Manacapuru/Am, que cumprem importante função unida aos juticultores locais nas atuações de distribuição das sementes, logística das fibras, beneficiamento e comercialização desta fibra para o mercado. Além de confrontar problemas com a infraestrutura do processo produtivo, perda parcial do plantio com as enchentes dos rios e, principalmente, a desvalorização do mercado, frente à concorrência com os produtos importados.

Como forma de beneficiar a juticultura regional, a estrutura da cadeia produtiva desta fibra no estado do Amazonas é feita sobretudo, pelo artifício de subvenção econômica aos juticultores, coordenada pela Agência de Desenvolvimento Sustentável Amazonas – ADS, que foi criada pela Lei Delegada nº 118 de 18 de maio de 2007, e a política de obtenção de sementes de juta pelos agricultores, gerenciado pelo Instituto de Desenvolvimento Agropecuário do Estado do Amazonas – IDAM / SEPROR.

É notório que os aportes para o avanço das políticas públicas de incentivo à produção de juta (*Corchorus capsularis*) no Amazonas, por meio das pesquisas sobre a realidade amazônica, tendem a propiciar não somente a sustentabilidade da cadeia produtiva desta fibra, mas igualmente o avanço das condições socioeconômicas dos juticultores no Amazonas.

Faz-se saber que, o conhecimento da cadeia produtiva desta fibra vegetal proporcionou significativa exploração a partir da década de 30, acarretando alteração na gestão de distintos segmentos da cultura agrônômica na região norte do Brasil. Presenciou-se episódio de múltiplos produtos e setores, antes resguardados por impedimentos alfandegários e fiscais, principiarem a se submeter a eventos de concorrentes externos, pelo predomínio do comércio

nacional. Não obstante, não se poderia discorrer em desempenho caracterizado, em inquietação com a qualidade, em eficiência e concorrência, se não se enfatizasse a importância da gestão nesses setores.

Seguindo as palavras de Santos *et al.* 2018, a cadeia produtiva da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) está cada vez se reconsolidando e se tornando capaz, concisa e eficiente a formulação de estratégias e a oportuna gestão da competitividade no seu âmbito. Eis que, para se tornar fato, a análise prospectiva necessita operacionalizar grandes quantidades de subsídios informativos, sem os quais toda a sua eficiência se torna artificial. Assim sendo, colher, explicar, conter e expandir informação de qualidade sobre cada elo da cadeia produtiva que estejam diretas ou indiretamente ligadas a sua produção e utilização é uma empreitada que exige diligência e possui impacto direto sobre os seus futuros avanços.

Todavia, a deferência da inovação pode ser excelente ação para fomentar o setor da jiticultura. Muitos especialistas debruçam-se sobre as motivações, as condicionantes, os fatores limitantes, as abrangências de causa e efeito que dão à experiência brasileira de inovação propriedades típicas e, em boa medida, distintas daquelas deparadas nos países desenvolvidos. Não há como desconhecer que, em todo o mundo, as pessoas de propósito alteram suas condutas, valores e costumes, seguem novos produtos e métodos profissionais meramente para facilitar suas vidas, tornar seu trabalho mais simples, majorar a sua proteção e segurança, diminuir riscos e estender a sua existência.

As primeiras inovações seguramente terão ocorrido num ambiente rural geradas pela necessidade da sobrevivência no local. Recolher sementes espalhadas pela floresta e semeá-las de forma mais limitada numa área demarcada, protegida de animais e mais próxima da residência, para promover a colheita e armazenagem dos alimentos, foi um aceno inovador e radical: inventou a agricultura, que transformou totalmente a história em nosso planeta. E presumindo bem é o que ainda perpetrarmos hoje na agricultura, pois, escolhemos as plantas, selecionamos as sementes e a gleba de terra, plantamos, colhemos, armazenamos, e trocamos por outros bens, notadas as devidas proporções de tempo, espaço, maneira, complexidade e eficácia. É evidente que a ação de inovação do agronegócio brasileiro, até agora, resultou uma complexa atuação, tal que patentes e artigos científicos publicados em periódicos indexados já não operam mais como ferramentas hábeis para influência de cadência e da qualidade da inovação, pois não idealizam o universo da realização. Assim sendo, para provocar uma conformação qualitativa na elaboração e implantação de estratégias nas organizações, a prospecção de cenários representa um recurso significativo para visualizar

e estabelecer situações porvindouras.

Marcial e Grumbach (2006) defendem que os panoramas efetivos são erguidos dentro da organização, por indivíduos que conhecem o microambiente corporativo. No entanto, os mesmos autores também defendem que os cenários formados fora da empresa podem ser examinados pelos futuristas e servem como base para a preparação de panoramas mais consistentes no espaço interno.

Silva *et al.* (2013) nomeiam esses grafitos de interesse coletivo como cenários de larga escala. Para os autores, tais cenários contribuem para identificar e desafiar premissas sobre futuro; identificar e modelar as incertezas; compreender o ambiente externo; antecipar e aumentar a velocidade de resposta a eventos inesperados, bem como tomar melhores decisões.

O processo do cultivo e beneficiamento da fibra vegetal de juta no Amazonas objetiva tornar o Brasil autossuficiente na produção desta fibra vegetal, para tanto, novas alternativas são necessárias para estimular o cultivo de sementes e das fibras têxteis. Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017), o estado do Amazonas detém cerca de 24 milhões de hectares de áreas de várzea, que são espaços propícios para o cultivo de juta (*Corchorus capsularis*).

Adotando a publicação feita por Santos *et al.* 2018, essa atividade foi introduzida por colônias de japoneses, no município de Parintins, entre as décadas de 40 e 50 do século passado. Nos últimos anos, a média de área de várzea utilizada está na ordem de 9 milhões de hectares, que são ocupados pelas plantações de juta transformada em fibras e em tecidos, cujas sementes são distribuídas pelo governo e por empresas privadas. O equivalente a 3 hectares é plantado anualmente por cada família de agricultores, com o apoio do governo estadual que distribui gratuitamente aproximadamente 125 toneladas de sementes, e com cerca de 55 toneladas ofertadas pela iniciativa privada. Somente o município de Manacapuru absorve mais de 90% da produção nacional de sementes, indicando a necessidade do aumento e de sua distribuição para outros municípios do estado.

De acordo com a Secretaria de Estado de Produção Rural (SEPROR, 2019), o estado do Amazonas tem potencial de plantação e colheita de sementes de juta nas áreas de terra firme de até 500 hectares nos municípios de Itacoatiara, Manacapuru, Parintins e Iranduba. Assim, com o cultivo regional de sementes de juta (*Corchorus capsularis*) no Amazonas, o estado deixará de adquiri-las de outros estados, reduzindo os custos, cuja produção hoje é destinada principalmente para o estado do Pará, podendo gerar mais empregos e renda para os produtores locais.

Entretanto, é imperioso analisar até que ponto seria razoável a intervenção do estado com uma política protecionista ao apoiar a jiticultura com subsídios, fixação de preço mínimo, fornecimento de sementes gratuitamente ou com preço inferior ao praticado no mercado e outros tipos de auxílio que distorçam a competitividade desse segmento econômico.

O trabalho desta tese caracteriza-se como uma indagação básica e exploratória, na medida que tem a finalidade de gerar conhecimentos úteis para o avanço da cultura da fibra em questão e auxiliar as tomadas de decisões nas políticas públicas de fomento ao desenvolvimento econômico e social.

Assim sendo e embasado nesta contextualização, torna-se a presente pesquisa uma importante revisão de literatura divulgada a propósito da jiticultura por ribeirinhos na Amazônia. A pesquisa também é aplicada com ensaios em laboratórios sobre diversas características que envolvem a fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*).

O estudo proposto se justifica primeiramente em função do conhecimento de que a fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) é importante na economia agrícola amazonense, constituindo-se num dos principais produtos da pauta de exportação regional. Destaca-se também o ponto de vista de geração de emprego e renda, por meio de uma cadeia de serviços que abrange, desde os trabalhos de manutenção das lavouras, a extração e o processamento da fibra para o beneficiamento, até as atividades de industrialização de diversos produtos, bem como seu uso para fins artesanais.

A resistência da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) a fatores climáticos adversos tem se constituído uma das causas pelas quais, em algumas áreas do norte do Brasil, os ribeirinhos optaram pela exploração da jiticultura. Esta constitui em fonte de emprego nas épocas de impossibilidade de culturas de subsistência e contribuem para a absorção de parte da mão de obra agrônômica existente.

Ao adverso de muitos produtos agrícolas que só podem ser cultivados em determinados solos e sob condições climáticas acentuadas, a juta permite seu cultivo em solos de diferentes composições e sob regimes pluviométricos os mais diversos admissíveis, exatamente é o que acontece com a lavoura de juta nas áreas de várzea amazonense. Deste modo, essa cultura representa uma alternativa ecologicamente adequada para algumas regiões que buscam soluções para reorganizar sua vida política, econômica e social, em harmonia com a natureza.

Logo, a jiticultura torna-se um item importante para a economia do Amazonas, tendo em vista que esse tipo de atividade contribui substancialmente para reforçar as interações

biológicas e físicas nos agrossistemas, mantendo o meio ambiente em constante equilíbrio. Além disso, por se tratar de uma planta muito rica em subprodutos, jamais se poderá pensar em erradicá-la do estado, quando há um leque de recursos alternativos para seu bom emprego.

Faz-se saber que a forma encontrada para a recuperação dessa cultura é expor não apenas novos usos para a fibra em questão, mas de maneira particular para os resíduos que estão sendo desperdiçados no campo. A questão principal está em resolver como aproveitar esse material, ou pelo menos grande parte dele, em novos usos rentáveis para a população.

Infelizmente, a cadeia de produção da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) encontra-se totalmente desarticulada como demonstram as atuais relações entre os subsistemas produtivos e de transformação. Os resultados obtidos nessa análise poderão contribuir para a formulação de programas e estratégias para melhorar a produção, a pesquisa, o grau de articulação e competitividade da jiticultura no estado do Amazonas.

Compreende-se que, para progredir, qualquer atividade agrícola precisa dispor de acesso a novos mercados e de sistemas de produção competitivos. O modelo agrário presente é a expressão da aplicação das conquistas da ciência na plantação e das novas formas de organizar a produção rural. Por isso, é imperioso que este setor se diversifique e se amplie aproveitando as grandes oportunidades existentes. Para tanto, diante dos desafios econômicos atuais, é lacônico que o setor agroindustrial adote atitudes empreendedoras e oportunidades estratégicas para a sua sobrevivência, voltadas para a incorporação de um modelo de gestão mais eficiente de recursos, de novos mercados e lucros.

Descobrir alternativas tecnológicas para fibras vegetais tem sido o objetivo de muitos pesquisadores nos últimos anos. Estudos mais atualizados assinalam para companhias que estão começando a investir em nichos heterogêneos, ou seja, em produtos com maiores probabilidades de comércio e que estejam necessariamente voltados para acolhimento ambiental.

Dentro dessa representação de conveniências, a indústria da construção civil surge como exemplo de um bom consumidor de fibras vegetais e, em especial, da fibra de juta (*Corchorus capsularis*), já contando com ampla habilidade adquirida pela experiência na aplicação de fontes renováveis na produção de vários elementos. Urge, portanto, a necessidade de se aproveitar as pesquisas já realizadas com essa cultura, as quais comprovam suas inúmeras possibilidades alternativas de aproveitamento, dando-lhe uma nova dimensão de mercado.

O Amazonas sustenta a cultura do plantio da juta (*Corchorus capsularis*), uma

atividade que depende do ciclo das águas. Durante a pesquisa foi visitada a região do Paraná do Cambaleana, em Manacapuru/AM, onde a atividade resiste, mas vem perdendo eficácia, já que os mais jovens não ambicionam seguir no ramo desta lavoura. Além disso, a ação depende de estímulos do estado. Todos os anos, o Amazonas convive com duas grandes fases: a cheia (enchente) e vazante (seca) dos rios. Esse ciclo adapta a vida no estado, especialmente a dos ribeirinhos que convivem nas cidades mais distantes da capital Manaus. Assim como a navegação, parte do cultivo rural depende do período das enchentes e vazantes das águas.

A jiticultura, porém, provou ser uma cultura que deu certo. Ela promove geração de emprego e renda às famílias, desde os cuidados de preparação da terra, passando pelo desfibramento, empregos na indústria e no artesanato local. Causa a desconcentração espacial do PIB, e a preservação do meio ambiente, por se tratar de um recurso renovável. Suas características físicas e químicas também chamam a atenção. Possui resistência ao clima adverso, é dotada de celulose, como qualquer fibra vegetal, porém com condições mecânicas comprovadamente superiores às outras fibras. Assim, este trabalho poderá dar subsídios também para fortalecer e manter no campo os pequenos produtores rurais da região no norte do Brasil.

Desse modo, com a presente pesquisa busca-se analisar a seguinte hipótese:

- O tratamento da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) poderá torná-la um material eficaz na construção de barcos de pequeno porte e baixo custo para navegar nos rios do Amazonas.

Com a pesquisa da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) pretende-se conhecer o produto e explorar as propriedades desta fibra, ainda pouco investigadas. Os ensaios realizados buscam verificar as propriedades mecânicas, térmicas da fibra e de seus compósitos criados com resina epóxi.

Sendo realizadas análises térmicas, mecânicas e microestruturais das fibras e dos compósitos manufaturados com fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*), verifica-se um desempenho eficiente de novos materiais originados desta fibra, o que significa uma maneira alternativa de causar menos danos ao meio ambiente e ao ser humano. Já que as fibras utilizadas são materiais residuais, e seus compósitos não liberam dióxido de carbono (CO₂) para atmosfera, não causando poluição do ar. Além de todos os processamentos com essas fibras serem extremamente mais fáceis, menos danosos aos equipamentos e para a manipulação pelo homem, quando comparado às fibras sintéticas.

Nesse contexto, o **objetivo geral** deste trabalho é efetuar a caracterização da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*). Complementa-se com os seguintes **objetivos**

específicos:

- a) Refletir sobre a dinâmica da economia jútícula do Estado do Amazonas;
- b) Apresentar o índice de cristalinidade da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*);
- c) Avaliar as propriedades mecânicas e térmicas da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*);
- d) Estudar os aspectos estruturais da fibra de juta (*Corchorus capsularis*), através da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV); e
- e) Confeccionar um protótipo de barco de fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*).

O trabalho foi estruturado, além da Introdução, em quatro capítulos, conforme detalho a seguir:

O **primeiro capítulo** é dedicado à fundamentação teórica. Neste tópico apresenta-se um breve histórico sobre a juta (*Corchorus capsularis*), seu cultivo e potencialidades, além da legislação política e das dificuldades enfrentadas pelos juiticultores com a manufatura dessa fibra. Ainda neste capítulo são abordadas as principais definições da fibra da juta, destacando-se que a viabilidade econômica não é a proposta desta tese, mas sim a ênfase na sua caracterização físico-química e perspectiva de aplicação em transporte de pequeno porte para navegar nos rios do estado.

O **segundo capítulo** descreve os materiais e a metodologia aplicada no desenvolvimento do compósito e nos ensaios de caracterização dos materiais constituintes.

No **terceiro capítulo** apresenta os resultados dos ensaios e análises das caracterizações do material de insumo, bem como as análises e resultados, dos procedimentos experimentais de desenvolvimento da pesquisa, construídos para atender os objetivos propostos e apresentados através de artigos publicados.

O **quarto capítulo** apresenta a conclusão do estudo, assim como as observações acerca da concretização dos objetivos propostos pela tese, além dos destaques sobre os resultados alcançados bem como as recomendações relativas à pesquisa realizada, sobretudo quanto ao avanço e as sugestões de futuros estudos.

Atendendo a uma das opções de estrutura de tese recomendadas pelo Programa PPGBIOTEC/UFAM, são apresentados neste capítulo dois artigos já publicados em revistas científicas bem como um artigo a ser publicado:

- Artigo 1 - Ouro da várzea amazônica: panorama e estímulo para o cultivo da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) e geração de emprego para os ribeirinhos no estado do Amazonas;
- Artigo 2 - Uma análise das propriedades químicas e morfológicas da fibra vegetal de

juta brasileira (*Corchorus capsularis*): A fibra amazônica; e

Artigo 3 - Uma análise das propriedades mecânicas da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*): A fibra amazônica.

CAPÍTULO I - REFERENCIAL TEÓRICO

Inicialmente, serão explanadas as considerações históricas da cultura de juta (*Corchorus capsularis*) na região amazônica. No tópico seguinte será realizado um resgate histórico sobre as origens e os *modus vivendi* dos juiticultores envolvidos com essa cultura em questão: os ribeirinhos da Amazônia. Os estudos contemporâneos mais relevantes realizados no contexto da cultura da fibra deste estudo são elencados na sequência, ressaltando os achados mais importantes, bem como identificando os resultados comuns.

1.1 Considerações históricas

Seguindo a escrita publicada por Santos *et al.* (2018), o cultivo da fibra vegetal de juta (*C. capsularis*) no mundo iniciou-se na Índia, que sustentou um monopólio durante exatamente um século, de 1837 a 1937. Na bacia do rio Ganges, foi realizada primeira colheita de dezoito toneladas, resultante da plantação com interesse comercial.

A inserção desta fibra no Brasil, em especial no Amazonas, está conexas com a Índia e o Japão, e é indissociável com o monopólio brasileiro do mercado cafeicultor, conforme destacam Ferreira e Homma (2017). Durante o século XIX e início do século XX, o Brasil tinha o monopólio de café e por conta da grande produção, o país necessitava de enormes quantidades de sacarias para armazenamento e exportação do produto. Os autores acima explicam que toda a sacaria era importada da Índia que detinha o monopólio da produção da juta (*Corchorus capsularis*). Sendo assim, a importação das sacarias representava um problema aos produtores de café, haja vista a necessidade da manutenção das altas taxas de importação, impostos das docas e tarifas rodoviárias. De acordo com o que explanam os autores, foi nesse contexto que se iniciou a primeira tentativa de aclimação da juta (*Corchorus capsularis*) asiática e especialmente indiana no estado de São Paulo. Ainda que tentativas recorrentes de aclimação para produção da fibra nesse estado tenham sido feitas, foi apenas no município de Parintins no Amazonas, que o processo teve êxito, a partir da importação de sementes de São Paulo e do Japão (Noda, 2010).

Neste sentido, a produção da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) tem uma importância diferenciada para a região Amazônica, pois se trata de uma cultura introduzida pelos japoneses na década de 30, com uma contribuição histórica para o desenvolvimento da região Norte do país, mais especificamente, dos estados do Amazonas e Pará. Ademais, pode-se afirmar que, no caso da Amazônia, o fator mais importante atribuído ao cultivo e produção

dessa fibra vegetal é o da sustentabilidade socioambiental.

Evidenciam Ferreira e Homma (2017) que nesse cenário os japoneses passaram a ser parte importante para o êxito da cultura de juta (*C. capsularis*) no Brasil, considerando que no ano de 1930 instaurou-se na região amazônica um sofisticado programa de migração japonesa voltado à produção agrícola e exploração de recursos naturais. Sendo assim, no ano de 1934 aconteceu a aclimação da juta através da persistência do colono Ryota Oyama, o que transformou a economia amazônica. Por consequência, com a inclusão da produção de juta (*C. capsularis*) na região, a malva (*Urena lobata*, L.) passou a ser também valorizada para produção de fibra, inicialmente no estado do Pará. Sua extração cresceu até 1956, quando atingiu produção superior a 18 mil toneladas, mas logo depois, exibiu uma tendência de produção decrescente. Em 1971, passou a ser cultivada nas várzeas altas do estado do Amazonas, por iniciativa de indústrias de aniagem, trazendo um novo rumo para o desenvolvimento desta atividade (Homma, 1998).

De acordo com dogmas de Noda (2010), por muitos anos a juticultura representou a principal atividade econômica no Amazonas, especialmente nas décadas de 70 e 80, com cerca de 25.000 produtores, sendo um trabalho basicamente familiar.

Ferreira (2016) explana que amplos projetos implementados pelo governo militar entre os anos 1966 e 1970 fortaleceram a agroindústria da juta (*C. capsularis*) na região, mas também foram responsáveis pela sua derrocada no estado. A abertura de amplos eixos rodoviários culminou em ampliação da fronteira agrícola, acarretando uma significativa redução no número de produtores que migraram das áreas de várzea em direção às de terra firme. O mesmo autor ainda esclarece que outra importante realização governamental da época influenciou na atração de produtores para outras atividades, tendo efeito devastador para a produção das fibras: a instauração da Zona Franca de Manaus. A consolidação das atividades da Zona Franca ocasionou o êxodo rural em larga escala em direção à cidade de Manaus e para as sedes dos Municípios, acarretando a diminuição do número de produtores, e consequentemente a redução da produção de fibra no estado do Amazonas (Ferreira, 2016). Além disso, Homma (1998) esclarece que na década de 60, ocorreram grandes transformações tecnológicas, popularizando a sacaria de plástico que se tornou uma grande concorrente para a produção de juta.

Ademais, Ferreira (2016) ressalta que o desenvolvimento do setor industrial na região demandava uma grande quantidade de fibras, o que ocasionou um desacerto com a produção do pequeno produtor rural que mantinha os processos de trabalho obsoletos desde a década de 30. O compasso de produção rudimentar não foi capaz de acompanhar a demanda das

fábricas, o que resultou no retorno espesso da importação de fibras asiáticas a partir da década de 70, prática que havia desaparecido até a primeira metade da década de 60, recomeçando a partir de 1966 a importar da Índia e de outros países asiáticos.

O cultivo da juta (*Corchorus capsularis*) no Amazonas teve um declínio a partir da década de 80 e no decorrer da década de 90 a produção de juta quase se extinguiu (Ferreira, 2016). Conforme o que assinala o autor, a partir do período em que se iniciou a baixa produção de fibra de juta, a produção de fibras na região não apresentou mais desenvolvimento expressivo, permanecendo entre oscilações decrescentes. O autor esclarece ainda que a baixa produção de fibras no estado do Amazonas está relacionada a diversos fatores, no entanto um elemento se sobressai como preponderante: a não modernização do sistema produtivo. Além disso, há os entraves relacionados às particularidades das condições de várzeas, onde os movimentos das águas são razões determinantes para a amplitude das perdas da produção.

Pelas palavras de Homma (1998), há um outro impedimento importante na produção da juta desde a sua aclimação em 1934, que é a produção de sementes. A lavoura das fibras dependia dessas sementes, as quais eram produzidas nos municípios paraenses de Alenquer, Monte Alegre e Santarém, concentrando-se a posteriori, somente no primeiro. Os japoneses modificaram o sistema de plantação, centralizando a produção de sementes nas terras firmes de Alenquer por não ser possível finalizar o ciclo vegetativo nas áreas de várzea, considerando que o corte das hastes das fibras coincide com o período de cheias e com os solos férteis daquele município. Maciel (2015) garante que o Amazonas não dispunha de campos destinados para a produção desse insumo, motivo pelo qual tornou-se necessário importar as sementes do estado do Pará. Homma (1998) destaca que a crise na produção da juta sempre teve relação com o descompasso com a produção de sementes em Alenquer, o que gerou muitos conflitos de natureza política entre Pará e Amazonas.

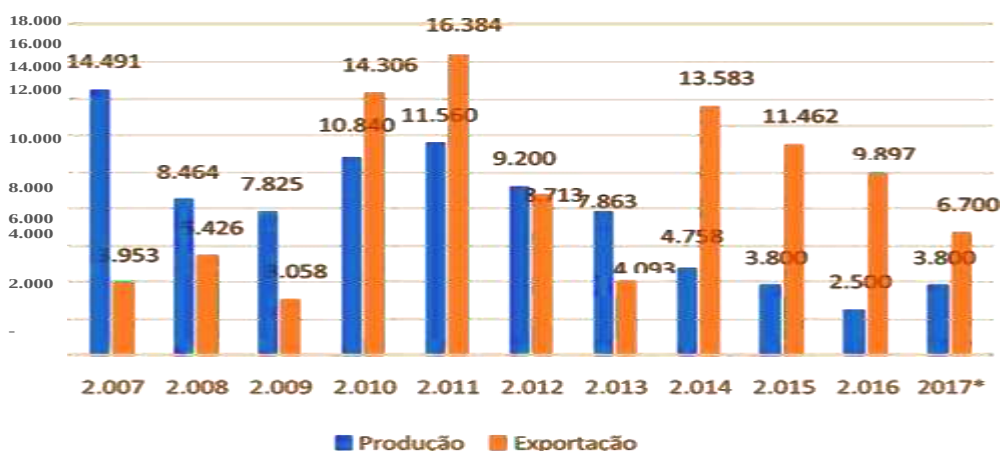
A economia da juticultura, segundo Benchimol (2010, p. 835), foi a primeira experiência de agronegócio amazônica bem sucedida, que iniciou no ano de 1937, quando da aclimação da juta (*C. capsularis*) pelos colonos japoneses ligados à Companhia Industrial Amazonense (Amazônia Sangyo Kabushiki Kaisha), com o plantio da juta com sementes procedentes de São Paulo e do Japão, na Vila Amazônia, comunidade ribeirinha do Município de Parintins, difundindo-se rapidamente nas pequenas e médias propriedades familiar dos agricultores do Baixo e Médio Amazonas, povoando as várzeas de Alenquer, Óbidos, Santarém, Oriximiná, Parintins, Urucurituba, Urucará, Barreirinha, Itacoatiara, Manaus e Manacapuru.

As dificuldades pela aquisição das sementes de juta oriundas do Pará, fizeram surgir o cultivo da Malva (herbácea da família *Malvaceae*), que desenvolveu em terra firme na zona Guajarina e Bragantina, chegando a atingir o cultivo nas margens do Médio Amazonas.

No período de 1937 a 1973, segundo Benchimol (2010) foram produzidas 50.000 toneladas, totalizando uma área plantada de 58.306 hectares nos Estados do Amazonas e Pará, correspondendo a uma produção estimada de 1.067 kg/ha. Acrescentando ao processo de agricultura da juta e malva o apoio governamental desde 1976, através da extensão do crédito rural, garantia dos preços mínimos, distribuição das sementes, facilidade de comercialização e o processo de industrialização pelas fábricas de tecelagem instaladas nas cidades de Manaus, Parintins, Santarém e Belém contribuíram para a democratização desse setor de agroindústria para os mais de 40 mil agricultores.

Com vistas a fomentar a plantação da juta (*C. capsularis*) no estado do Amazonas, ações ordenadas começaram a ser realizadas a partir de atos do governo do Estado, fornecendo aos agricultores locais a concessão de incentivos da juticultura. A partir do ano de 2003, a Secretaria de Produção Rural – SEPROR deu início a um processo de distribuição gratuita de sementes de juta para fomentar a produção, diminuir os custos e aumentar a renda dos produtores por meio do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do estado do Amazonas – IDAM. Conforme esclarecimento dado pela revista Pará Industrial (2020) e embora a cultura da fibra no estado do Amazonas esteja submetida à disponibilidade das sementes provenientes do Pará, onde o mesmo possui o selo verde atestado pela certificadora BCS, que avaliza que os produtos de juta sejam compatíveis com as normas da agricultura e os tona de alta qualidade, Soares (2015), assegura que tais ações governamentais citadas acima se tornaram componente desestruturador da cadeia de intermediação, haja vista os produtores terem, a partir de então, a oportunidade de adquirir sementes de maneira gratuita e de qualidade, sem necessariamente lidar com atravessadores.

Salienta-se que o decreto 24.196 de 29 de abril de 2004 prevê pagamento de subvenção econômica aos produtores de juta pelo Governo do Amazonas. Essa subvenção age como um complemento do valor comercializado previamente pelo agricultor com a finalidade de fomentar a produção de juta (*C. capsularis*) no Amazonas (Soares, 2015). Conforme mostra gráfico abaixo, pode-se verificar que o Brasil importou da Ásia, com base realizada até outubro de 2017, uma grande quantidade de fibra de juta e malva devido ao não avanço de aposta concreta regional e nacional nessa cultura.

Gráfico 01 – juta e malva – produção (fibra) x importação (complexo) t

Fonte: Conab/IDAM AM/IFIBRAM PA – Importação: MDIC/AliceWeb

Soares (2015) explica que atualmente a produção de juta (*C. capsularis*) no Estado do Amazonas está dividida entre onze municípios. São eles: Anamã, Anori, Beruri, Caapiranga, Coari, Codajás, Iranduba, Manacapuru, Manaquiri, Itacoatiara e Parintins. Segundo os dados mais recentes da CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, a safra de produção amazonense em 2015 foi de 2,9 mil toneladas e teria previsão de 2.500 toneladas para o ano de 2016.

Cabe mencionar ainda que de acordo com o que asseveram Noda (2010) e Silva e Fraxe (2012) o processo produtivo da juta (*C. capsularis*) é caracterizado pelo trabalho manual, com auxílio de poucos instrumentos. É desmembrado por etapas, e ainda é feito de maneira rudimentar, com pouca ou nenhuma inserção de aparato tecnológico ou transformações significativas mesmo após oito décadas de história. Os autores explicam que esse tipo de agricultura é familiar, na qual o núcleo da família participa do trabalho, sendo o homem o chefe e organizador do processo, podendo contar ainda com a participação de vizinhos ou parentes através de ajuda mútua. Silva (2013) postula que nos períodos em que a demanda está alta, os trabalhadores desenvolvem suas atividades de segunda a domingo com tempo insuficiente para descanso.

Do mesmo modo, Souza (2008) relata que a cadeia produtiva da fibra vegetal de juta (*C. capsularis*) na Amazônia, diante das características regionais, assume as conotações de resolução socioeconômica e geopolítica relevantes, ao ater o indivíduo à terra, dando-lhe condições de emprego e renda, sem desconsiderar, ser uma atividade com desmedida responsabilidade ambiental. O mesmo autor nos diz que a importação de fibra de juta da Ásia, por si só, é difícil contê-la, pois como nos países do continente asiático, especificamente Índia

e Bangladesh, existe uma enorme parcela de pessoas pobres e desempregadas, além do emprego de menores de idade nesse tipo de atividade. Acrescido a isso, está o fato de que nesses países, o empregado não é protegido por leis trabalhistas. São fatores que tornam o trabalho barato, reduzindo os custos da produção, lançando-se no mercado internacional a preços competitivos.

A juticultura possui muitos aspectos característicos que serão apresentados adequadamente no tópico de resultados desta pesquisa. Por ora, além de identificar as principais características da cultura de juta, se faz necessária uma concepção um pouco mais abrangente sobre as raízes e *modus vivendi* das pessoas envolvidas no processo para compreender o cultivo de juta de maneira mais contextualizado, elementos importantes sobre os quais o próximo tópico versará.

1.2 Comunidades tradicionais: a identidade juticultora da Amazônia

“Há povos na Amazônia”. É partindo dessa asseveração que Ranciaro (2014) explica que embora possa parecer óbvio que a Amazônia é habitada, o imaginário nacional ainda representa a região como uma imensidão de verde intocado.

De acordo com o que afirmam Veríssimo e Pereira (2014), o processo histórico de ocupação na Amazônia acontece quando imigrantes asiáticos chegaram à região há mais de 14 mil anos. Essas populações passaram a ocupar o mesmo ambiente e ter a agricultura como principal atividade de subsistência. Nesse contexto, várias sociedades nativas complexas emergiram, tendo habitado na região Amazônica antes da chegada dos portugueses, manejando a natureza de acordo com suas necessidades.

Concluso o século XIX, a borracha passou a ser o principal produto na economia da Amazônia e do Brasil, tendo seu auge entre 1879 e 1912 segundo o que assinalam Veríssimo e Pereira (2014). É sabido que nesse período de grandes riquezas para a Amazônia, ela também amargou o seu declínio quando um botânico inglês chamado Henry Wickham foi acusado de ter contrabandeado aproximadamente 70 mil sementes de seringueira da região de Belém (Brasil) para a Inglaterra, o que culminou na derrocada e fim do monopólio da borracha pela região amazônica brasileira. As referidas autoras asseveram ainda que após a crise da borracha, o extrativismo e a agricultura de subsistência voltaram a ser práticas da população da região, composta principalmente por indivíduos oriundos da miscigenação entre índios, brancos e negros: os ribeirinhos da Amazônia.

Igualmente, a compreensão sobre a origem e características dos povos ribeirinhos,

Wagley (1988) explica que a cultura brasileira é resultado de uma combinação das tradições europeias trazidas pelos portugueses, dos subsídios culturais trazidos pelos africanos e dos padrões culturais indígenas. No entanto, o autor afirma que na Amazônia, a herança indígena prevalece em suas tradições e costumes. As influências são facilmente perceptíveis no *modus vivendi*, nas crenças, na alimentação e na religião das pessoas. Conforme Monteiro (1981 *et al.*, 2007), durante o ciclo da borracha no século XIX, vários nordestinos migraram para a região da Amazônia. Com o declínio do ciclo da borracha em torno de 1920, os seringueiros, caboclos e descendentes de etnias diversas iniciaram um processo de migração para a margem dos rios, constituindo-se assim, as conhecidas comunidades ribeirinhas. Lira e Chaves (2016), enfatizam que a Amazônia brasileira é povoada por uma vasta diversidade de grupamentos étnicos e populações tradicionais, cujas constituições foram construídas historicamente por meio dos diversos processos de colonização aos quais foram submetidos.

Mendonça *et al.* (2007) defendem a concepção dos fatos acima mencionados ao afirmarem que o mosaico cultural amazônico é organizado por valores, crenças e modos de vida tradicionais que são o fio condutor da sua disposição social pautada nos conhecimentos, práticas e uso dos recursos naturais das florestas, rios e lagos. Muito se debate acerca de quais critérios determinam as populações tradicionais de maneira mais adequada. O autor comenta que as comunidades tradicionais possuem algumas características que as distinguem das demais populações. A primeira delas diz respeito a relação simbiótica que esses sujeitos estabelecem com a natureza e seus ciclos, bem como com os recursos naturais renováveis que determinam suas práticas cotidianas. São possuidores de informações sobre a natureza, transmitidas de pai para filho, formulando conseqüentemente táticas para o uso e manejo dos recursos naturais com base nos ciclos inerentes da região em que estão inseridos.

Diegues (2008) ressalta a importância das práticas de subsistência das comunidades tradicionais que possuem reduzida acumulação de capital, ainda que possa haver relação de mercado. Outras importantes características dessas comunidades são: o forte vínculo familiar para atividades econômicas, sociais e culturais e a forte presença do imaginário local associado a mitos e lendas em relação a práticas extrativistas de caça e pesca. Ademais, as tecnologias utilizadas por esses sujeitos são rudimentares, oferecendo pouco impacto ambiental. No que tange ao regime de trabalho, prevalece o artesanal, sendo o produtor e sua família que desempenham todo o processo de produção. Além disso, os sujeitos integrantes dessas comunidades, frequentemente, possuem pouca representatividade política. E ainda de acordo com o que assinala o autor, o reconhecer-se como parte de um determinado grupo social

é critério indispensável para caracterizar uma cultura ou população tradicional.

Em consonância com o que postula Diegues (2008), Arruda (1999) explana que essas comunidades são caracterizadas por um modelo próprio de ocupação espacial e de uso dos recursos naturais com a finalidade principal de obter meios para subsistência. Esses grupos não possuem articulação com o mercado e sua organização de trabalho é caracterizada pela participação familiar. O autor comenta ainda que as tecnologias empregadas são de baixo impacto e provêm, essencialmente, de conhecimentos transmitidos de geração para geração. Eles são caiçaras, ribeirinhos, seringueiros, quilombolas, entre outros grupos humanos que reproduzem historicamente seus *modus vivendi* marcado pela cooperação entre pares e sua forma peculiar de relação com a natureza.

Conforme o que explicam Fraxe e Vargas (2013), os ribeirinhos são aqueles que residem nas margens dos rios, estabelecendo uma profunda conexão com o ambiente local. Nesse contexto, os rios se configuram como apoio de sobrevivência desses sujeitos, considerando que os rios são o seu transporte e dele se tem o alimento através da pesca. Silva (2017) descreve que é nas áreas de várzea que os ribeirinhos habitam, constituindo pequenas comunidades à beira-rio em casas feitas de madeira tipo palafita. A autora explica que tanto a água quanto a terra são indispensáveis para o trabalho dos ribeirinhos, que é basicamente voltado para a subsistência. As atividades de trabalho, por sua vez, incluem: a pesca, a agricultura, a extração de produtos florestais, a caça, pequenos comércios, entre outros. O que há de comum em todas essas atividades é que todas elas são mediadas pela relação do ribeirinho com a natureza. Corroborando, Lira e Chaves (2016) esclarecem que a dinâmica produtiva nas comunidades ribeirinhas é pautada por uma relação de respeito ao meio ambiente. Nessas comunidades, os sujeitos utilizam-se de seus saberes tradicionais historicamente construídos, instituindo relações diversas com a natureza e recursos da região.

Witkoski (2007) complementarmente afirma que a enchente e a cheia são os períodos de fertilização da terra, ao passo que a vazante e a seca proporcionam as condições ideais para que a terra esteja em satisfatórias condições de manejo. Nesse cenário, o ribeirinho desenvolveu os mais variados comportamentos adaptativos para lidar com o caráter instável e peculiar das áreas de várzea. O autor elucida que o manejo dos recursos naturais que engloba terra, floresta e água, culmina em uma coordenação simultânea de outros cultivos agrícolas: criação de animais, extrativismo, entre outros, com o objetivo de complementar sua produtividade. Essa combinação de atividades propicia ao ribeirinho a manutenção da vida nas áreas de várzeas que obedecem ao ciclo natural de enchentes, cheias, vazantes e secas. Os

ribeirinhos estabelecem uma relação de cooperação e métodos de ajuda mútua como parceria ou mutirão para as prestações laborais. Essas relações se dão através da confiabilidade recíproca entre contíguos, não sendo imperioso o vínculo formal. Os acordos se dão de modo verbal, com o objetivo de processar a produção em menor tempo possível (Fraxe, 2004). Noda (2010) relata que essas formas de ajuda mútua sempre se fizeram presentes no contexto de trabalho rural no Brasil. No entanto, na Amazônia, especificamente, a cadeia étnica culminou na construção de uma forma original da organização do trabalho do ribeirinho, especificamente. Para Fraxe (2000), essas relações de ajuda mútua refletem as necessidades econômicas dos ribeirinhos e só são possíveis através de profundos sentimentos de pertencer a um grupo familiar. A ajuda recíproca figura, portanto, como um artifício coletivo que mobiliza sujeitos de maneira voluntária para prestar auxílio. A retribuição é obrigatória, a família que recebeu ajuda deverá prestar ajuda juntamente com os demais às famílias que necessitarem.

Wagley (1988) já indicava para termos pressa de se pensar em transformações por melhores condições de vida, melhor regime alimentar e acesso à educação de qualidade para o povo ribeirinho. Porém, no que tange aos modos de vida e trabalho dos ribeirinhos, a literatura recente aponta, fundamentalmente, as mesmas situações de precariedade. Silva (2016) explica que numerosas comunidades vivem em áreas rurais de difícil acesso, com infraestrutura insuficiente em serviços públicos, de saúde, educação e saneamento básico. Outrossim, Silva (2017) assinala que os ribeirinhos são acometidos por inúmeros problemas de saúde e muitos deles não são alfabetizados. O acesso à assistência médica é quase que inexistente e em situações de necessidade dos serviços, os ribeirinhos precisam se deslocar até postos de saúde em municípios distantes, após longas horas em barcos ou canoas. Esse cenário reflete a invisibilidade das populações rurais da Amazônia perante o estado, conforme postula Silva (2016). O autor esclarece que a dificuldade de acesso a bens e serviços acabam por retirar os ribeirinhos do contexto dos processos decisórios regionais.

Ranciaro (2014) reforça essa situação ao afirmar que os problemas a seguir são uma constante na vida e no trabalho dos ribeirinhos: dificuldades de intermediação de seus produtos agrícolas no mercado e baixo poder aquisitivo que impedem os ribeirinhos se locomoverem e arcarem com despesas em casos de doença, o que culmina geralmente em óbitos.

Silva (2017) comenta a necessidade de políticas públicas que possam atender às demandas dos ribeirinhos, e é preciso trazê-los para o centro dos debates com a finalidade de obter melhoria da qualidade de vida desses sujeitos. Ranciaro (2014) sugere, por fim, que a

realidade social dos ribeirinhos destacada nesse tópico pode ser desvelada através de uma análise político-econômica: os gastos das arrecadações de impostos nem sempre contemplam os fins desejados pela população, sendo esse o elemento chave que demarca a gravidade das injustiças sociais, tanto no campo quanto nas cidades.

Ainda convém explicar que o cultivo desta fibra no estado do Amazonas, além dos benefícios citados, ainda concorrerá para, não só integrar como qualificar a mão de obra local, aprimorando cada vez mais as habilidades do ribeirinho, o que sem dúvida alguma é uma das grandes necessidades para atender a luta que esse povo trava diariamente, com intuito de aumentar a sua renda per capita e buscar melhor qualidade de vida.

1.3 Estudos contemporâneos

Pode-se citar nesta pesquisa, que nos últimos dez anos, foram realizadas análises que privilegiaram o contexto da cultura de juta (*Corchorus capsularis*) na Amazônia. Destacam-se os estudos de Santos (2018), Silva (2013), Bentes (2015), Castro (2015), Maciel (2015), Soares (2015), Carvalho e Almeida (2016), Ferreira (2016), Ferreira e Leão (2017), Alencar (2018), Costa Filho (2018) e Silvan (2018). Levando em consideração os últimos 10 anos, é possível mencionar ainda as pesquisas de Moreira (2008), Paiva (2009), Ferreira (2009 e 2016), Noda (2010), Araújo (2012), Silva e Fraxe (2012) e Santos (2018). As pesquisas abordaram perspectivas distintas associadas à cultura de juta (*C. capsularis*) no Amazonas, entre elas, as seguintes: Desenvolvimento rural, relações de trabalho, reprodução material e simbólica da vida do produtor, Avaliação de políticas para produção das fibras, sustentabilidade, entre outros. As pesquisas mencionadas, em sua maioria, apresentaram um resgate histórico da cadeia de produção de juta (*C. capsularis*) no Brasil e no estado do Amazonas, algumas delas avançando no detalhamento do processo produtivo da juta (*C. capsularis*), destacando algumas das principais dificuldades relacionadas ao trabalho do juiticultor.

Algumas das pesquisas destacadas ofereceram resultados de grande relevância a serem respeitados neste estudo. Santos (2018) buscou em seu trabalho investigar e compreender algumas relações que organizam e orientam a prospecção da cadeia produtiva da juta (*C. capsularis*), a fim de obter informações que auxiliem na busca de uma conclusão quanto à identificação de medidas necessárias que apoiem sua manutenção ou a conclusão de que caminha para a extinção no Amazonas. Ferreira (2009) procurou em seu trabalho abordar a vida material e simbólica dos juiticultores, através do labor e da vida ativa. O labor com esta

fibra diz respeito à sobrevivência, objetiva e subjetivamente, física e simbólica, essencialmente objetivando a sustentação da vida e, por consequência, a comercialização do produto. A vida ativa, por sua vez, diz respeito à comercialização propriamente dita, da fibra convertida em produto final. O autor esclarece que neste momento ocorre uma extensão da degradação que se iniciou com todo o processo deletério de produção desta fibra, considerando que na comercialização os juticultores se encontram em situação de subalternidade à dinâmica do capital. O autor explica que a deterioração se intensifica devido ao fato de que os produtores são o elo mais inerte de toda a cadeia produtiva, cuja característica fundamental é o monopólio das ações. A degradação que antes era física, passa então a ser moral. Ferreira (2009) conclui, portanto, que esse ciclo poderia se romper se houvessem ações para acesso de novas tecnologias sociais que atenuassem ou eliminassem o processo insalubre de cultivo das fibras no Amazonas. O autor sugere ainda que a criação de políticas públicas reguladoras do processo produtivo e dos preços de comercialização do produto poderiam ser boas aliadas para a diminuição da degradação física e moral envolvida no cultivo.

Corroborando, o estudo de Araújo (2012) enfatiza o olhar sobre a necessidade de se pensar em políticas públicas voltadas para a produção de fibras no estado. A autora teve por objetivo ponderar as políticas do estado do Amazonas retornadas para este segmento, e como resultados, identificou a ausência de políticas públicas e de estratégias competitivas a longo prazo, ausência de investimentos nas áreas de pesquisa e infraestrutura, além de financiamento inadequado e ausência de apoio na organização social dos produtores.

A pesquisa de Silva e Fraxe (2012) teve por objetivo fomentar a discussão acerca do processo produtivo de juta a partir de uma perspectiva sustentável. As nobres autoras apontam que o que está em voga são os debates acerca de como majorar a produtividade deste segmento, além de novidades tecnológicas e melhorias nas relações técnicas de produção. No entanto, as autoras aclaram que os produtores seguem à revelia das decisões governamentais, além de estarem inseridos em um cenário de exploração e desigualdade.

Silva (2013) propõe um olhar para o processo produtivo de juta a partir de uma perspectiva de espécie. O estudo teve por alvo a relação das mulheres com o processo produtivo de juta (*C. capsularis*) através da história. A autora pontua que as mulheres sempre estiveram envolvidas com a cultura desta fibra e explica que o reconhecimento de seu trabalho esteve invisível nas pesquisas ao longo de todas estas décadas. No entanto, as falas de muitos produtores demonstram o valor que o trabalho destas mulheres possui para a produção da fibra. A autora reforça os resultados encontrados pelos pesquisadores anteriores e reafirma a

necessidade de se desenvolverem políticas públicas de incentivo à produção local, de autonomia da população, em especial às mulheres jutilcutoras. Este processo emancipatório se faz necessário para que as produtoras estejam em condições de negociar e se articular politicamente para que possam buscar, além da garantia de seus direitos, melhorias de condições de trabalho e de vida.

Soares (2015) procurou em seu estudo compreender a analogia entre as políticas públicas de desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade das cooperativas de Manacapuru, município do estado do Amazonas. Os resultados desta pesquisa atestam que é imperioso o contínuo aprimoramento das políticas públicas para dar suporte aos produtores, quer seja através de assistência técnica por parte de órgãos governamentais, quer seja através de condições mais flexíveis de acesso ao crédito, melhoria do valor da subvenção econômica, incentivo tributário e garantias previdenciárias dos trabalhadores.

Por fim, mas não menos importante, dentre as pesquisas acima mencionadas, uma merece destaque especial por focar a perspectiva subjetiva do trabalhador na cultura de juta (*C. capsularis*), a de Silvan (2018). O pesquisador recomenda em sua tese uma análise das estratégias adotadas pelos jutilcutores no município de Parintins/AM para superar as condições de trabalho nas várzeas amazônicas denominadas por ele como precárias, alaistrando um olhar crítico sobre o tema. Os resultados desta pesquisa assinalam que a lógica de produção do trabalhador da juta (*C. capsularis*) está baseada por ações precisas e opressivas, executadas no contexto do sistema financeiro do aviamento, sistema esse que será devidamente discutido no tópico de resultados. Os efeitos da pesquisa de Silvan (2018) apontam ainda para um reconhecimento efetivo de que a “superexploração predatória do trabalho rural na Amazônia” foi uma constante no trabalho de juta, o que culminou em angústia dos jutilcutores que hoje convivem com doenças e sequelas decorrentes de anos de trabalho sob condições insalubres.

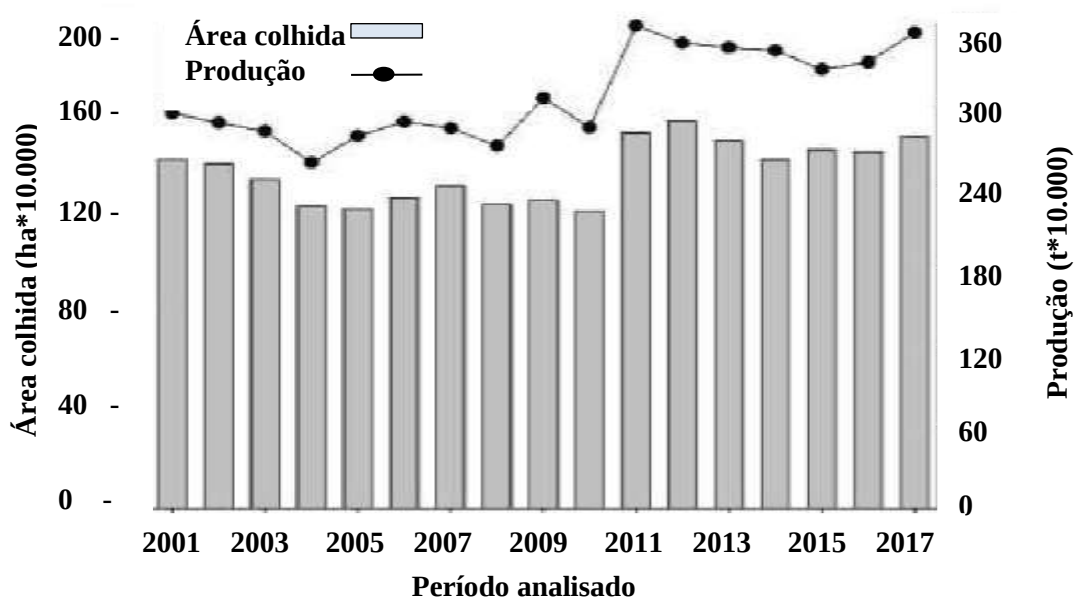
O que há de comum na maioria dos estudos avaliados é a urgência em fomentar a discussão a respeito da implementação de políticas públicas voltadas para a cultura de juta (*C. capsularis*). Os achados dos estudos apontam ainda que o que se observa é uma categoria de trabalhadores pouco articulada politicamente, que se encontra às margens das decisões governamentais, cujas máximas implicações incidem sobre si próprios. Segundo o que apontam as pesquisas, estes jutilcutores encontram-se envolto em circunstâncias de exploração, muito embora sejam detentores dos meios de produção. Sobre isso, Siqueira (2013) assevera que é imperativo que haja a desconstrução e a compreensão, tanto das relações

socioprofissionais quanto das relações de poder em um cenário para o desenvolvimento da autonomia. O autor explica que a mobilização coletiva é imprescindível rumo a emancipação. Sendo assim, conclui-se que é emergencial que sejam desenvolvidas mais pesquisas que possam dar conta de compreender aspectos da dimensão subjetiva do produtor de fibra em relação ao seu trabalho, de modo a fomentar discussões e incitar a proposição de estratégias em prol da aquisição de autonomia e emancipação individual e coletiva destes jaticultores.

1.4 Panorama comercial internacional e nacional da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*)

É plausível explicar através de dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2018) que, entre os anos 2001 e 2017, houveram variações dos fatores: produção (24,52%); área colhida (10,04%) e produtividade (11,77%) de juta (*C. capsularis*) no mundo (Gráfico 2). Na lista da FAO, 18 países participam da produção mundial de juta, onde o continente asiático foi responsável por 99,74% da produtividade, tendo proeminência a Índia e Bangladesh que juntos somam 98,07% do plantio mundial.

Gráfico 2: Série histórica de produção internacional de juta (*Corchorus capsularis*).



Fonte: FAO (2018)

Em avaliação feita por Fagundes (2012) para produção mundial de juta (*C. capsularis*) ocorreu uma diminuição de 8,7 % entre 1996/97 e 2001/02, passando de 2.741,30 t para 2.501,00 t em 2001/02. Fazendo uma análise utilizando o banco de dados disponibilizados pela FAO (2019), a produção de 2001 apresenta um valor de 2.932.839 t passando para um

total de 3.530.816 t em 2017. Esse tipo de divergência entre informações está ligado a base utilizada e suas atualizações.

Tabela 1 - Produção, área colhida e produtividade mundial, continental e brasileira de juta (*Corchorus capsularis*).

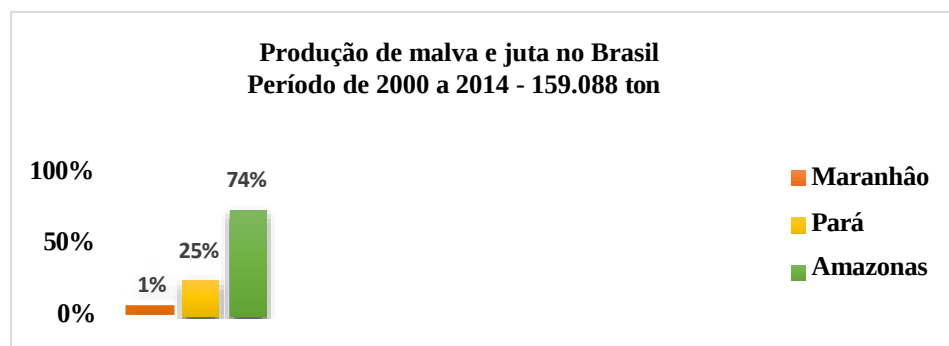
Região	Produção (t)		Área colhida (ha)		Produtividade (t/ha)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Mundo	3.311.153	3.530.816	1.469.800	1.531.576	2,36	2,39
Ásia	3.301.802	3.521.690	1.463.874	1.525.728	3,13	3,19
África	8.694	8.611	5.479	5.500	1,13	1,14
Américas	657	515	447	348	1,42	1,41
Brasil	106	42	94	35	1,13	1,20

Fonte de dados: IBGE (2019)

No Brasil, o cultivo se reúne na região norte tendo destaque para os estados do Amazonas e do Pará, sendo que somente no ano de 2017 o Amazonas representou a produtividade total do país (Tabela 1). Esse valor ressalta com a cotação obtida por Fagundes (2012) em sua avaliação para juta (*Corchorus capsularis*) no estado, tendo o período de análise decorrido de 1990 a 2002, onde neste período de tempo obteve o valor de 1,8 t ha⁻¹.

Esse fator de oscilação é mencionado por Soares (1966) quando relata as questões inerentes aos problemas de financiamento para ampliação dos campos de jiticultura. No entanto, é possível notar uma evolução no mercado, visto que desde o ano de 2011 a produção de juta (*Corchorus capsularis*) no Brasil vinha em uma constante queda, oriunda da competição com as fibras sintéticas, a importação e a falta de estrutura da cadeia produtiva sendo uma das principais causas deste fenômeno (CONAB, 2019). No período do ano de 2000 até 2014 foram produzidas 159.088 toneladas de fibras de malva e juta no Brasil, dos quais o Estado do Amazonas produziu 74 %, o Pará 25 % e o Maranhão 1 %, conforme demonstrado no Gráfico 03.

Gráfico 03 - Produção Malva e juta no Brasil (2000 a 2014).



Fonte de dados IDAM, CONAB (2015)

Contudo, a crescente demanda brasileira por sacaria de juta e malva pelos agentes econômicos das cadeias do café, batata, cebola e outros, vêm sendo suprida com importações de fibra *in natura* e com volumes crescentes de fios e tecidos, conforme demonstrado abaixo.

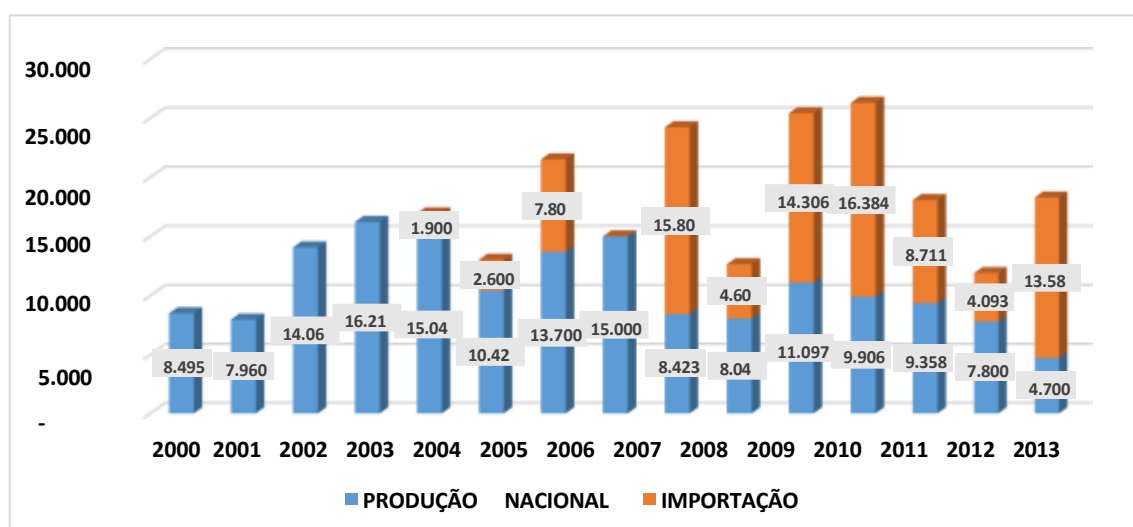
Tabela 2 - malva e juta importadas (2010 a 2014).

PRODUTO	Ano 2010	Ano 2011	Ano 2012	Ano 2013	Ano 2014
Tecidos	34.272	226.801	128.383	56.286	2.673.264
Sacaria	363.780	2.083.700	117.896	84.316	2.594
FIBRA	10.568.320	8.263.663	3.491.841	1.504.005	5.821.543
Fios simples/ torcidos	3.339.931	5.810.214	4.973.254	2.448.721	5.085.685
TOTAL (toneladas)	14.306.303	16.384.378	8.711.374	4.093.328	13.583.086

Fonte de dados: MDCI/Secex, CONAB (2015)

No gráfico 04, elaborado a partir de dados da CONAB (2015), demonstra a evolução em toneladas das importações de fibras vegetais, e desde o ano de 2006, a quantidade importada é superior a produzida nacionalmente, o que implica na redução da capacidade produtiva das fibras de juta e malva no Brasil.

Gráfico 04 - Produção Nacional e Importação (2000 a 2014).



Fonte de dados: CONAB (2015)

No ano de 2005 a produção foi de 10.421 toneladas, registrando uma queda de 30,7% em relação ao ano de 2004, quando foi produzido 15.045 toneladas.

A baixa na produção da safra 2004/2005 é explicada pela CONAB, em decorrência dos seguintes fatores:

- Condições climáticas desfavoráveis, com ocorrência de enchentes nas bacias hidrográficas da região amazônica e consequente perdas de lavouras;
- Atraso das empresas de aniagem em sinalizar que atuariam no mercado adquirindo

fibras (estavam abastecidas de matéria-prima), bem como a que preço;

- Dificuldade do produtor em comercializar sua fibra pós-colheita;
- Perdas de produtividade resultante do corte prematuro das plantas e qualidade das sementes.

A inépcia nacional em suprir a demanda, repercutiu nas importações de fibras e manufaturados em 2005, segundo a CONAB (2007), efetuados pelas indústrias nacionais alcançaram 2,6 mil toneladas, ao custo de 2,1 milhões de dólares, internalizados através dos seguintes produtos: fios, 86,9 %; tecidos, 9,2 % e sacos, 3,9 %. A importação no ano de 2005, foi amenizado pela atuação da produção nacional de fibras em 2003 e 2004, que obteve cerca de 16,218 mil toneladas e 15,045 mil toneladas, respectivamente, consentindo que as indústrias de aniagem recompusessem seus estoques de matéria-prima.

No ano de 2006, a produção de fibras atingiu 13.700 toneladas, 31,46 % maior que a de 2005, segundo a CONAB (2007), essa célere recuperação na produção foi decorrente do retorno dos fatores climáticos à sua normalidade, propiciando o retorno do cultivo nas várzeas e o aumento na área disponível para o plantio, para a qual houve a disponibilidade de 163 toneladas de sementes de malva e juta.

Não obstante, a produção nacional no ano de 2006 não foi suficiente para atender a demanda nacional, estimada pela CONAB (2007) em cerca de 21.500 toneladas, sendo complementada pela importação de 7.800 toneladas de fibras de malva e juta.

Em 2007, a produção nacional atingiu 15.000 toneladas contra 8.423 toneladas produzidas em 2008, o que significou um declínio na produção nacional de 43,84 %, consequência de fatores climáticos desfavoráveis à produção, o elevado índice de 15,80 % de produtos importados de fibra, os preços baixos comercializados com os agricultores de malva e juta e a baixa capacidade dos produtores de se beneficiarem de linha de crédito, face à elevada informalidade e inadimplência do setor.

No ano de 2011, o Brasil importou, cerca de 16,384 mil toneladas de fibras de países como a Bangladesh e Índia, segundo a CONAB (2012), correspondendo a 62 % do consumo nacional, atendido parcialmente com uma produção nacional de 9.906 toneladas de fibras de malva e juta.

Desde de 2011 a 2014, houve sucessivas quedas na produção nacional das fibras de malva (*Urena lobbata*, linn) e juta (*Corchorus capsularis*), em 2014 a produção brasileira representou 36 % do consumo interno, enquanto as importações supriram 64 %, totalizando 13,5 mil toneladas de produtos importados (tecidos, sacarias, fios e fibra), o que segundo

dados da CONAB (2013) resultou no dispêndio de US\$ 13,7 milhões de divisas, recursos financeiro que saem do Brasil com destino aos países fornecedores, como a Índia e Bangladesh, proporcionando benefícios econômicos e sociais.

Segundo Naves (2015), no ano de 2014, a produção foi baixa no Brasil devido aos seguintes fatores: escassa oferta de sementes, alto índice de inadimplência dos produtores com linhas de créditos, fatores climáticos desfavoráveis como as enchentes dos rios, e a redução na capacidade das cooperativas em adquirir maiores volumes produzidos pelos produtores, esse fator foi agravado no ano de 2013, pela perda de mais de 700 toneladas no acidente ocorrido no armazém da COOMAPEM.

O presente panorama nacional demonstra um déficit entre o consumo industrial, face às demandas crescente das cadeias de café, cebola e outras; e a insuficiente produção nacional, resultando na necessidade de elevar o volume de importações de fibra e fios de malva e juta, o que impacta de forma negativa sobre os fatores social e econômico da cadeia produtiva da malva e juta.

Do ponto de vista geopolítico e da macroeconomia brasileira, Naves (2015) ressalta que o país ao se tornar um importador metódico de fibra e de subprodutos manufaturados, eleva os gastos de divisas em detrimento da produção, emprego e renda de milhares de brasileiros que encontram na produção da malva e juta a principal fonte de renda.

Outra ação importante vinda do governo do estado do Amazonas, que favorece imensamente a aquisição das sementes de malva e juta é o crédito rural concedido através do PROINSUMOS (2015), criado pela lei nº 3.805 de 30 de agosto de 2012, o Programa de Incentivos ao Uso de Insumos Agropecuários, Semoventes, Máquinas e Equipamentos Agrícolas e Produtos Extrativos, tem a finalidade de aumentar os níveis de produção e produtividade e rendimento econômico das atividades do setor primário, com ênfase na utilização de corretivo de solos fertilizantes, defensivos, sementes e mudas, ração, medicamentos, vacinas, animais de pequeno e médio porte e máquinas e equipamentos agrícolas, agroindustriais, pesca artesanal e aquicultura.

Desta forma, o IDAM é responsável pela prestação da Assistência Técnica e atividades de Extensão Rural necessárias ao Programa PROINSUMOS cujos beneficiários são: agricultores familiares, produtores rurais de pequeno e médio porte, extrativistas, aquicultores, pescadores, associações, cooperativas, ou condomínios devidamente legalizados. Sendo operacionalizado, principalmente, por intermédio de Termo de Convênio celebrado entre a Secretaria de Estado de Produção Rural e a Agência de Fomento do Estado do Amazonas.

Considerando a participação das cooperativas e indústrias na aquisição e distribuição de sementes de malva e juta aos agricultores em parceria com a Secretaria de Estado da Produção Rural e o IDAM, a tabela abaixo representa o quantitativo de: famílias, sementes distribuídas, área plantada, colheita por safra, produtores e valores pagos pela subvenção do Estado.

Tabela 3 - Cadeia Produtiva juta / malva - Distribuição de sementes.

SAFRA	N. FAMÍLIAS	N. DE PROD/SUBVENÇÃO	SEMENTE DISTRIBUIDA (KG)	ARÉA PLANTADA (ha)	SAFRA (KG)	% de Safra
2009/2010	2.500	700	86.736	4.704	7.794.412	19%
2010/2011	3.100	895	127.200	8.655	8.165.942	20%
2011/2012	3.200	1016	186.810	12.384	7.074.650	18%
2012/2013	4.500	1200	140.500	9.800	11.571.000	29%
2013/2014	869	940	61.700	3.085	5.435.492	14%
TOTAL	14.169	4751	602.946	38.628	40.041.497	100%

Fonte: ADS, IDAM 2014

Na tabela 3 é possível notar, que no período de 2010 a 2014 foram distribuídas no Amazonas 602.946 kg de sementes, que resultou na lavoura de mais de 40.000 toneladas de fibras de malva e juta, com benefício direto de 4.751 jaticultores com a subvenção econômica e o benefício indireto de 14.169 famílias envolvidas na agricultura da juta e malva no Amazonas, a produção evoluiu no período de 2010 a 2013, com queda acentuada no ano de 2014.

A obtenção das sementes por indústrias e cooperativas envolve o custo da compra, através de recurso financeiro próprio, ou através de crédito rural, além do custo com a logística para a distribuição das sementes, tais custos influenciam no valor final do quilo da fibra. Para este fim, o Governo do estado do Amazonas tem apoiado os jaticultores por meio de medidas como o aumento da subvenção de fibra comercializada e o fornecimento de sementes mediante parcerias com empresas da indústria têxtil.

1.5 Fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*)

Entre as fibras naturais, a fibra de juta (*Corchorus capsularis*) é a que proporciona no mercado brasileiro a configuração necessária para o presente estudo. Esta é uma das maiores fontes de fibras lignocelulósicas. Esta fibra foi introduzida no Brasil entre os anos de 1950 e 1980, nos estados do Amazonas, Pará e São Paulo, sendo esses atualmente os principais cultivadores da planta. A planta de juta tem uma haste vertical com folhas, e cresce em clima

quente e úmido, principalmente em áreas onde existe alta precipitação pluviométrica (Satyanarayana, 2007; Jahan, 2016; Mansourian, 2016). É uma das fibras naturais mais baratas e de maior produção da China, Índia e Bangladesh sendo conhecida como a fibra dourada (Ramesh, 2017; Rathore, 2017).

A juta pertence ao gênero *Corchorus*, família *Tiliaceae*, sendo obtida a partir do caule da planta, que é derivada da região amazônica. Essas plantas levam quase 3 meses para crescer e podem alcançar cerca de 2,5 a 3,5 metros de altura (Bisaria, 2015; Ramesh, 2017). A fibra em questão apresenta rendimento de duas toneladas de fibras por hectare, sendo uma das fibras mais acessíveis (Fiore, 2017).

A juta (*C. capsularis*) é uma erva lenhosa que alcança a altura de 3 a 4 metros. Seu talo possui um diâmetro aproximadamente de 20 milímetros que cresce em climas umedecidos e tropicais. O semeio na Amazônia, varia em função do regime dos rios e do clima. O florescimento das plantas ocorre de 4 a 5 meses após o semeio e a colheita é imediata (Shokrieh, 2017).

A fibra útil fica entre a casca e o talo interno e a extração é feita pelo processo de maceração após o corte rente ao solo com o uso de ferramentas de corte e a retirada da folhagem. Após esses procedimentos os feixes de plantas são colocados em água corrente ou parada com a finalidade de ocorrer o processo de amolecimento da casca. Para a obtenção de uma fibra de boa qualidade o comprimento médio deve estar em torno de 3,20 metros de haste e caule e devem ser cortados tão logo a flor murche (Adrian, 2018).

A alta temperatura da região de cultivo propicia uma rápida fermentação do caule, permitindo a maceração entre 8 e 10 dias após a imersão dos feixes. Após esse procedimento a fibra é retirada, seca e empacotada para o transporte. O comprimento das células elementares da juta é de 0,80 mm e o diâmetro varia de 0,01 a 0,03 mm (Paulo, 2015).

A composição química da juta varia em função do tipo de solo em que ocorre o cultivo, e a fibra de juta, o qual é uma fibra vegetal tradicionalmente usada para se fazer cordas e sacos, obtida das hastes da planta (*C. capsularis*), tendo o seu comprimento uma variação de 200 a 1500 mm, sendo composta de 58-63 % de celulose, 21-24 % hemicelulose e 12-14 % de lignina (Jun, 2017).

A fibra em análise possui celulose e apresentam na sua composição a lignina e hemicelulose é isto possibilita uma excelente propriedade mecânica, possuindo alta resistência a tração, o que faz com que tenha uma ótima atuação como reforço de matriz polimérica (Nandakumar, 2017).

As fibras vegetais têm uma grande vantagem devido ao seu baixo custo, alta disponibilidade, baixa densidade, alta resistência, por ser um recurso renovável e pela facilidade de ser trabalhada com ferramentas de processamento. O baixo custo e a facilidade de encontrar a fibra, sendo, um destes materiais promissores nesta nova indústria que tende a ter destaque economicamente e ambientalmente (Adriano, 2017). Na figura 01 está a fotografia de uma plantação de juta (*Corchorus capsularis*) e a primeira etapa do processamento.

Figura 01 – Plantação de juta (*Corchorus capsularis*).



Fonte: Jonilson Lima (2022)

De acordo com Ferreira (2016), a extração da fibra ocorre a partir da planta *Corchorus capsularis*, através das seguintes etapas: corte, maceração, trituração, secagem, classificação e embalagem. A maceração biológica é o processo utilizado para a remoção das fibras da planta (Bisaria, 2015; Ferreira, 2016; Jahan, 2016, Ramesh, 2017).

Figura 02 - Caules de juta (*C. capsularis*) sendo macerados em água para separar as fibras.



Fonte: Jonilson Lima (2022)

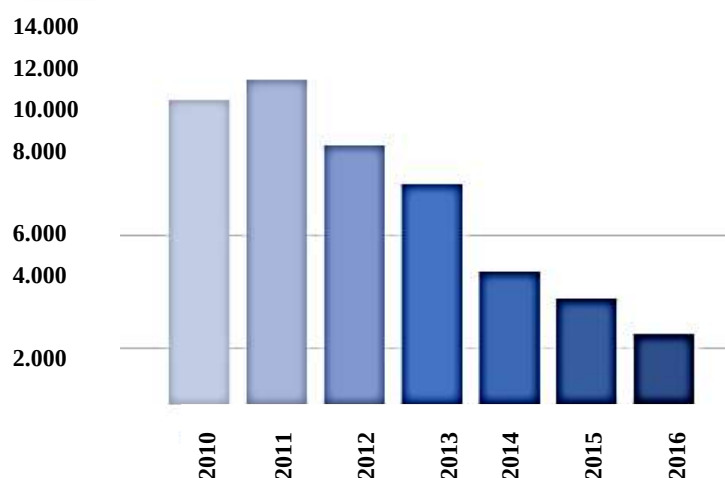
O processo de maceração consiste em imergir os feixes de juta em água, conforme nos mostra a Figura 02. Este processo requer de 14 a 28 dias para degradar a pectina, hemicelulose

e lignina. O processo de maceração afeta diretamente a qualidade e o custo da fibra produzida (Jahan, 2016).

Ramesh (2017) comenta que muitos defeitos estão presentes na superfície e no volume da fibra, enquanto outros são produzidos durante o crescimento da planta. O processo de corte, por exemplo, também pode causar defeitos interferindo na resistência mecânica desta fibra.

Com relação à disponibilidade das fibras, de acordo com dados informados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-PAM/2017) indicam que o estado do Amazonas hoje é o maior produtor de juta e malva do país com praticamente 100 % da produção nacional. Até a produção de 2015 esse posto era dividido com o estado do Pará, como pode-se observar no gráfico 05 abaixo.

Gráfico 05 - Produção de fibra vegetal de juta (*C. capsularis*).



Fonte: FAO e Conab/Mercado (20015)

Em 2015, a produção nacional de juta e malva foi de 3,8 mil toneladas que, comparando-se às 4,7 mil toneladas produzidas na safra 2014, observa-se uma queda de 20 % na produção. Em 2016, com base no volume de sementes já distribuídas e plantadas, estimou-se uma produção de cerca de 2,5 mil toneladas. Esses dados indicam uma tendência de queda. Nas décadas de 70 e 80 tal produção era de 90 mil toneladas, todavia, desde o início dos anos 1990 a produção tem apresentado forte tendência de queda. A competição com as fibras sintéticas, a importação e a falta de estrutura da cadeia produtiva são as principais causas.

Na produção mundial, segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2018), os principais produtores destas fibras são Índia, Bangladesh e China até o ano de 2016. O Brasil encontra-se dentro do grupo dos 10 principais produtores de fibras do mundo, onde ocupa a 10ª posição. No gráfico 05 pode-se observar a queda na produção

brasileira a partir de 2012, em relação aos demais anos. Em 2017, a produção chegou a apenas 42 t.

Apesar desta redução na produção nacional, as fibras são de suma importância para a região amazônica. Uma vez que são aplicadas em pequena escala no artesanato e larga produção de sacarias para armazenamento de grãos. Assim contribuem para a economia no interior do estado (Cavalcante, 2017).

1.6 Particularidades da fibra de juta (*Corchorus capsularis*)

1.6.1 Propriedades Mecânicas

As características macroscópicas de maior interesse, no estudo das fibras, são aquelas interrelacionadas com o comportamento dos compósitos resultantes. A resistência a tração e o módulo de elasticidade são propriedades das fibras que exercem influência direta no desempenho onde a fibra é aplicada. Segundo Isaias (2007) a elevada resistência das fibras é função da reduzida seção transversal que reduz a possibilidade de ocorrer efeitos de composição; e o elevado módulo de elasticidade das fibras permite que elas atuem como reforço por apresentarem elevado nível de tensão no momento de ruptura da matriz. Assim, costumam ser de interesse as seguintes propriedades físicas e mecânicas de algumas fibras vegetais (Agopyan, 1991; Needles, 2001):

Densidade: A densidade refere-se a um certo grau da natureza do empacotamento molecular, cristalinidade, e o alinhamento molecular na fibra.

Módulo de elasticidade: As fibras vegetais por apresentar módulos baixos, mas associados a compósitos servem devido a sua elevada absorção de energia e resistência a esforços dinâmicos.

Tabela 04 - Valores de propriedades mecânicas das fibras em geral.

FIBRA	DENSIDADE (G/CM ³)	ALONGAMENTO (%)	RESISTENCIA A TRAÇÃO (MPA)	MODULO DE ELASTICIDADE (GPA)
Coco	1,2	30,0	175	4,0 - 6,0
Algodão	1,5 - 1,6	7,0 - 8,0	287 - 597	5,5 - 12,6
Juta	1,3 - 1,5	1,5 - 1,8	393-773	26,5
Linho	1,5	2,7 - 3,2	345 - 1035	27,6
Rami	***	3,6 - 3,8	400 - 938	61,4 – 128
Sisal	1,5	2,0 - 2,5	511 - 635	9,4 - 22,0

Fonte: Bledzki e Gassan (1999), Ramesh, Palanikumar e Reddy (2013)

1.6.2 Estrutura da fibra de juta (*Corchorus capsularis*)

As fibras podem ser classificadas, de acordo com a sua composição química, em

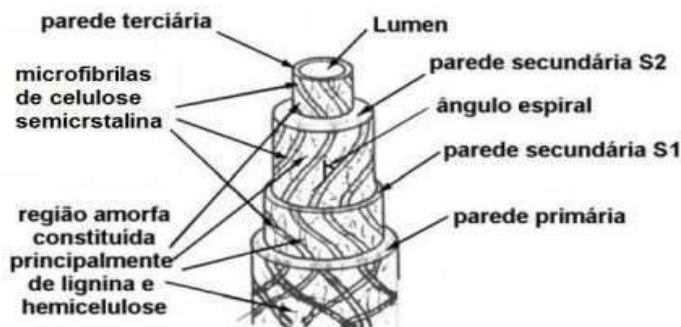
orgânicas e inorgânicas, e subdividas entre naturais e artificiais. Como fibras naturais orgânicas, temos as fibras vegetais (provenientes da celulose) (Silva, 2002).

As fibras são classificadas em três grandes categorias, de acordo com a origem: vegetal, animal e mineral. Dentre estas, as fibras vegetais podem ser classificadas segundo sua extração, do floema (caule), da semente ou das folhas (Jawaid; Khalil, 2011; Codispoti *et al.*, 2015).

Estes materiais são considerados como um conjunto de filamentos, formando microfibrilas e unidas por substâncias químicas orgânicas não cristalinas ou semicristalinas. As substâncias químicas conferem propriedades cristalinas à parede celular e são circundadas por matrizes de hemicelulose e lignina. As fibras lignocelulósicas são denominadas dessa maneira devido a maior presença dos componentes químicos celulose e lignina. As microfibrilas de celulose estão alinhadas ao longo do comprimento da fibra (Jawaid; Khalil, 2011; Rathore; Pradhan, 2017).

Cada camada das células ou fibras individuais é formada basicamente por microfibrilas de celulose semicristalinas, circundadas por uma matriz de hemicelulose e lignina. As microfibrilas têm diâmetro de cerca de $10\text{-}30\mu\text{m}$ e são responsáveis por dar a resistência mecânica às fibras. A matriz de hemicelulose é ligada por pontes de hidrogênio com as microfibrilas de celulose formando uma rede tridimensional. Já a lignina, forma outra rede que se intercala tridimensionalmente com a rede de hemicelulose e microfibrilas, e ajuda na rigidez da parede da célula (Silva, 2003; Mohanty; Misra; Drzal, 2005; Vincent, 2000).

As células da fibra têm de $10\mu\text{m}$ a $25\mu\text{m}$ de diâmetro e, segundo Coutts (1990) são compostas por quatro camadas de microfibrilas conforme a Figura 03: parede primária, mais externa, de estrutura reticulada, (ii) camada secundária S1, de estrutura também reticulada, (iii) camada secundária S2, em que as microfibrilas estão orientadas segundo o ângulo θ , com relação ao eixo longitudinal da célula, em espiral e (iv) camada S3, mais interna, também com as microfibrilas em forma de espiral. A camada S2 é a de maior espessura e também de maior teor de celulose. No interior da célula, há uma cavidade central de seção elíptica, com dimensão de $5\mu\text{m}$ a $10\mu\text{m}$, denominada lúmen.

Figura 03 - Estrutura da fibra natural.

Fonte: Coutts (1990).

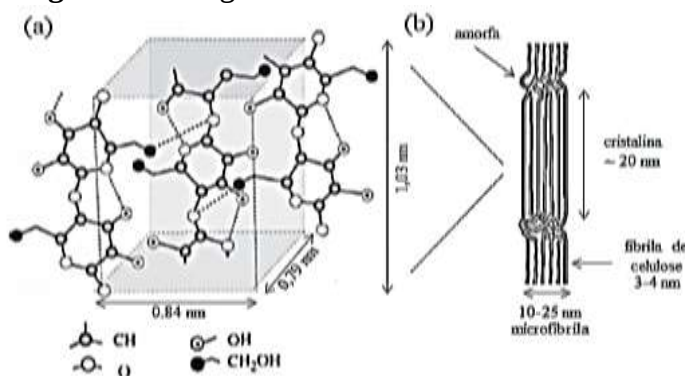
1.7 Composição das fibras lignocelulósicas

A composição química principal das fibras é representada por: celulose, hemicelulose e lignina, ainda apresentam os seguintes componentes: cera e pectina, e em menores quantidades, açúcares e proteínas de amido (Yan *et al.*, 2016).

1.7.1 Celulose

A celulose é o elemento orgânico mais resistente e mais forte da fibra, compõe de 40% a 50 % de todas as plantas, é insolúvel na água, álcool, éter, ácidos e álcalis diluídos, estando presente nas paredes secundárias das células vegetais. As microfibrilas constroem fibrilas, e, consequentemente células celulósicas, conferindo à celulose alta resistência à tração, grande afinidade com a água, e capacidade de absorver a umidade do ambiente (Klock, *et al.* 2005).

Consiste em um homopolissacarídeo linear com fórmula química geral ($C_6H_{10}O_5$). Igual a grau de polimerização de glucose, onde as suas microfibrilas são unidas por glicose (monômero) e a sua unidade de repetição é denominada de celobiose (dímero de glicose) (Razera, 2006; Alves, 2011; Souza, 2015). A rede de microfibrilas de celulose contém regiões cristalinas, intercaladas por regiões amorfas, como ilustra a Figura 04.

Figura 04 – Região amorfa e cristalina da celulose

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2016)

A celulose é também considerada um polissacarídeo semicristalino, com uma grande quantidade de grupo hidroxilo, conferindo natureza hidrofílica à fibra natural. Quando utilizada para reforçar matrizes hidrofóbicas, o resultado é uma interface muito pobre e uma má resistência à absorção de umidade (Yan *et al.*, 2014).

O grau de polimerização da celulose, no caso de fibras lignocelulósicas, é de aproximadamente 10.000 unidades de glucopirranose. Existem quatro diferentes tipos de celulose: as celuloses do tipo I, II, III e IV, que possuem a capacidade de conversão entre elas. A celulose do tipo I, celulose nativa, pode ocorrer na forma I α e I β , a primeira é encontrada em algas e bactérias, e a segunda em plantas e árvores, se diferem em termos de células unitárias, respectivamente sendo triclinicas e monoclinicas, ambas são densamente compactadas e dispostas em folhas. A celulose tipo II, é raramente encontrada na natureza, porém, através de tratamentos, como a mercerização em hidróxido de sódio aquoso, se consegue converter, a celulose tipo I na celulose tipo II, esta última é termodinamicamente mais estável, e de maior relevância técnica. A celulose do tipo III é obtida através do tratamento com aplicação de amônia, e com a sua modificação, converte-se em celulose do tipo IV (Souza, 2015).

1.7.2 Hemicelulose

A hemicelulose está fortemente ligada às fibrilas de celulose, presumivelmente através de ligações de hidrogênio. Os polímeros hemicelulósicos são ramificados, completamente amorfos, e têm um peso molecular significativamente menor do que a celulose. Devido à sua estrutura aberta, contendo muitos grupos hidroxilo e acetilo, a hemicelulose é parcialmente solúvel em água e higroscópica. A hemicelulose, diferentemente da celulose, exibe um grau considerável de ramificações de corrente, contendo grupos laterais pendentes, dando origem à sua natureza não cristalina, enquanto a celulose se apresenta como um polímero, de forma mais linear (Yan *et al.*, 2014).

A hemicelulose, ao se combinar com a celulose, se transforma em holocelulose, que conjuntamente com outros polissacarídeos, é a celulose das madeiras, a diferenciação da hemicelulose, com a celulose, é que a última possui mais unidades de açúcares, entre cinco a seis átomos de carbono (Dias *et al.*, 2013).

Estão sempre associadas à lignina e a celulose, localizadas em toda a parede celular, mais precisamente nas camadas S1 e S3, e são chamadas de polioses, que são polissacarídeos, de baixa massa molecular, sua adesão a celulose se dá através de ligações de hidrogênio,

basicamente, toda planta que contém lignina, também contém hemicelulose (Klock *et al.*, 2005).

Enquanto a celulose, como substância química, contém exclusivamente a D-Glucose (glicose), as hemiceluloses podem apresentar variadas unidades de açúcares como β -D-xilose, β -D-manose, β -D-glucose, α -L-arabinose, α -D-galactose, ácido β -D galactourônico, ácido α -D-4-O metilglucurônico (Razera, 2006; Souza, 2015).

A maioria das hemiceluloses, possui um grau de polimerização, na faixa de 50 a 300, bastante inferior ao da celulose, e devido a esse fato, apresentam pequena contribuição, para a resistência mecânica das fibras. Em meio alcalino, as ligações entre a hemicelulose e lignina são rompidas causando a despolimerização da hemicelulose e o aumento de sua solubilidade, em meio aquoso (souza, 2015).

Tabela 05 - Diferenças estruturais entre celulose e hemicelulose, em relação ao grau de polimerização, cristalização e solubilidade.

DIFERENÇA	CELULOSE	HEMICELULOSE
Formação	Única unidade Manométrica Glucosídica	Várias unidades ligadas entre si (Pentose e Hexose)
Fibras	Forma Fibras	Não forma Fibras
Cristalinidade	Semi cristalina (cristalina e amorfa)	Semi cristalina (cristalina e amorfa)
Ataque por ácidos	Lento	Rápido
Solubilidade em álcali	Insolúvel	Solúvel

Fonte: Klock *et al.* (2005) - Adaptado pelo autor (2023)

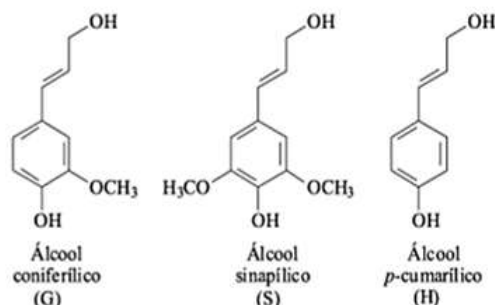
1.7.3 Lignina

A lignina é um polímero amorfo, altamente complexo, principalmente aromático, de unidade de fenil-propano, e possui a menor absorção de água entre os componentes das fibras naturais. Após a celulose, é o material orgânico de origem vegetal mais abundante, constituindo o cimento das plantas e atua como enrijecedor, no interior das fibras, integra cerca de 20 % a 35 % das plantas (Razera, 2006; Souza, 2015; Yan *et al.*, 2014).

Pode ser considerado um polímero tridimensional, servindo como uma espécie de adesivo químico, dentro e entre as fibras. Acredita-se, que a lignina seja formada da condensação de 3 monômeros fenil-propano (álcool cumarílico, álcool coniferílico, álcool sinapílico), sendo assim, a lignina não pode ser considerada como uma única substância química, e, pode ser dividida em dois tipos: a guaiacila e guaiacila-siringila. Na madeira de eucalipto, a lignina é geralmente formada pelas unidades siringila e guaiacila (lignina S-G), enquanto em coníferas é formada por unidades guaiacila e p-hidroxifenila (lignina G-H), nas

gramíneas, a formação da lignina envolve a polimerização dos três tipos de unidades monoméricas (lignina H-G-S) (Alves, 2011; Razena, 2006; Souza, 2015; Yan *et al.*, 2016).

Figura 05 - Monômeros e estruturas poliméricas da lignina.



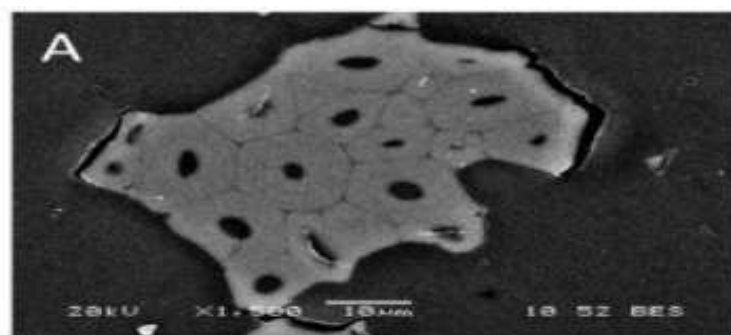
Fonte: Souza (2015)

1.8 Propriedades físicas

A morfologia das fibras vegetais apresenta uma estrutura complexa, porém pode ser dividida em três partes principais: a parede primária, a parede secundária e o lúmen central. A parede secundária é descrita com três subcamadas (S1, S2, S3) onde S2 é predominante (Bourmaud *et al.*, 2018).

De uma forma geral, são formadas pela união de fibrocélulas que são constituídas pelas paredes celulares, lamela e lúmens. Estas paredes são formadas por fibrilas que são ligadas por uma matriz polimérica de lignina e celulose (Cavalcante, 2017). Ao analisar-se a seção transversal pode-se visualizar de forma clara estas fibrocélulas (Figura 06).

Figura 06 - MEV da seção transversal de uma fibra de juta (*C. capsularis*).

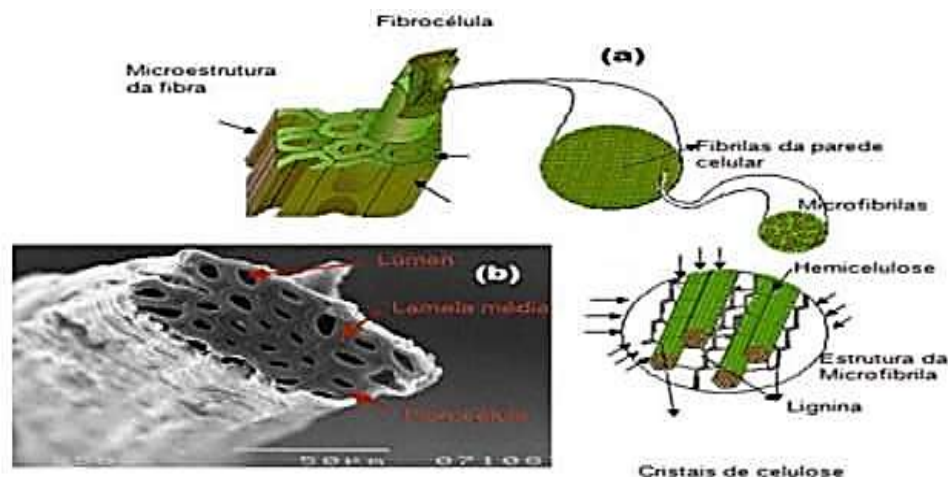


Fonte: Tanguy *et al.*, 2018)

Segundo Melo Filho (2012) quando a morfologia da seção transversal de uma única fibra é observada ao microscópio (MEV), a estrutura da fibrocélula, esquematizada na Figura 07, é vista claramente. Cada fibrocélula tem um diâmetro médio de 10 a 20 μm , com um furo central chamado lúmen, que é responsável pela incidência de poros permeáveis nas fibras, o que acarreta elevada absorção de água e massa específica, este compreende cerca de 10 % da área

da seção transversal da fibrocélula.

Figura 07 - Esquema para a morfologia das fibras.



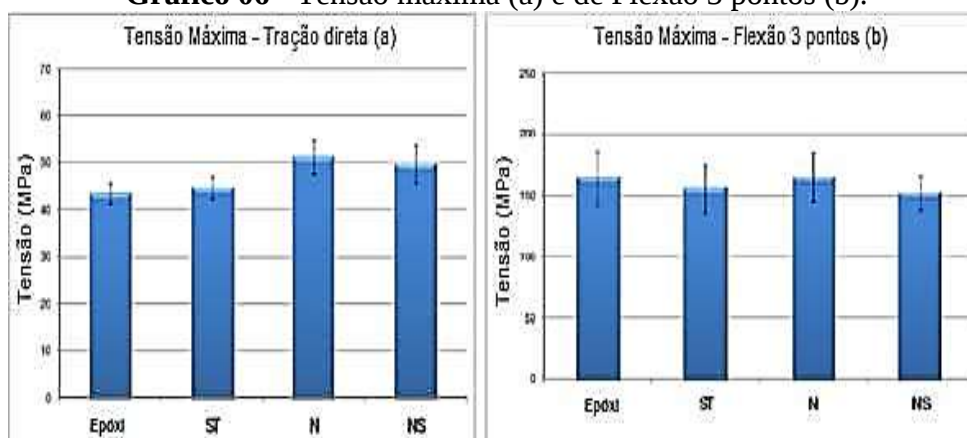
Fonte: (Melo Filho, 2012; Oliveira, 2013)

1.9 Estudos sobre tratamentos de fibra de juta (*Corchorus capsularis*)

Professando os termos de Lima *et al.* (2019), conforme descrito anteriormente, as características das fibras de juta, são específicas para a produção de sacarias, no entanto, estudos voltados para seu tratamento, foram efetuados visando emprego como reforço de compósitos de matrizes poliméricas e cimentícias.

Nesse contexto, Pires *et al.*, (2009) fizeram pesquisas voltadas ao tratamento de superfícies de fibras, para reforço de compósitos com matriz epóxi. As fibras foram modificadas com solução de hidróxido de sódio, que nos gráficos abaixo, são representadas por “N” e com agente silano por “NS”. Os resultados do comportamento mecânico dessa pesquisa são apresentados na mesma figura, onde “ST” corresponde a fibra sem tratamento e “Epóxi” significa matriz sem reforço.

Gráfico 06 - Tensão máxima (a) e de Flexão 3 pontos (b).



Fonte: adaptado de Pires *et al.*, 2009

Com o mesmo propósito, Fidelis (2014) estudou o desenvolvimento e caracterização mecânica de compósitos cimentícios têxteis, reforçados com fibras de juta (*Corchorus capsularis*). No qual, visando proteger as fibras do ataque alcalino, produziu placas com matriz de baixo teor de hidróxido de cálcio e fez tratamento superficial com impregnação de polímero no tecido de juta. Os resultados dos ensaios mecânicos, em compósito reforçado com 3 (três) camadas de tecido, apresentaram comportamento à tração direta com múltipla fissuração, com tensão última de 4,38 MPa e deformação de 3,49 %.

Portela (2016) pesquisou sobre compósito com matriz geopolimérica, tendo como ativadores, hidróxido de potássio e silicato de hidróxido de potássio, misturados a metacaulinita, cimento e areia. O compósito foi reforçado com três camadas de tecido de juta (*C. capsularis*), com o qual, foram produzidas placas, que depois foram cortadas nas medidas de 80 x 350 x 11 mm (largura x comprimento x espessura) para ensaios mecânico de flexão e com as dimensões de 50 mm x 350 mm x 11 mm para os ensaios mecânicos de tração direta. Os resultados apresentaram os respectivos valores de 21,4 MPa e de 1,53 MPa.

Nos estudos de Oliveira (2017), foi realizada a caracterização mecânica de telhas cimentícias reforçadas com duas camadas de tecido de juta (*C. capsularis*) impregnada com resina acrílica. Para tanto, foi desenvolvida uma matriz a base de cimento Portland, o qual, teve substituição parcial por resíduo de tijolo moído, para reduzir o teor do hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 , gerado durante o processo de hidratação do cimento. Os resultados apresentaram valores de tensão máxima de 3,75 MPa na de tração direta e de 15,02 MPa na de tração na flexão. Tratamentos químicos por meio de mercerização, silanização e acetilação, foram utilizados para modificar a estrutura da fibra. Como resultado, as propriedades mecânicas foram melhoradas em função da maior interação interfacial entre a fibra e a matriz polimérica. (Albinante *et al.*, 2013).

A hornificação é um tratamento que modifica e altera a superfície das fibras vegetais, através da aplicação de vários ciclos de secagem/molhagem em sua estrutura. Durante o processo de hornificação, as fibrilas entram em contato uma com as outras, logo após a sua secagem, e as cadeias de polissacarídeos de celulose se agrupam na forma de (empacotamento firme) com a remoção de água (Ballesteros *et al.*, 2015).

Os ciclos de secagem/molhagem levam a perda irreversível da capacidade de retenção de água das fibras. O colapso da fibra vegetal devido a desidratação, não deteriora sua qualidade de resistência mecânica. A redução na capacidade de retenção de água pelas fibras apresenta benefícios, em sua utilização como reforço em matrizes cimentícias. Após a

hornificação as fibras apresentam maior estabilidade dimensional e proporcionam melhor aderência entre a matriz de fibras (Claramunt *et al.*, 2011).

A alteração na resistência mecânica da fibra não é tão acentuada na hornificação, pois, trata-se de um tratamento físico. No entanto, ocorre a redução no comprimento da fibra e diminuição na espessura da parede celular. A eficiência do tratamento de hornificação pode ser avaliado pela redução percentual dos valores de absorção de água das fibras.

O primeiro ciclo de secagem/molhagem já promove um significativo colapso da parede celular da fibra, e após cada ciclo, as fibras sofrem alterações na sua estrutura. A parede celular externa entra em colapso e endurece. Esse endurecimento impede que a fibra tenha a capacidade de se molhar e absorver água por completo acarretando a redução na capacidade de inchamento e absorção de água pela fibra (Cid *et al.*, 2020)

A capacidade de inchamento está relacionada ao fechamento dos poros nas paredes celulares e a perda da flexibilidade das moléculas de celulose. As fibras hornificadas apresentam maior estabilidade dimensional e diminuição dos diâmetros dos lúmens, o que dificulta o preenchimento e formação de produtos hidratados do cimento em seu interior, como por exemplo hidróxido de cálcio, reduzindo a degradação da celulose. (Ferreira *et al.*, 2017). Em geral, o processo de hornificação não altera significativamente o grau de cristalinidade das fibras, entretanto, promove diferenças morfológicas entre as polpas de fibras não tratadas e tratadas (Santos *et al.*, 2016).

A aplicação de 5 ciclos já começa a aprimorar o desempenho mecânico das fibras de vegetais. Até 10 ciclos de hornificação os mecanismos de ligação entre a fibra e a matriz cimentícia se intensificam sem causar deterioração excessiva na fibra (Ferreira *et al.*, 2017).

A descarga corona é um tratamento físico que emprega como meio reacional o ar atmosférico, através da alta voltagem em pontas de eletrodos afiados separados por quartzo a baixa temperatura. A descarga é gerada através de uma alta voltagem com o potencial excedendo o ponto de ruptura do ar, que é da ordem de 26 KV/cm. É o princípio da ionização das moléculas, promovendo sua oxidação. O tratamento de corona é capaz de induzir mudanças 30 químicas e físicas das fibras. Como o aumento da polaridade da superfície (maior concentração de grupos carboxila e hidroxila) e aprimoramento da rugosidade das fibras (Sánchez; Capote; Carrillo, 2019).

O tratamento com plasma é semelhante ao tratamento de descarga com corona, no entanto é utilizado uma câmara de vácuo com gás continuamente para manter a pressão adequada e a composição desse gás utilizado (usualmente gás argônio). O tratamento com

plasma produz hidrofobicidade nas superfícies das fibras e aumenta a aspereza da superfície das fibras, aumentando a adesão interfacial (Pickering; Efendy; Le, 2016).

No momento da mistura de materiais cimentícios com fibras vegetais, as fibras liberam compostos orgânicos (hemicelulose e lignina) por meio da lixiviação. Os açúcares solúveis, desses compostos ligam-se aos íons Ca^{2+} do cimento hidratado. O açúcar das fibras forma uma barreira ou película protetora ao redor do grão anidro de cimento que impede a difusão de água inibindo a formação e o crescimento dos produtos hidratados (Deb *et al.*, 2020).

Os tratamentos químicos alcalinos eliminam a possibilidade de lixiviação de açúcar da fibra e a formação da camada protetora ao redor do grão de cimento. O tratamento alcalino com NaOH na fibra remove as impurezas e os compostos orgânicos dissolvendo-os através da hidrólise de ésteres e aumentando a parcela de celulose da fibra. Consequentemente, as fibrilas tornam-se capazes de se rearranjar ao longo da direção da deformação de tração elevando a propriedade mecânica da fibra, aumentando a área superficial disponível para a ligação fibra/matriz, melhorando o desempenho global do compósito cimentício (Jo; Chakraborty; Lee, 2015).

O hidróxido de sódio (NaOH) altera a orientação da celulose cristalina compactada e forma uma região amorfa, possibilitando a penetração de produtos químicos. Na região amorfa, as moléculas de celulose são separadas e os espaços são preenchidos por água. As hidroxilas (OH) são quebradas pelos álcalis e reagem com as moléculas de água ($\text{H} - \text{OH}$) e saem da estrutura da fibra (Kabir; Wang; Lau; Cardona, 2012).

Devido a isso, os grupos hidroxilas são comprimidos e aumentam a propriedade de resistência à umidade das fibras, tornando a fibra mais uniforme e limpa, devido à proscrição de micro vazios e, assim, melhora a capacidade de transferência de tensão. No entanto, se a concentração de álcali for maior do que a condição ótima, o excesso de deslignificação da fibra ocorre enfraquecendo a fibra. As fibras tratadas têm menor teor de lignina, remoção parcial de cera e materiais de cobertura como óleos e distensão da ordem de celulose cristalina.

A acetilação é um tratamento de modificação química das fibras lignocelulósicas para melhorar as propriedades de estabilidade dimensional, resistência ao biológico ataque e degradação devido à energia ultravioleta. A acetilação melhora a ligação interfacial, resistência à tração e flexão e rigidez do compósito, bem como a estabilidade dimensional, térmica e resistência ao ataque de fungos pelas fibras (Behr *et al.*, 2017; Ouarhim; Zari; Bouhfid; Qaiss, 2019).

Durante a acetilação de fibras naturais, a esterificação ocorre pela reação de grupos

acetila ($\text{CH}_3\text{CO}-$) com grupos hidroxila ($-\text{OH}$) nas fibras resultando em aumento da hidrofobicidade das fibras (Arséne *et al.*, 2013).

Os tratamentos com emprego de silano aumentam a dureza do compósito cimentício com fibras naturais. Os alquiltrialcoxi - silanos R - Si (OR) são utilizados como agentes de acoplamento para melhorar a adesão na entre as fibras vegetais e matrizes poliméricas.

Os grupos alcoxi (OR) permitem que o silano se ligue aos grupos OH superficiais enquanto os grupos alquílicos (R) aumentam a compatibilidade com os compostos orgânicos e aumentam a força de adesão na interface da matriz. Uma vez impregnados na superfície das fibras, os silanos formam uma rede de moléculas de polissiloxano, alteram a morfologia das fibras, causando um aumento de sua porosidade, no entanto, diminuem a absorção de água pelas fibras, uma vez que são comumente usados como repelentes comerciais de água.

Os silanos também são conhecidos pela fórmula química do SiH_4 , derivados do silício, envolve a hidrólise de grupos alcoxi em silano com água para formar grupos silanol ($\text{Si}-\text{OH}$). Silanos são aplicadas como agentes de acoplamento às fibras de vidro, a fim de garantir sua aderência a uma matriz de polímeros, que estabiliza o material composto.

Ligações covalentes estáveis na parede celular são formadas durante a reação e o silanol é quimicamente adsorvido na superfície da fibra. Assim, as cadeias de hidrocarbonetos disponíveis pela aplicação do silano evitarão o inchaço da fibra. O tratamento de silano também contribui para uma ligação mais forte entre a fibra e a matriz, aumentando sua área superficial (Bilba; Arséne, 2008; Pickering; Efendy; Le, 2016; Hamidon *et al.*, 2019).

Os componentes do peróxido de hidrogênio quando aplicado nas fibras vegetais, são responsáveis pela (ação de branqueamento) a cor natural das fibras oxida e ocorre a hidrólise da macromolécula de lignina. A intensidade da hidrólise, bem como o grau de modificação, depende das condições de reação. Outras reações incluem a conversão de grupos fenólicos de lignina em aldeído, carbonil e quinones e, nos casos mais dramáticos, a interrupção dos anéis aromáticos (Arséne *et al.*, 2013).

A lignina presente nas fibras de celulose (Polpa Kraft) é praticamente removida, quando as fibras receberem tratamento de branqueamento com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 5% (Mohr; Askhar; Curtis, 2005). O tratamento com óleos, ceras, resinas e parafinas reduzem a absorção de água (devido a ação repelente) e mantém a resistência à tração da fibra. Juarez *et al.* (2007), aplicaram óleos naturais e parafina em fibras de *agave lechuguilla*, submetendo as mesmas a cinco testes de exposição ambiental. Os testes serviram para simular climas úmidos, das partes central e sul do México; altas temperaturas com climas secos;

ambientes costeiros tropicais; com variações de umidade e temperatura; e altas com concentrações de cloreto.

O tratamento com parafina, manteve a resistência a tração das fibras, mesmo após 1 ano em exposição a ambientes úmidos e alcalinos; e em ambientes carbonatados. As fibras que foram expostas em ambiente não carbonatado, apresentaram diminuição em suas resistências. Com o propósito de fornecer ação repelente a água para a lâminas de cânhamo, Hussain *et al.*, (2018) produziram um revestimento de sol-gel por co-hidrólise e poli condensação de tetraetil ortossilicato (TEOS) e Metiltrietoxissilano (MTES). O revestimento sol-gel causou redução na absorção de água, mas não influenciaram fortemente o comportamento de absorção de umidade da das lâminas de cânhamo.

A espectroscopia de infravermelho transformado de Fourier (FTIR) mostrou que a camada de revestimento de resina atuou como um escudo à penetração de água e o revestimento afetou a distribuição do tamanho dos poros e o volume cumulativo dos poros.

A porosidade geral das lâminas diminuiu com um refinamento no diâmetro dos poros maiores, e com isso a modificação das lâminas de cânhamo pelo revestimento sol-gel pode potencialmente desenvolver compósitos de isolamento térmico sustentáveis com melhores propriedades higrotérmicas.

Kundu *et al.* (2018) trataram fibras de juta com álcali suave (0,5 % NaOH, 24h) e resina de emulsão polimérica diluída (0,125%) borracha de estireno butadieno carboxilada (SBR) sequencialmente. E submeteram as fibras não tratadas e tratadas a 3 tipos de exposições (saturação em cal, saturação em solução de NaOH 0,1 N e em pasta de cimento) por 360 dias seguidos. Após a exposição as fibras foram submetidas à testes de tração direta. Com base nos resultados, A fibra de juta com tratamento de álcali e resina polimérica reteve 17 %, 19 % e 20 % mais resistência à tração em comparação com a fibra de juta sem tratamento após exposição de 360 dias na solução saturada de cal, solução de NaOH e pasta de cimento, respectivamente. A durabilidade melhorada do álcali combinado e da juta modificada com polímero parece ser 33 devido à redução da mineralização da fibra, formando um revestimento protetor de polímero na superfície da fibra, conforme demonstrado por análise em FTIR, DRX, e MEV em conjugação com EDS. A Tabela 06 apresenta a porcentagem dos teores químicos das principais fibras utilizadas, com os respectivos tratamentos e autores.

Tabela 06 – Tratamento e teores químicos das fibras vegetais.

TIPO DE FIBRA	TRATAMENTO	% DE CELULOSE	% DE HEMICELULOSE	% DE LIGNINA	AUTOR/ANO
Polpa Kraft	Não branqueada	65 – 75%	17 – 32%	3 - 8%	Mhor, Ashkar e Curtis (2005)
	branqueada	70 – 80%	20 – 30%	-	
Curaua	Lavadas e secas	58,8 - 78%	19,1 – 23,8%	4 – 14,7%	Ferreira <i>et al</i> (2017) Fidelis (2014) Marques (2015)
Juta	Lavadas e secas	60 – 74,4%	12,8 – 22%	4 – 8,4%	
Sisal	Lavadas e secas	59,5 – 78%	10 – 30%	7 –	
Coco	Lavadas e secas	36 – 58,9%	16,8 – 19%	31 – 45%	Asasutjarit <i>et al</i> (2009), Fidelis (2014), Marques (2015)
	Fervidas (2h) e lavadas	73,45%	19,4%	32,7%	Asasutjarit <i>et al</i> (2009)
	Sem tratamento	68%	16,8%	32,1%	Asasutjarit <i>et al</i> (2009)
Piaçava (<i>Attalea Funifera</i>)	Lavadas e secas	25,6%	12,6%	55,5%	Fidelis (2014)
Bagaço da cana-de-açúcar	Lavadas e secas	41,7 – 56%	17 – 30%	20 – 25%	Torgal e Jalali (2011); Marques (2015)
Sabugos de milho	Não branqueada	40,6%	28%	16%	Souza (2015)
	branqueada	89,3%	4,1%	1,2%	

Fonte: Adaptada pelo autor (2022)

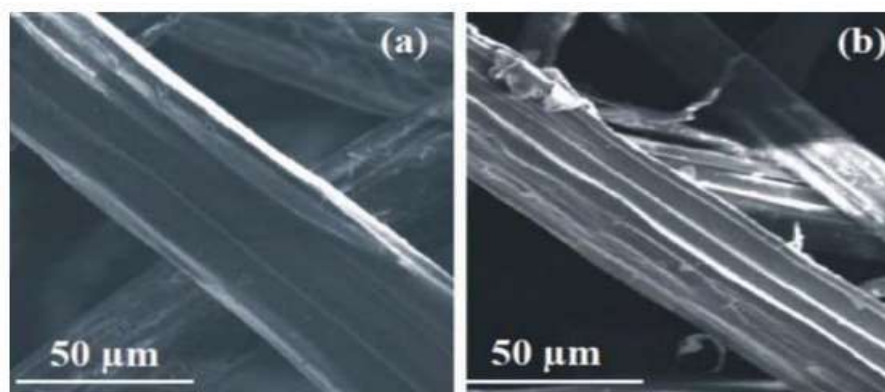
Souza (2015) aplicou o tratamento de branqueamento, nas fibras de sabugo de milho, as fibras foram encharcadas em solução ($1:20 \text{ m}_{\text{fibra}}/\text{v}_{\text{solução}}$) de NaOH (hidróxido de sódio) durante 4 horas a 80 °C, sob agitação mecânica. Após esse período, os componentes solubilizados (hemicelulose e lignina) foram removidos através de lavagem em água destilada. Logo em seguida, as fibras foram branqueadas com o uso de solução de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 5 %, em temperatura de 30 °C, para dissolver, por 3 horas. Por fim, foram lavadas com água destilada até atingir $\text{pH} = 7$. Portanto, fica evidente que os tratamentos químicos, com soluções de hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio, têm como objetivo a mudança das porcentagens dos seus componentes químicos. O quantitativo do teor de celulose de celulose, aumentou mais que o dobro (de 40,6 % para 89,3 %), enquanto os teores hemicelulose diminuíram (de 28,1 % para 4,1 %) e lignina (de 16 % para 1,2 %).

Sendo assim, tratamentos aplicados as fibras podem diminuir os teores de lignina das fibras, tais como: hornificação, aplicação de soluções de NaOH (hidróxido de sódio) e branqueamentos. Estes tratamentos aumentam a rugosidade superficial das fibras; condicionam para uma maior adesão; diminuem a absorção das fibras, pois, as tornam mais hidrofóbicas (Juarez, 2007; Asasutjarit, 2009; Ozerkan, 2013).

A Figura 08 apresenta imagens em MEV de fibras de juta (*Corchorus capsularis*) não tratadas (a) e tratadas (b), com hidróxido de sódio (0,5 %). Pode-se observar um aumento

significativo na fibrilação da fibra de juta e área superficial, comparando as imagens, devido ao tratamento aplicado. Esses fatores melhoram a compatibilidade fibra/matriz.

Figura 08 - MEV da superfície da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) (a) sem tratamento; (b) tratamento 0,5 % NaOH



Fonte: Jo e Chakraborty (2015)

Nesta pesquisa, o tratamento adotado para proteger a fibra de juta (*Corchorus capsularis*), a fim de não sofrer degradação foi a impregnação com resina epóxi, que é a base do sistema, de consistência pastosa, resultante da reação da epicloridrina com o bisfenol A. O endurecedor à base de poliamina decomposto promove melhor adesão com boa resistência térmica, química e mecânica. Apresenta ainda baixa exotermia, possuindo boa solubilização na resina com proporções não críticas, permitindo cura homogênea com boa velocidade e propriedades finais bastante controláveis. A resina também pode ser usada na produção de peças ou onde se necessite um material com baixo escorrimento em laminações com uma boa resistência química e mecânica.

CAPÍTULO II – METODOLOGIA

Neste Capítulo são descritas as características metodológicas da pesquisa quanto à natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos, bem como quanto aos meios da investigação, instrumentos de coleta e tratamento dos dados.

Quanto a natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, uma vez que se baseia em testes laboratoriais com fibras de juta (*Corchorus capsularis*), sendo, portanto, uma pesquisa experimental. Quanto à abordagem é considerada qualiquantitativa.

O programa experimental da pesquisa foi concretizado em duas etapas. Na primeira etapa foi realizada a caracterização da fibra. A caracterização química permitiu verificar e entender a quantificação dos componentes presentes na fibra de juta (*Corchorus capsularis*), como os teores de celulose, extrativos e lignina. A caracterização física da fibra, quanto a estrutura física foi realizada com a determinação de teor de umidade, capacidade de absorção de água, cristalinidade por meio de DRX e de MEV para avaliar os parâmetros microestrutural e geométricos da fibra bem como ensaio de flexão a quatro pontos.

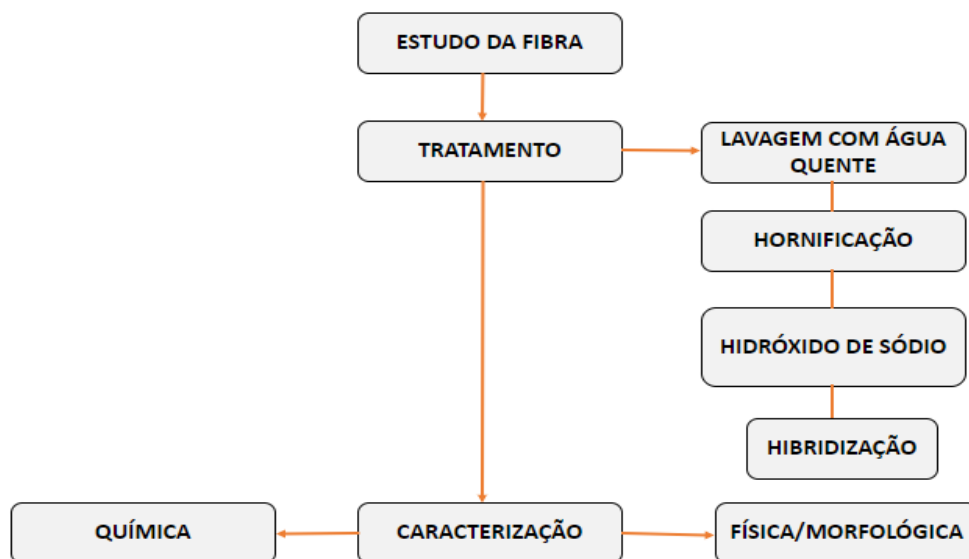
A caracterização química e física foi realizada na fibra sem tratamento. Na segunda etapa, a fibra passou por quatro tratamentos químicos: lavagem a quente; hornificação; solução de hidróxido sódio e hibridização. Os tratamentos aplicados na fibra tiveram por finalidade alterar a estrutura física e química da fibra de juta (*C. capsularis*) de modo a aprimorar a adesão entre fibra e matriz. Todos os procedimentos realizados na primeira etapa podem ser visualizados nos fluxogramas das Figuras 09 e 10.

Figura 09 - Esquema da Metodologia de pesquisa



Fonte: Autor (2023)

Figura 10 - Esquema da Metodologia de pesquisa



Fonte: Autor (2023)

2.1 Coleta e seleção do material utilizado na pesquisa

2.1.1 Fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*)

Nas primeiras etapas de desenvolvimento da pesquisa, realizou-se visita técnica à matriz da empresa Industrial de Juta S/A- JUTAL (Figura 11), localizada no município de Manaus, onde são produzidas as sacarias usando fibras de juta e malva.

Figura 11 - Localização do ponto de coleta da fibra.



Fonte: Google Maps (2022)

Esta empresa atualmente tem agências de compra de fibras de juta e malva em seis municípios do estado do Amazonas, os quais cobrem cerca de dezoito municípios do Estado. Nesta pesquisa, foi coletado e empregado a fibra de juta “*in natura*” proveniente do município de Coari, localizado a 363 km de Manaus, fornecida pela empresa em questão.

2.1.2 Resina Epóxi

A resina adotada nesta tese, para impregnação da fibra de juta (*Corchorus capsularis*), com a finalidade de transformá-la em armadura fibrosa, é a tecbond TIX quartzolit, de fabricação da empresa Saint-Gobain do Brasil Produtos Industriais e para Construção. Trata-se de um colante à base de resina epóxi, bi componente, sem solventes, com alta viscosidade e tempo de pega natural. Também são apresentadas as propriedades e as características técnicas, da resina tecbond TIX quartzolit conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 07 - Propriedades e características técnicas da resina de epóxi.

PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS	PARÂMETROS
Massa específica	2,009 kg/dm ³
Tempo de manuseio (vida útil)	60 minutos à 25° C
Cura inicial e final	24 horas / 7 dias
Temperatura de aplicação	5° à 35° C
Temperatura de serviço	-30° à 70° C
Resistência à compressão 24h	40 Mpa (NBR 5739)
Resistência à compressão 7 dias	50 Mpa (NBR 5739)

Fonte: adaptado de Weber, 2021

2.2 Tratamentos aplicados na fibra de juta (*Corchorus capsularis*)

2.2.1 Tipos de Tratamento

A seguir são detalhados os procedimentos referentes aos tratamentos aplicados nas fibras vegetais do estudo.

2.2.2 Fibras sem tratamento

Foi utilizado a limpeza da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) e seguiu os procedimentos utilizados por Portela (2016), esta limpeza foi efetivada no Laboratório de Pavimentação – (LPAV) na Faculdade de Tecnologia da UFAM, que efetuou ensaios de absorção de água por períodos de

tempo, e a determinação percentual de água absorvida pelas amostras de fibras, por meio de pesagem.

2.2.3 Fibras tratadas

Foram aplicados quatro tratamentos nas fibras: o primeiro chamado lavagem com água quente; o segundo 10 ciclos de secagem e molhagem (hornificação); o terceiro tratamento químico com solução de hidróxido de sódio, e o último tratamento foi a hibridização de tratamentos que consistiu: lavagem com água quente, hornificação, e os químicos com solução de hidróxido de sódio (NaOH) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂).

As fibras com o tratamento de lavagem com água quente passaram por lavagem em água corrente até atingir nível pH = 7, após foram colocadas em água fervescente a 100 °C durante 2 horas, lavadas novamente em água corrente e foram secas em estufa a 60 °C por 24 horas.

O tratamento de hornificação foi realizado através de 10 ciclos de secagem e molhagem, no qual um ciclo se iguala há 9 horas (fibras submersas em água à 23 °C) + 30 minutos (fibras escorrendo na peneira) + 14 horas (fibras secas em estufa à 60 ± 5 °C) + 30 minutos (fibras resfriando a temperatura ambiente) em 24 horas. Por fim foram seladas em sacolas plásticas para concretização dos próximos ensaios.

O tratamento de hidróxido de sódio consistiu em colocar as fibras na solução de hidróxido de sódio (2 mol/L), com proporção de 1/20 (fibra/solução), misturadas homogeneamente por 5 minutos e, em seguida, deixadas por 1 hora.

Após esse período, as fibras foram colocadas em uma caixa com água destilada por 3 minutos na mesma proporção (fibra/água). As fibras foram removidas da água e aplicadas à solução de ácido acético glacial (1 %) para a neutralização por 10 minutos. No final, as fibras foram lavadas em água corrente por 5 minutos e enxaguadas em água destilada até obter um pH= 7 (2 minutos). As fibras foram colocadas na estufa 60 ± 5 °C por 24 horas, aguardando o resfriamento à temperatura ambiente (30 minutos) e depois armazenadas em sacos selados.

O tratamento de hibridização consistiu em uma combinação de todos os tratamentos apresentados acima, com mais um tratamento com a aplicação de solução de peróxido de hidrogênio a 5 %, com a mesma proporção (1/20). As fibras foram misturadas homogeneamente por 5 minutos na solução de peróxido e permaneceram em repouso por 3 horas. Em seguida, as fibras foram colocadas em água destilada por 3 minutos, depois foram lavadas em água corrente, por 5 minutos, e em seguida enxaguadas em água destilada até obter

um pH = 7 (2 minutos). As fibras foram colocadas na estufa a 60 ± 5 °C por 24 horas, aguardando o seu resfriamento à temperatura ambiente (30 minutos) e depois armazenadas em sacos selados.

2.3 Caracterização do material

2.3.1 Caracterização da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*)

Os seguintes ensaios para caracterização da fibra foram realizados: composição química das fibras, teor de umidade, absorção de água, difratometria de raio x (DRX), microscopia da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) e ensaio de flexão.

2.3.2 Composição Química

A caracterização química das fibras sem tratamento foi realizada através dos procedimentos padrões da Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI) para determinar o teor de holocelulose, hemicelulose, alfa-celulose, extrativos e ligninas.

Para a determinação dos teores de celulose foram utilizados os procedimentos da TAPPI- T222 om-88 (TAPPI, 1988) (alfa-celulose) e TAPPI-T 257 cm-85 (TAPPI, 1985) (holocelulose). Os ensaios para a determinação dos teores químicos das fibras (extrativos, lignina, holocelulose e alfa-celulose), foram realizados no laboratório de materiais da Amazônia e compósitos – LAMAC da Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

O procedimento para a determinação do teor de holocelulose foi realizado da seguinte maneira:

Utilizou um Erlenmeyer (500 ml) com 120 ml de água destilada e 3,00 gramas das fibras já passadas na peneira e sem presença de umidade e sem extrativos.

Colocou-se em banho-maria com temperatura a 70 ± 2 °C e acrescentou 2,50 gramas de clorito de sódio (NaClO_2) e 1,00 ml de ácido acético glacial sempre em agitação constante durante 5 minutos. Com novas adições de NaClO_2 e ácido nas mesmas proporções. Esta etapa foi repetida 3 vezes, a cada hora por 3 horas.

A mistura foi resfriada com gelo por 30 minutos, e filtrada para um cadinho. O precipitado foi lavado com 500 ml de água destilada, 20 ml de acetona, e mais uma 500 ml de água destilada. Levando-se o funil para a estufa a 105 ± 2 °C por (24 horas).

O percentual de holocelulose, foi calculado mediante a seguinte a formulação da equação abaixo:

$$\% \text{ Holocelulose} = m_1 / m_2 \times 100 \% \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

m_1 = Massa, em gramas, da holocelulose seca;

m_2 = Massa, em gramas, das fibras secas.

A determinação do teor de alfa-celulose foi realizada da seguinte forma: Pesou-se 1,00 grama da holocelulose seca a temperatura ambiente, adicionou em um béquer 10 ml de solução de NaOH a 17,5 %, deixou agir por 2 minutos. Acrescentou novamente 10 ml de solução de NaOH a 17,5% deixando em repouso por 20 minutos. Acrescentou 40 ml de água destilada realizando a filtração a vácuo em um cadinho. Lavou o resíduo com 500 ml de água destilada, em seguida acondicionou o cadinho em estufa com a temperatura de estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 horas. O percentual de alfa-celulose foi calculado mediante a seguinte a formulação da equação abaixo.

$$\% \text{ alfa - celulose} = m_1 / m_2 \times 100 \% \text{ Onde:} \quad (\text{fórmula 2})$$

m_1 = Massa, em gramas, da alfa-celulose seca;

m_2 = Massa, em gramas, da holocelulose seca.

O teor de hemicelulose foi calculado pela diferença entre os valores de teor de holocelulose e teor de alfa-celulose.

Os teores de extrativos foram realizados por meio da extração por Soxhlet, seguindo o que preconiza a Norma TAPPI T 204 om 88 (TAPPI, 1988).

4,00 gramas das fibras secas em estufa foram adicionadas em um extrator de celulose.

No balão de vidro foi colocado 150 ml do solvente, uma solução de etanol-tolueno (2:1).

Foram realizados 24 refluxos no período de quatro a cinco horas de extração. O balão com solventes e extrativos foi retirado e a solução recuperada até que o volume final do balão estivesse com 20 ml.

O extrativo foi transferido para um recipiente e colocado na estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ por 1 hora, ficando no dessecador por 30 minutos. O percentual de extrativos, foi calculado mediante a seguinte equação.

$$\% \text{ Text} = m_1 - m_2 / m_2 \times 100 \% \text{ Onde:} \quad (\text{fórmula 3})$$

m_1 = Massa, em gramas, da amostra de fibras úmidas; m_2 = Massa, em gramas, da amostra de fibras secas.

A determinação o teor de lignina de Klason, insolúvel seguiu os procedimentos preconizados de acordo com a norma TAPPI 222 om-22 (TAPPI, 2002).

1,00 grama de amostra moída, sem umidade e sem extrativos foi pesada e colocada num almofariz de 300 ml com 17,0 ml de ácido sulfúrico a 72 % (m/m) previamente resfriado em geladeira com a temperatura de 10 °C. Foi realizado 15 agitações e deixado em repouso por 24 horas. Após esse tempo, a mistura foi transferida a um balão de 500 ml, contendo 306 ml de água destilada para diluir o ácido sulfúrico a 4 % e deixado aquecido sob refluxo por 4 horas.

A lignina insolúvel foi filtrada em um cadinho de vidro sintetizado com água destilada até que o pH do filtrado tivesse um pH próximo ao da água.

Deixado a lignina na estufa por 3 horas na estufa a temperatura de 105 ± 2 °C.

O percentual de lignina insolúvel foi calculado mediante a formulação da equação abaixo.

% lignina insolúvel = $m_1 / m_2 \times 100$ % Onde: (fórmula 4)

m_1 = Massa, em gramas, da lignina insolúvel seca;

m_2 = Massa, em gramas, das fibras secas.

2.3.3 Ensaio de Permeabilidade

Esse ensaio, teve a finalidade de verificar se a camada protetora de resina epóxi, impermeabilizou os fios de juta. Neste trabalho, foi empregado o método utilizado por Portela (2016), que efetuou ensaios de absorção de água por períodos de tempo, e a determinação percentual de água absorvida pelas amostras de fibras de juta, por meio de pesagem, conforme a expressão:

Absorção de água (%) = $(Pf - Pi) / Pi \quad \therefore \quad Pf = Pa - Ps$ (fórmula 5)

Onde:

Pf = Peso final após imersão, expresso em g;

Pi = Peso inicial seco, expresso em g;

Ps = Peso do suporte metálico (especifico para o tecido de juta), expresso em g;

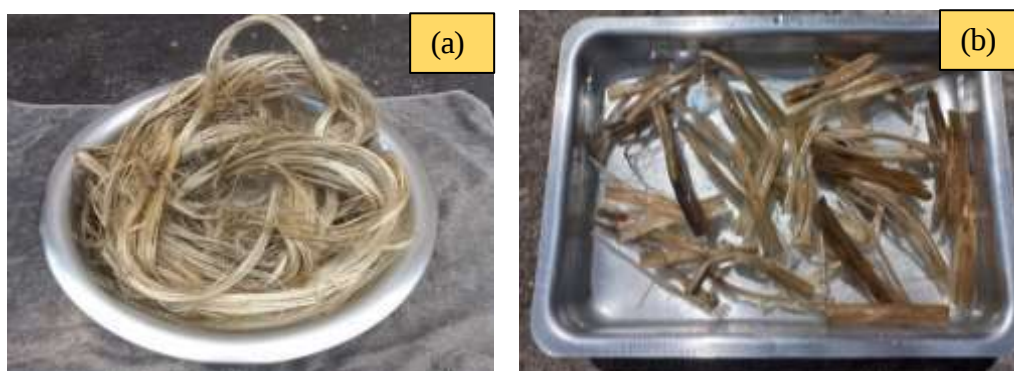
Pa = Peso da amostra + Ps (especifico para o tecido de juta), expresso em g;

Nesta tese, o método referido, foi empregado em duas ocasiões, sendo uma, para determinar o percentual de absorção de água pela fibra de juta (*Corchorus capsularis*), sem impregnação e a outra, para determinar o percentual de água absorvida pela fibra impregnada. A avaliação e a escolha do tempo ideal de absorção de água foram por intermédio de comparações, feitas entre os dois ensaios, o que, foi facilmente identificado graficamente.

Seguindo o método, na primeira parte, foi efetuado o ensaio de absorção de água, pelas

amostras de fibra de juta, que consistiu da imersão das amostras em uma bandeja metálica, contendo água, por um período de tempo de 24 horas. Para facilitar no manuseio das amostras das fibras, quando estivessem molhadas. Este ensaio foi realizado no Laboratório de Pavimentação – (LPAV) na Faculdade de Tecnologia da UFAM, os passos são exibidos abaixo:

Figuras 12a e 12b - Amostras utilizadas para o ensaio de permeabilidade das fibras



Fonte: Autor (2022)

Os procedimentos para os ensaios de absorção de água pelo tecido de juta, estão apresentados a seguir:

- Utilização de 10 (dez) amostras de tecido de juta (*C. capsularis*) *in natura*, medindo 10 cm (medidas em função da bandeja da balança digital).
- Foi efetuado a secagem das amostras em estufa a 60° C, até chegar ao peso constante;
 - As amostras foram retiradas da estufa e resfriadas em um dessecador na temperatura ambiente dos ensaios;
 - Efetuadas as pesagens das 10 amostras após resfriadas;
 - As amostras foram dispostas sobre os suportes metálicos e acondicionadas individualmente, dentro da bandeja de alumínio.
- Despejado água destilada, dentro da bandeja até o cobrimento das 10 (dez) amostras, por um período de tempo de 24 horas;
 - Após transcorridos 24 horas, cada amostra, foi retirada da bandeja, juntamente com seu respectivo suporte metálico, para que, a água escorresse livremente;
 - Para eliminar o excesso de água adsorvidas pela superfície do tecido de juta (*Corchorus capsularis*), foi utilizado, uma flanela umedecida, para fazer a absorção por meio de contato.
- No final do procedimento anterior, imediatamente, foi efetuada a pesagem de cada amostra, juntamente com o suporte metálico;

Dando continuidade a explicação do método aplicado, a segunda parte, consistiu da determinação do percentual de água absorvida pela fibra de juta impregnada com a resina epóxi.

O procedimento foi semelhante à da primeira parte, que utilizou também 10 amostras, depois que foram impregnadas, durante os ensaios de absorção da resina de epóxi. O ensaio consistiu, da imersão das amostras em uma bandeja metálica, contendo água, por um período de tempo de 24 horas.

Os materiais e equipamentos foram os mesmos utilizados anteriormente, com exceção do suporte metálico, que pelo motivo da armadura fibrosa ser rígida, não houve a necessidade da sua utilização. Os procedimentos para os ensaios de absorção de água pela armadura fibrosa, estão apresentados a seguir:

- Foram utilizadas 10 (dez) amostras de armadura fibrosa, medindo 10 cm (medidas em função da bandeja da balança digital).
- Foi efetuado a secagem das amostras em estufa a 60 °C, até chegar ao peso constante;
- As amostras foram retiradas da estufa e resfriadas em um dessecador na temperatura ambiente dos ensaios;
- Foram efetuadas as pesagens das 10 amostras após resfriadas;
- As amostras foram acondicionadas individualmente, dentro da bandeja metálica.
- Foi despejado água destilada, dentro da bandeja até o cobrimento das 10 (dez) amostras, por um período de tempo de 24 horas;
- Após transcorridos 24 horas, cada amostra, foi retirada da bandeja, para que, a água escorresse livremente;
- Para eliminar o excesso de água adsorvidas pela superfície da armadura têxtil, foi utilizado, uma flanela umedecida, para fazer a absorção por meio de contato;
- O procedimento foi finalizado com a pesagem de cada amostra.

2.3.4 Teor de umidade

O teor de umidade da fibra de juta (*C. capsularis*) foi determinado pela NBR 9939 (ABNT, 2011). Foram feitas algumas adaptações, por se tratar de fibra vegetal e também foi utilizado um analisador halógeno de umidade.

O ensaio para a determinação do teor de umidade da fibra, foi realizado no laboratório LAMAC/UFAM, uma vez que era necessário determinar o teor de umidade presente na fibra para caracterização química. Foi utilizado para a realização do ensaio de teor de umidade o

aparelho analisador halógeno de umidade OHAUS, como pode ser observado na Figura 13.

O ensaio foi realizado em duplicata, e o peso das amostras estiveram entre 0,5 a 0,7 gramas, onde 0,5 g é a capacidade mínima do aparelho. As etapas consistiram na seguinte maneira: A fibra foi seca em estufa por 24 horas a temperatura de 60 ± 5 °C, em seguida a fibra foi retirada da estufa e esperou esfriar por pelo menos 30 minutos, e então se realizou a análise no aparelho, com temperatura de até 80 °C, temperatura utilizada para não queimar a fibra.

Figura 13 - Percentual de umidade da fibra de juta ((*Corchorus capsularis*)) determinado pelo analisador Ohaus



Fonte: Autor (2022)

2.3.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura é utilizada para o estudo de estruturas superficiais de amostras com as mais variadas dimensões, produzindo imagens de alta resolução e alta ampliação de detalhes sem a perda da nitidez. A técnica de microscopia eletrônica de varredura é extremamente versátil e permite efetuar uma análise morfológica das amostras.

As análises foram realizadas no Laboratório Temático de Microscopia Ótica e Eletrônica- LTMOE do INPA, sendo utilizado o equipamento TM-3000 da Hitachi e aplicado uma tensão de aceleração de 15 kV.

Figura 14 - Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)



Fonte: Autor (2022)

2.3.6 Difractometria de Raios X (DRX)

Nos ensaios para caracterização das estruturas cristalinas dos elementos químicos que constituem os materiais de insumo do compósito da forma colaborante da fibra de juta (*Corchorus capsularis*), foi empregado o método de difração de Raio-X (DRX). O ensaio foi realizado no Laboratório de Nanotecnologia da IFAM - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Am.

O equipamento utilizado foi fabricado pela BRUKER, modelo D2 Phaser diffractometer, equipado com fenda de 0,6 mm, faca de 3mm, tubo de radiação de Cu ($k\alpha = 0,15406$ nm, 30 kV, 10 mA), range de varredura de $5 - 100^\circ(2\theta\text{THETA})$, num passo de $0,02^\circ$, com intensidades registradas por 1 s em cada passo, conforme demonstrado na 15.

Figura 15 - Difractometro de Raio-X.



Fonte: Autor (2022)

Para possibilitar esse ensaio, foi entregue no laboratório 10 g de amostra do material, devidamente embalada em frasco de vidro com fechamento hermético, o qual, foi previamente seca em estufa na temperatura de 40°C e depois reduzida a um tamanho menor que 1 mm. Durante o ensaio, a amostra foi colocada num porta-amostra então introduzidas no equipamento de DRX, para o processamento da análise.

Após o ensaio, o laboratório de Nanotecnologia do IFAM, forneceu o resultado da análise do material, com o qual, foi plotado o respectivo gráfico de difratogramas utilizando-se o Programa X'Pert HighScore Plus, foi determinado o seu índice de cristalinidade, empregando o método empírico de (SEGAL *et al.*, 1959).

$$\text{IC (\%)} = \frac{(I_{\text{max}} - I_{\text{min}})}{I_{\text{max}}} \times 100 \quad (\text{fórmula 6})$$

Onde o índice de cristalinidade é uma relação entre os picos de intensidade máxima (I_{max}), atribuída à região cristalina ($2\theta = 22^\circ$) e (I_{min}), que é referente a mínima depressão da estrutura amorfa ($2\theta = 18.5^\circ$). A partir desta equação, é possível identificar o grau de remoção

da parte amorfa da biomassa lignocelulósica, bem como uma possível modificação da estrutura cristalina da celulose.

2.3.7 Análise Termogravimétrica (TG/TGA)

As Técnicas Termoanalíticas são utilizadas para a análise dos percentuais de perda de massa (TG), as temperaturas de degradação (DTG) e as diferenças do fluxo de calor das mudanças de fase do material analisado.

A análise termogravimétrica é definida como um processo em que a variação de massa da amostra (perda ou ganho de massa) é determinada como uma função da temperatura e/ou tempo, enquanto a amostra é submetida a uma programação controlada de temperatura.

O objetivo da análise termogravimétrica é determinar os percentuais de perda de massa do material, a temperatura inicial de degradação (T_{onset}) das fibras de juta tratada, além de verificação também a temperatura inicial de degradação (T_{onset} ou TG/TGA) dos compósitos obtidos, nas diferentes composições.

As análises termogravimétricas foram realizadas no Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais no Instituto Federal do Amazonas (IFAM). Foi utilizado o equipamento SDT Q600 fabricado pela TA Instruments. Aproximadamente 10 mg em pó de cada amostra foram escaneados em um cadinho aberto de alumina de 90 microlitros sob uma atmosfera de gás N 5.0 com fluxo máximo de 30 ml/min, a uma taxa de aquecimento constante de 10 °C/min até a temperatura de 900 °C.

2.3.8 Microscopia da fibra de juta (*Corchorus capsularis*)

Nesse procedimento, foram verificados os aspectos da microestrutura da fibra de juta (*Corchorus capsularis*), por intermédio de imagens digitais produzidas através da microscopia ótica, visando observar, as interações internas da fibra, alinhado com o artigo de Melo Filho (2005), para o que, foi utilizado o microscópio eletrônico, invertido para rotina avançado, modelo AXIO Vert, A1 marca Zeiss, instalado no laboratório de nano tecnologia do Instituto Federal do Amazonas - IFAM.

Figura 16 - Equipamento utilizado na microscopia óptica.



Fonte: Autor (2022)

2.3.9 Ensaios de Flexão

O comportamento mecânico à tração na flexão dos corpos-de-prova, produzidos com o compósito da forma auxiliar, foi analisado mediante a NBR 15498 (2021) que estabelece os requisitos e métodos de ensaios de placas cimentícias reforçadas com fibras, fios, filamentos ou telas, com exceção das fibras de amianto. As principais propriedades obtidas nesse tipo de ensaios são:

- Tensão de resistência à tração ou módulo de ruptura na flexão;
- Módulo de elasticidade à flexão;
- Módulo de resiliência à flexão; e
- Módulo de tenacidade à flexão.

A NBR 15498 (2021), nos pede ensaios de flexão à três pontos, no entanto, nesta tese, os ensaios foram efetuados por meio da flexão a quatro pontos, com a finalidade de submeter os corpos-de-prova ao mesmo esforço máximo, condicionando o rompimento no local onde existiam maiores concentrações de tensões (Fredel *et al*, 2015). Nesse ensaio, foram utilizados corpos-de-prova com as dimensões de 50 x 400 x 10 mm, extraídos de placas forma auxiliar. A Figura 17, mostra o as placas já cortadas sendo preparadas para o ensaio.

Figura 17 - apresentação dos corpos-de-prova para o ensaio de flexão



Fonte: Autor (2024)

Neste ensaio foram utilizadas 09 (nove) placas. As placas (P_1 e P_2) não foram utilizadas, a (P_1), que foi manufaturada somente com a resina de epoxi (sem reforço) e (P_2), produzida com resina epoxi e fibra, ambas serviram de referência (REF) para o ensaio. As três restantes foram, as placas (P_4), (P_5) e (P_6) produzidas com a resina epoxi reforçada com fibra de juta (*Corchorus capsularis*) com suas tréplicas respectivamente. Os cortes das placas levaram em conta as direções das fibras.

Em relação as placas P_1 e P_2 , foram extraídos 03 (três) corpos-de-prova de cada placa, perfazendo um total de 6 (seis) corpos-de-prova, conforme relacionados na Tabela 08.

Tabela 08: Relação dos corpos-de-prova disponíveis para os ensaios de tração na flexão

CORPO-DE-PROVA	REFORÇO	DIMENSÕES
CP1/1	Sem reforço - REF	50x400x10 mm
CP2/2	Com reforço - REF	50x400x10 mm
CP3/1	Com reforço	50x400x10 mm
CP3/2	Com reforço	50x400x10 mm
CP3/3	Com reforço	50x400x10 mm

Fonte: Autor (2024).

As placas antes de serem cortadas passaram pelo procedimento de cura úmida. E os corpos-de-prova recortados ficaram armazenados em ambiente com temperatura controlada de 21 ± 1 °C, por um período de 40 horas de secagem, para então, serem levados aos ensaios de flexão.

O dispositivo utilizado nos ensaios de flexão, foi o modelo AME-5kN de marca Oswaldo Filizola, que tem a capacidade máxima de 5000 N, instalado no Laboratório LAMAC – UFAM. Os resultados dos ensaios foram obtidos do relatório fornecido pelo programa DynaView Pro M, que também controla o dispositivo, onde foi programado uma velocidade constante para os ensaio de 5 mm/min.

Devido a forma geométrica da seção transversal e considerando as cargas que provocaram as fraturas dos corpos-de-prova, as tensões máximas de resistência a flexão, foram calculadas mediante a expressão da flexão pura, apresentada a seguir.

$$\sigma_r = \pm \frac{M \cdot y_t}{I_x} \quad M = \frac{C_{max} \cdot l}{2} \quad (\text{fórmula 7})$$

Onde:

σ_r = tensão de resistência máxima no limite da ruptura, expresso em MPa;

M = Momento máximo de flexão, expresso em kN.mm;

I_x = Momento de Inércia, expresso em mm⁴;

y_t = distância da linha neutra à extremidade mais tracionada;

C_{max} = Carga máxima de ruptura, expresso em N;

l = distância entre o cutelo e o apoio, expresso em mm.

Para determinar a deformação linear (ϵ_l), a partir dos valores das deflexões obtidas nos relatórios dos ensaios de tração na flexão, foi empregada a seguinte expressão.

$$\epsilon_l = \frac{\epsilon_f - \epsilon_i}{\epsilon_i} \quad (\text{Fórmula 8})$$

Onde:

ϵ_i = deformação inicial, (distância entre apoios), correspondente comprimento da corda do arco, expresso em mm;

ε_f = deformação final, correspondente ao comprimento do arco formado pela flexão, expresso em mm.

Para o cálculo do módulo de elasticidade a flexão (E_f), foi utilizada a formula a seguir, empregada em materiais frágeis (Fredel *et al*, 2015). E também, considerando que os rompimentos ocorreram no terço central, através de uma única fratura nos corpos-de-prova.

$$E_f = \frac{1}{48} \cdot \frac{C_{max} \cdot L^3}{f \cdot I} \quad (\text{Fórmula 9})$$

Onde:

E_f = módulo de elasticidade a flexão, expresso em GPa;

C_{max} = carga máxima na ruptura, obtida nos ensaios de flexão, expresso em N;

f = flecha máxima correspondente a C_{max} , obtida nos ensaios de flexão, em mm;

L = comprimento do vão entre os apoios do dispositivo, expresso em mm;

I = momento de inércia do corpo-de-prova.

As propriedades de resiliência e tenacidade foram obtidas por intermédio da equação abaixo, que determinam as energias acumuladas por unidade de volume, correspondentes as áreas sob as curvas. Sendo o módulo de resiliência (Urf) calculado no regime elástico, até o limite da proporcionalidade.

$$Urf = \sum_0^{\varepsilon_p} \sigma_e \cdot \varepsilon_e \quad (\text{Fórmula 10})$$

Onde:

Urf = resiliência em flexão, expressa em J/m³;

σ_e = tensões no regime elástico, expresso em MPa;

ε_e = deformações no regime elástico;

ε_p = deformação no limite da proporcionalidade, antes do rompimento da placa.

O módulo de tenacidade na flexão (U_{tf}), foi determinado considerando as deformações e tensões, que ocorreram nos regimes elástico e plástico, e que provocaram o rompimento e tração nas fibras mais externas dos corpos-de-prova até o limite da sua ruptura, de acordo com a expressão a baixo.

$$U = \sum_0^{\varepsilon_e} \sigma_{tf} \cdot \varepsilon_e + \sum_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} \sigma_r \cdot \varepsilon_r \quad (\text{Fórmula 11})$$

Onde:

U_{tf} = tenacidade em flexão, expressa em J/m³;

σ_r = tensões no regime plástico, até o limite da ruptura, expresso em MPa; e

ε_r = deformações no regime elástico, até o limite da ruptura.

CAPÍTULO III - RESULTADOS DA PESQUISA

Como resultados alcançados na tese, foram publicados DOIS artigos científicos bem como UM artigo científico a ser publicado, conforme abaixo:

ARTIGO 1 - Ouro da várzea amazônica: panorama e estímulo para o cultivo da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) e geração de emprego para os ribeirinhos no estado do Amazonas. Este artigo traz os resultados da pesquisa referente ao objetivo específico “a” da pesquisa - Ponderar sobre a dinâmica da economia jutícula do Estado do Amazonas.

O resultado desse objetivo específico foi publicado na Revista Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 31423-31438, apr., 2022. ISSN: 2525-8761. DOI:10.34117/bjdv8n4-565. Tendo seu Qualis B2. O Artigo se encontra no Capítulo 3.1.

ARTIGO 2 – Uma análise das propriedades químicas e morfológicas da fibra vegetal de juta brasileira (*Corchorus capsularis*): A fibra amazônica. Este artigo traz os resultados da pesquisa referente aos objetivos específicos b, c e d; b - Apresentar o índice de cristalinidade da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*); c - Avaliar as propriedades mecânicas e térmicas da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) e d - Estudar os aspectos estruturais da fibra de juta (*Corchorus capsularis*), através da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

O resultado desse objetivo específico foi publicado na Revista CONCILIUM, Vol. 23. Nº 03, 2023. ISSN: 0010-5236. DOI: 10.53660/CLM-875-23B28. Tendo seu Qualis A2. O Artigo se encontra no Capítulo 3.2.

ARTIGO 3 - Uma análise das propriedades mecânicas da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*): A fibra amazônica. (a ser publicado). Este artigo traz os resultados do ensaio de flexão feito a quatro pontos no compósito manufaturado com resina epóxi e fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*), se encontra no Capítulo 3.3.

Ouro da várzea amazônica: panorama e estímulo para o cultivo da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) e geração de emprego para os ribeirinhos no estado do Amazonas

Gold of the Amazon floodplain: panorama and stimulus for the cultivation of jute vegetable fiber (*Corchorus capsularis*) and job creation for riverside people in the state of Amazonas

DOI:10.34117/bjdv8n4-565

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Abel de Oliveira Costa Filho

Doutorando no PPGBIOTEC - UFAM

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. Gal. Rodrigo Otávio, Bloco M - BIOTEC, Setor Sul, Campus
Universitário Coroado, Manaus-AM

E-mail: abelcostajr@ufam.edu.br

Dimas José Lasmar

Doutor em Engenharia de Produção pela UFRJ Professor no PPGBIOTEC - UFAM

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. Gal. Rodrigo Otávio, 6200, Setor Sul, Campus Universitário
Coroado, Manaus – AM

E-mail: dimas_lasmar@ufam.edu.br

Jamal da Silva Chaar

Doutor em Ciências (Química-Química Analítica) pela USP Professor na
Universidade Federal do Amazonas

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. Gal. Rodrigo Otávio, 6200, Setor Sul, Campus Universitário
Coroado; Manaus - AM

E-mail: jchaar@gmail.com

Rosimeire Freires Pereira Oliveira

Doutoranda no PPGBIOTEC - UFAM

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. Gal. Rodrigo Otávio, Bloco M - BIOTEC, Setor Sul, Campus
Universitário Coroado, Manaus - AM

E-mail: rosimeirefpol@yahoo.com.br

José Alcides Queiroz Lima

Mestre em Engenharia Civil – UFAM

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. Gal. Rodrigo Otávio, Setor Norte, Campus Universitário – FT
Coroado, Manaus – AM

E-mail: cidengenharia2000@gmail.com

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo ponderar sobre a dinâmica da economia jutícula do Estado do Amazonas, desde sua introdução pelos imigrantes japoneses na década de 30. Prevalendo-se da mão de obra que na ocasião havia sido liberada das plantações de seringueiras e do mercado disponível local, esta cultura teve rápido desenvolvimento nas várzeas do rio Amazonas, levando o Brasil a atingir autossuficiência no início da década de 50. No entanto, alguns fatores como o advento de produtos similares, o transporte a granel e as modificações na economia regional e nacional levaram essa atividade altamente ativa em mão de obra a perder sua competitividade frente a outras opções, resultando na estagnação e declínio desta cultura, a qual apresenta baixa produção posteriormente seis décadas de sua introdução. Assim, após a circunspeção da presente pesquisa, que consiste como uma revisão de literatura divulgada sobre a juticultura na Amazônia, as informações produzidas irão contribuir para melhor juízo sobre a necessidade de investimentos e de diversos tipos de apoio necessários à expansão da produção da fibra vegetal de juta no Amazonas. Tornar a juticultura uma atividade economicamente atrativa para os pequenos produtores, depende da comercialização da juta a preços competitivos com atividades alternativas no mercado, uma vez que ainda está sujeito aos incentivos do governo.

Palavras-chave: juta, Amazonas, economia regional, ribeirinhos.

ABSTRACT

This research aims to ponder over the dynamics of the juticle economy of the State of Amazonas, since its introduction by Japanese immigrants in the 30's. This culture had rapid development in the lowlands of the Amazon River, leading Brazil to achieve self-sufficiency in the early 50s. However, some factors such as the advent of similar products, bulk transport and changes in the regional and national economy led to this highly active activity in labor to lose its competitiveness against other options, resulting in the stagnation and decline of this culture, which has low production after six decades of its introduction. Thus, after circumspection of the present research, which consists of a review of the published literature on juticulture in the Amazon, the information produced will contribute to a better judgment on the need for investments and various types of support necessary for the expansion of plant fiber production. of jute in the Amazon. Making juticulture an economically attractive activity for small producers depends on marketing jute at competitive prices with alternative activities in the market, since it is still subject to government incentives.

Keywords: jute, Amazon, regional economy.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo da juta provocou grandes alterações no cenário econômico, social e político da região amazônica e foi também por ela influenciado, de maneira endógena e exógena, sem a devida influência do ribeirinho que faz uso da juticultura para o sustento de sua família.

O conhecimento dessa experiência torna-se questão importante para se entender o processo de desenvolvimento agrário e do resgate da narrativa de um ciclo econômico, social e político regional. Para tanto, e em regra geral, quando as atividades econômicas começam a entrar em estagnação ou em decadência, decresce também o empenho pela pesquisa para analisar esses agentes.

Em concordância com o que salientam Ferreira e Homma (2017), no limiar do século XX, houve tentativas de cultivo de juta no estado de São Paulo, cujas sementes eram provenientes de Calcutá. Apesar de inúmeras tentativas, essa cultura não floresceu naquele estado. Seu sucesso realmente ocorreu apenas na Amazônia, basicamente, por conta do empenho dos colonos japoneses. Devido ao clima, a juta adaptou-se de modo célere à agricultura de várzea na Amazônia, incidindo a constituir parte integrante dos recursos naturais da região, particularmente do estado do Amazonas. A similaridade com que o cultivo da juta era conduzido na Índia, às margens dos rios Ganges e Brahmaputra, vislumbrava-se a enorme possibilidade de a mesma ser introduzida nas várzeas do rio Amazonas.

Compondo novo tipo característico, a juticultura tornou-se uma atividade exclusiva de pequenos produtores da região, uma vez que os grandes agricultores seringalistas produziam em larga escala a borracha. A importância da plantação da juta na Amazônia é fato irrefutável, assim como o é a sua influência no desenvolvimento social da região, aliada à extensão dos benefícios econômicos. Atualmente, a estratégia na cadeia produtiva de juta regional é incitada, principalmente, pelas cooperativas do município de Manacapuru/Am que exercem respeitável influência sobre os juticultores locais nos processos de distribuição das sementes, logística, beneficiamento e comercialização da fibra para o mercado. Essa atividade confronta ainda dificuldades com a infraestrutura do método produtivo: perda parcial do plantio com as enchentes dos rios e principalmente sua desvalorização no mercado, frente à concorrência com os produtos importados.

Fundamentado no exposto anteriormente, ressalta-se que o fortalecimento da cadeia produtiva da fibra vegetal de juta proporcionou significativa exclusividade a partir da década de 30 para a região norte do Brasil, causando alteração na gestão de distintas frações da cultura agrícola. Vários produtos e setores, antes protegidos por barreiras alfandegárias e fiscais, começaram a aceitar a concorrência externa. Embora, não se possa discorrer sobre o desempenho caracterizado quanto a qualidade, eficiência e competitividade, também não se pode ignorar a importância desses setores.

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017), o estado do Amazonas detém cerca de 24 milhões de hectares de áreas de várzea, que são espaços propícios para o cultivo de juta. Essa atividade foi introduzida por colônias de japoneses, no município de Parintins, entre as décadas de 40 e 50 do século passado. Nos últimos anos, a média de área de várzea utilizada está na ordem de 9 milhões de hectares, que são ocupados pelas plantações de juta transformada em fibras e em tecidos, cujas sementes são distribuídas pelo governo e por empresas privadas. O equivalente a 3 hectares é plantado anualmente por cada família de agricultores, com o apoio do governo estadual que distribui gratuitamente aproximadamente 125 toneladas de sementes, e com cerca de 55 toneladas ofertadas pela iniciativa privada. Somente o município de Manacapuru absorve mais de 90% da produção nacional de sementes, indicando a necessidade do aumento e de sua distribuição para outros municípios do estado.

De acordo com a Secretaria de Estado de Produção Rural (SEPROR, 2019), o estado do Amazonas tem potencial de plantação e colheita de sementes de juta nas áreas de terra firme de até 500 hectares nos municípios de Itacoatiara, Manacapuru, Parintins e Iranduba. Assim, com o cultivo regional de sementes de juta no Amazonas, esse insumo deixará de ser adquirido de outros estados, reduzindo os custos, cuja produção hoje é destinada principalmente para o estado do Pará, podendo gerar mais empregos e renda para os produtores locais.

Entretanto, é imperioso analisar até que ponto seria razoável a intervenção do estado com uma política protecionista ao apoiar a juticultura com subsídios, fixação de preço mínimo, fornecimento de sementes gratuitamente ou com preço inferior ao praticado no mercado e outros tipos de auxílio que distorçam a competitividade desse segmento econômico.

Assim, torna-se a presente pesquisa uma importante revisão de literatura que envolve os ribeirinhos da Amazônia no exercício da juticultura.

2 CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS DA JUTICULTURA NA AMAZÔNIA

Seguindo as palavras de Santos et al. (2018), a produção de juta no mundo teve início na Índia, que manteve um monopólio durante exatamente um século, de 1837 a 1937. Na bacia do rio Ganges, foi realizada a primeira colheita de dezoito toneladas, resultante da plantação com fins comerciais.

A inserção da juta no Brasil, em especial no Amazonas, está conexa com a Índia e o Japão e é indissociável com o monopólio brasileiro do mercado cafeicultor, conforme destacam Ferreira e Homma (2017). Durante o século XIX e início do século XX, o Brasil tinha o monopólio mundial de café e por conta da grande produção, o país necessitava de enormes quantidades de sacarias para armazenamento e exportação do produto. Os autores explicam que toda a sacaria era importada da Índia que detinha o monopólio da produção da juta. Sendo assim, a importação das sacarias representava um problema aos produtores de café, haja vista a necessidade da manutenção das altas taxas de importação, impostos das docas e tarifas rodoviárias.

De acordo com o que explanam os autores, foi nesse contexto que se iniciou a primeira tentativa de aclimação da juta asiática e especialmente indiana no estado de São Paulo. Ainda que tentativas recorrentes de aclimação para produção da fibra nesse estado tenham sido feitas, foi apenas no município de Parintins no Amazonas, que o processo teve êxito, a partir da importação de sementes de São Paulo e do Japão (NODA, 2010).

Evidenciam Ferreira e Homma (2017) que nesse cenário os japoneses passaram a ser parte importante para o êxito da cultura de juta no Brasil, considerando que no ano de 1930 instaurou-se na região amazônica um sofisticado programa de migração japonesa voltado à produção agrícola e exploração de recursos naturais. Sendo assim, no ano de 1934 aconteceu a aclimação da juta através da persistência do colono Ryota Oyama, o que transformou a economia amazônica.

Por consequência, com a inserção da produção de juta na região, a malva passou a ser também valorizada para produção de fibra, inicialmente no estado do Pará. Sua extração cresceu até 1956, quando atingiu produção superior a 18 mil toneladas, mas logo depois, apresentou uma tendência de produção decrescente. Em 1971, passou a ser cultivada nas várzeas altas do estado do Amazonas, por iniciativa de indústrias de aniagem, trazendo um novo rumo para o desenvolvimento desta atividade (HOMMA, 1998).

De acordo com dogmas de Noda (2010), por muitos anos a juticultura representou a principal atividade econômica no Amazonas, especialmente nas décadas de 70 e 80, com cerca de 25.000 produtores, sendo um trabalho basicamente familiar.

Ferreira (2016) explica que grandes projetos implementados pelo governo militar entre os anos 1966 e 1970 fortaleceram a agroindústria da juta na região, mas também foram responsáveis pela sua derrocada no estado. A abertura de amplos eixos rodoviários

culminou em ampliação da fronteira agrícola, acarretando uma significativa redução no número de produtores que migraram das áreas de várzea em direção às de terra firme. O mesmo autor ainda esclarece que outra importante realização governamental da época influenciou na atração de produtores para outras atividades, tendo efeito devastador para a produção das fibras: a instauração da Zona Franca de Manaus.

A consolidação das atividades da Zona Franca ocasionou o êxodo rural em larga escala em direção à cidade de Manaus, capital do estado, e para as sedes dos Municípios, acarretando a diminuição do número de produtores, e consequentemente a redução da produção de fibra no estado do Amazonas (FERREIRA, 2016). Além disso, Homma (1998) explica que, na década de 60, ocorreram grandes transformações tecnológicas, popularizando a sacaria de plástico que se tornou uma grande concorrente para a produção de juta.

Ademais, Ferreira (2016) ressalta que o desenvolvimento do setor industrial na região demandava uma grande quantidade de fibras, o que ocasionou um desacerto com a produção do pequeno produtor rural que mantinha os processos de trabalho obsoletos desde a década de 30. O compasso de produção rudimentar não foi capaz de acompanhar a demanda das fábricas, o que resultou no retorno espesso da importação de fibras asiáticas a partir da década de 70, prática que havia desaparecido até a primeira metade da década de 60, recomeçando a partir de 1966 a importar da Índia e de outros países asiáticos.

O cultivo da juta no Amazonas teve um declínio a partir da década de 80 e no decorrer da década de 90 a produção de juta quase se extinguiu (FERREIRA, 2016). Conforme o que assinala o autor, a partir do período em que se iniciou a baixa produção de fibra de juta, a produção de fibras na região não apresentou mais desenvolvimento expressivo, permanecendo entre oscilações decrescentes. O autor esclarece ainda que a baixa produção de fibras no estado do Amazonas está relacionada a diversos fatores, no entanto um elemento se sobressai como preponderante: a não modernização do sistema produtivo. Além disso, há os entraves relacionados às particularidades das condições de várzeas, onde os movimentos das águas são razões determinantes para a amplitude das perdas da produção.

Pelas palavras de Homma (1998), há um outro obstáculo importante na produção da juta desde a sua aclimação em 1934, que é a produção de sementes. A lavoura das fibras dependia dessas sementes, as quais eram produzidas nos municípios paraenses de Alenquer, Monte Alegre e Santarém, concentrando-se a posteriori, somente no primeiro.

Os japoneses modificaram o sistema de plantação, centralizando a produção de sementes nas terras firmes de Alenquer por não ser possível finalizar o ciclo vegetativo nas áreas de várzea, considerando que o corte das hastes das fibras coincide com o período de cheias e com os solos férteis daquele município.

Maciel (2015) garante que o Amazonas não dispunha de campos destinados para a produção desse insumo, motivo pelo qual tornou-se necessário importar as sementes do estado do Pará. Homma (1998) destaca que a crise na produção da juta sempre teve relação com o descompasso com a produção de sementes em Alenquer, o que gerou muitos conflitos de natureza política entre Pará e Amazonas.

Com vistas a fomentar a plantação da juta no estado do Amazonas, ações ordenadas começaram a ser realizadas a partir de atos do governo do Estado, fornecendo aos agricultores locais a concessão de incentivos da juticultura. A partir do ano de 2003, a Secretaria de Produção Rural – SEPROR deu início a um processo de distribuição gratuita de sementes de juta para fomentar a produção, diminuir os custos e aumentar a renda dos produtores por meio do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do estado do Amazonas – IDAM.

Conforme esclarecimento dado pela revista Pará Industrial (2020) e embora a cultura da fibra no estado do Amazonas esteja submetida à disponibilidade das sementes provenientes do Pará, onde possui o selo verde atestado pela certificadora BCS, que avaliza que os produtos de juta sejam compatíveis com as normas da agricultura e os tona de alta qualidade, Soares (2015) afirma que tais ações governamentais se tornaram elemento desestruturador da cadeia de intermediação, haja vista que os produtores terem, a partir de então, a oportunidade de adquirir sementes de maneira gratuita e de qualidade, sem necessariamente lidar com atravessadores.

Salienta-se que o decreto 24.196 de 29 de abril de 2004 prevê pagamento de subvenção econômica aos produtores de juta pelo Governo do Amazonas. Essa subvenção age como um complemento do valor comercializado previamente pelo agricultor com a finalidade de fomentar a produção de juta no Amazonas (SOARES, 2015). Conforme mostra o Gráfico 01 abaixo, pode-se verificar que o Brasil importou da Ásia, com base nos dados de 2007 até outubro de 2017, uma grande quantidade de fibra de juta e malva devido ao não avanço de aposta concreta regional e nacional nessa cultura.

Gráfico 01 – Juta e Malva – produção (fibra) x importação (complexo) t



Fonte: Conab/IDAM AM/IFIBRAM PA – Importação: MDIC/AliceWeb

Do mesmo modo, Souza (2008) relata que a cadeia produtiva da fibra vegetal de juta na Amazônia, diante das características regionais, assume as conotações de resolução socioeconômica e geopolítica relevantes, ao ater o indivíduo à terra, dando-lhe condições de emprego e renda, sem desconsiderar, ser uma atividade com desmedida responsabilidade ambiental. O mesmo autor nos diz que a importação de fibra de juta da Ásia, por si só, é difícil contê-la, pois como nos países do continente asiático, especificamente Índia e Bangladesh, existe uma enorme parcela de pessoas pobres e desempregadas, além do emprego de menores de idade nesse tipo de atividade. Acrescido a isso, está o fato de que nesses países, o empregado não é protegido por leis trabalhistas. São fatores que tornam o trabalho barato, reduzindo os custos da produção, lançando-se no mercado internacional a preços competitivos.

3 JUTICULTORES LOCAIS: OS VISIONÁRIOS DO CULTIVO NA AMAZÔNIA

“Há povos na Amazônia”. É partindo dessa asseveração que Ranciaro (2014) explica que embora possa parecer óbvio que a Amazônia é habitada, o imaginário nacional ainda representa a região como uma imensidão de verde intocado.

De acordo com o que afirmam Veríssimo e Pereira (2014), o processo histórico de ocupação na Amazônia acontece quando imigrantes asiáticos chegaram à região há mais de 14 mil anos. Essas populações passaram a ocupar o mesmo espaço e ter a agricultura como principal atividade de subsistência. Nesse contexto, várias sociedades nativas complexas emergiram, tendo vivido na região Amazônica antes da chegada dos portugueses, manejando a natureza de acordo com suas necessidades.

Concluído o século XIX, a borracha passou a ser o principal produto na economia da Amazônia e do Brasil, tendo seu auge entre 1879 e 1912 segundo o que assinalam Veríssimo e Pereira (2014). É sabido que nesse período de grandes riquezas para a

Amazônia, ela também amargou o seu declínio quando um botânico inglês chamado Henry Wickham foi acusado de ter contrabandeado aproximadamente 70 mil sementes de seringueira da região de Belém (Brasil) para a Inglaterra, o que culminou na derrocada e fim do monopólio da borracha pela região amazônica brasileira. As referidas autoras asseveram ainda que após a crise da borracha, o extrativismo e a agricultura de subsistência voltaram a ser práticas da população da região, composta principalmente por indivíduos oriundos da miscigenação entre índios, brancos e negros: os ribeirinhos da Amazônia.

Igualmente, a compreensão sobre a origem e características dos povos ribeirinhos, Wagley (1988) explica que a cultura brasileira é resultado de uma mescla das tradições europeias trazidas pelos portugueses, dos elementos culturais trazidos pelos africanos e dos padrões culturais indígenas. No entanto, o autor afirma que na Amazônia, a herança indígena prevalece em suas tradições e costumes. As influências são facilmente perceptíveis no modo de vida, nas crenças, na alimentação e na religião das pessoas. Conforme Monteiro (1981 et al. 2007), durante o ciclo da borracha no século XIX, vários nordestinos migraram para a região da Amazônia. Com o declínio do ciclo da borracha em torno de 1920, os seringueiros, caboclos e descendentes de etnias diversas iniciaram um processo de migração para a margem dos rios, constituindo-se assim, as conhecidas comunidades ribeirinhas. Lira e Chaves (2016) enfatizam que a Amazônia brasileira é povoada por uma vasta diversidade de grupamentos étnicos e populações tradicionais, cujas constituições foram construídas historicamente por meio dos diversos processos de colonização aos quais foram submetidos.

Mendonça et al. (2007) defendem a concepção dos fatos acima mencionados ao afirmarem que o mosaico cultural amazônico é constituído por valores, crenças e modos de vida tradicionais que são o fio condutor da sua organização social pautada nos conhecimentos, práticas e uso dos recursos naturais das florestas, rios e lagos. Muito se debate acerca de quais critérios determinam as populações tradicionais de maneira mais adequada. O autor comenta que as comunidades tradicionais possuem algumas características que as distinguem das demais populações. A primeira delas diz respeito a relação simbiótica que esses sujeitos estabelecem com a natureza e seus ciclos, bem como com os recursos naturais renováveis que determinam suas práticas cotidianas. São possuidores de informações sobre a natureza, transmitidas de pai para filho, formulando consequentemente táticas para o uso e manejo dos recursos naturais com base nos ciclos inerentes da região em que estão inseridos.

Diegues (2008) ressalta a importância das práticas de subsistência das comunidades tradicionais que possuem reduzida acumulação de capital, ainda que possa haver relação de mercado. Outras importantes características dessas comunidades são: o forte vínculo familiar para atividades econômicas, sociais e culturais e a forte presença do imaginário local associado a mitos e lendas em relação a práticas extrativistas de caça e pesca. Ademais, as tecnologias utilizadas por esses sujeitos são rudimentares, oferecendo pouco impacto ambiental. No que tange ao regime de trabalho, prevalece o artesanal, sendo o produtor e sua família que desempenham todo o processo de produção. Além disso, os sujeitos integrantes dessas comunidades, frequentemente, possuem pouca representatividade política. E ainda de acordo com o que assinala o autor, o reconhecer-se como parte de um determinado grupo social é critério indispensável para caracterizar uma cultura ou população tradicional.

Em consonância com o que postula Diegues (2008), Arruda (1999) explana que essas comunidades são caracterizadas por um modelo próprio de ocupação espacial e de uso dos recursos naturais com a finalidade principal de obter meios para subsistência. Esses grupos não possuem articulação com o mercado e sua organização de trabalho é caracterizada pela participação familiar. O autor comenta ainda que as tecnologias empregadas são de baixo impacto e provêm, essencialmente, de conhecimentos transmitidos de geração para geração. Eles são caiçaras, ribeirinhos, seringueiros, quilombolas, entre outros grupos humanos que reproduzem historicamente seus *modus vivendi* marcado pela cooperação entre pares e sua forma peculiar de relação com a natureza.

Conforme o que explicam Fraxe e Vargas (2013), os ribeirinhos são aqueles que residem nas margens dos rios, estabelecendo uma profunda conexão com o ambiente local. Nesse contexto, os rios se configuram como apoio de sobrevivência desses sujeitos, considerando que os rios são o seu transporte e deles se tem o alimento através da pesca. Silva (2017) descreve que é nas áreas de várzea que os ribeirinhos vivem, constituindo pequenas comunidades à beira-rio em casas feitas de madeira tipo palafita. A autora explica que tanto a água quanto a terra são indispensáveis para o trabalho dos ribeirinhos, que é basicamente voltado para a subsistência. As atividades de trabalho, por sua vez, incluem: a pesca, a agricultura, a extração de produtos florestais, a caça, pequenos comércios, entre outros. O que há de comum em todas essas atividades é que todas elas são mediadas pela relação do ribeirinho com a natureza. Corroborando, Lira e Chaves (2016) esclarecem que a dinâmica produtiva nas comunidades ribeirinhas é pautada por

uma relação de respeito ao meio ambiente. Nessas comunidades, os sujeitos utilizam-se de seus saberes tradicionais historicamente construídos, instituindo relações diversas com a natureza e recursos da região.

Witkoski (2007) complementarmente afirma que a enchente e a cheia são os períodos de fertilização da terra, ao passo que a vazante e a seca proporcionam as condições ideais para que a terra esteja em satisfatórias condições de manejo. Nesse cenário, o ribeirão desenvolveu os mais variados comportamentos adaptativos para lidar com o caráter instável e peculiar das áreas de várzea. O autor elucida que o manejo dos recursos naturais que engloba terra, floresta e água, culmina em uma coordenação simultânea de outros cultivos agrícolas: criação de animais, extrativismo, entre outros, com o objetivo de complementar sua produtividade. Essa combinação de atividades propicia ao ribeirão a manutenção da vida nas áreas de várzeas que obedecem ao ciclo natural de enchentes, cheias, vazantes e secas.

Os ribeirinhos estabelecem uma relação de cooperação e métodos de ajuda mútua como parceria ou mutirão para as atividades laborais. Essas relações se dão através da confiabilidade recíproca entre contíguos, não sendo imperioso o vínculo formal. Os acordos se dão de modo verbal, com o objetivo de processar a produção em menor tempo possível (FRAXE, 2004). Noda (2010) relata que essas formas de ajuda mútua sempre se fizeram presentes no contexto de trabalho rural no Brasil. No entanto, na Amazônia, especificamente, a cadeia étnica culminou na construção de uma forma original da organização do trabalho do ribeirão, especificamente. Para Fraxe (2000), essas relações de ajuda mútua refletem as necessidades econômicas dos ribeirinhos e só são possíveis através de profundos sentimentos de pertencer a um grupo familiar. A ajuda recíproca figura, portanto, como um artifício coletivo que mobiliza sujeitos de maneira voluntária para prestar auxílio. A retribuição é obrigatória, a família que recebeu ajuda deverá prestar ajuda juntamente com os demais às famílias que necessitarem.

Wagley (1988) já indicava para termos pressa de se pensar em transformações por melhores condições de vida, melhor regime alimentar e acesso à educação de qualidade para o povo ribeirão. Porém, no que tange aos modos de vida e trabalho dos ribeirinhos, a literatura recente aponta, fundamentalmente, as mesmas situações de precariedade. Silva (2016) explica que numerosas comunidades vivem em áreas rurais de difícil acesso, com infraestrutura insuficiente em serviços públicos, de saúde, educação e saneamento básico. Outrossim, Silva (2017) assinala que os ribeirinhos são acometidos por inúmeros problemas de saúde e muitos deles não são alfabetizados. O acesso à assistência médica

é quase que inexistente e em situações de necessidade dos serviços, os ribeirinhos precisam se deslocar até postos de saúde em municípios distantes, após longas horas em barcos ou canoas. Esse cenário reflete a invisibilidade das populações rurais da Amazônia perante o estado, conforme postula Silva (2016). O autor esclarece que a dificuldade de acesso a bens e serviços acabam por retirar os ribeirinhos do contexto dos processos decisórios regionais.

Ranciaro (2014) reforça essa situação ao afirmar que os problemas a seguir são uma constante na vida e no trabalho dos ribeirinhos: dificuldades de intermediação de seus produtos agrícolas no mercado e baixo poder aquisitivo que impedem os ribeirinhos se locomoverem e arcarem com despesas em casos de doença, o que culmina geralmente em óbitos.

Silva (2017) comenta a necessidade de políticas públicas que possam atender às demandas dos ribeirinhos e a necessidade de trazê-los para o centro dos debates com a finalidade de obter melhoria da qualidade de vida desses sujeitos. Ranciaro (2014) sugere, por fim, que a realidade social dos ribeirinhos destacada neste tópico pode ser desvelada através de uma análise político-econômica: os gastos das arrecadações de impostos nem sempre contemplam os fins desejados pela população, sendo esse o elemento chave que demarca a gravidade das injustiças sociais, tanto no campo quanto nas cidades.

Ainda convém explicar que o cultivo da fibra da juta no estado do Amazonas, além dos benefícios citados, ainda concorrerá para não só integrar como qualificar a mão de obra local, aprimorando cada vez mais as habilidades do ribeirinho, o que sem dúvida alguma é uma das grandes necessidades para atender a luta que esse povo trava diariamente, com intuito de aumentar a sua renda per capita e buscar melhor qualidade de vida.

4 CONCLUSÃO

A crise da juta está interligada à perda de renda para os produtores, numa complicada conjuntura de fatores. Uma cultura altamente intensiva em mão de obra, quando estes começam a ter seus custos mais elevados, perde-se a rentabilidade e por consequência a viabilidade econômica, se não for possível intensificar sua produção. O empobrecimento de uma atividade econômica não está privado somente a um produto extrativista, mas que pode acontecer para qualquer produto agrícola, principalmente para os ribeirinhos do Amazonas, desde que as condições de mercado, pragas e doenças, a

incapacidade de evoluir tecnologicamente, entre outros, conspire para elevar o custo de produção ou tornar o produto menos competitivo no mercado.

A ampliação da cultura da fibra vegetal de juta apresenta por outro lado a grande disposição de resposta à produção, quando incentivos de preços e de mercados se tornam visíveis aos produtores. Nesse sentido, desde que sejam praticados preços estimulantes para a fibra e o Amazonas faça o uso do selo verde para a semente de juta, tornando-se competitiva com as atividades alternativas dos pequenos produtores, é possível reativar novamente essa cultura, induzindo a um novo ciclo virtuoso.

O cenário de risco em colocar a indústria nacional de fibras de juta sob completa dependência de importações foi percebido tardiamente pelo setor empresarial. As transformações econômicas e sociais, associadas ao baixo retorno aos pequenos produtores da juta, tem contribuído para levar sua produção ao colapso. Percebe-se agora que mesmo numa perspectiva da globalização da economia, a garantia de um fluxo de fibra de juta importada apresenta riscos inerentes à conjuntura dos países produtores dessa cultura.

Ademais, percebe-se ainda a necessidade de maior intervenção dos poderes públicos, para criar políticas de incentivo à produção local, tanto para os ribeirinhos produtores rurais como para as empresas consumidoras até a atividade da jiticultura tornar-se competitiva. Por maior que seja o envolvimento dos juiticultores nesse processo produtivo, sua sustentabilidade está ameaçada pelas condições sociais, econômicas e políticas que ainda lhes são impostas. Entretanto, por outro lado, salienta-se a necessidade de analisar os limites dessa intervenção do poder público, sob pena de empregar recursos públicos em uma atividade que não tenha perspectiva de se tornar autossustentável economicamente no futuro.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, Rinaldo. "Populações Tradicionais" e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 5, n. 2, p.79-92, ago. 1999.
- DIEGUES, Antônio Carlos. **O mito moderno da natureza intocada**. 6.ed. rev. e ampl. São Paulo: Hucitec/NUPAUB, 2008.
- FRAXE, Therezinha de Jesus Pinto. **Cultura Cabocla Ribeirinha**: mitos, lendas e transculturalidade. São Paulo: Annablume, 2004.
- _____. **Homens Anfíbios**: etnografia de um campesinato das águas. São Paulo: Annablume, 2000.
- _____; VARGAS, Rosane Brum. **Populações Ribeirinhas e Exército**: conflito de propriedade e direitos fundamentais em tensão na Amazônia Brasileira – solução à luz do princípio da ponderação. *Somanlu*, ano 13, n 1, p. 98-120, jan/jun, 2013.
- FERREIRA, Aldenor da Silva. **Fios dourados dos trópicos**: culturas, histórias, singularidades e possibilidades (juta e malva - Brasil e Índia). 2016. 488 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas, SP.
- FERREIRA, Aldenor da Silva; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Índia e Japão no percurso histórico de desenvolvimento da cultura da juta no Brasil. **Revista Querubim**, Niterói, v.1, n. 31, ano 13, fev. 2017, p. 4-10.
- GOVERNO DO AMAZONAS. **Decreto Estadual 24.196 de 29 abril de 2004**. Disponível em: <<http://www.informanet.com.br/Prodinfo/boletim/2004/pa/dec24196-22-2004.htm>>. Acesso em: 26 de setembro de 2021.
- GOVERNO DO AMAZONAS INICIA PAGAMENTO DA SUBVENÇÃO ECONÔMICA DA JUTA E DA MALVA, **Agência de Desenvolvimento Sustentável – ADS**, Manaus, safra 2020. Disponível em: <http://www.ads.am.gov.br/governo-do-amazonas-iniciapagamento-da-subvencao-economica-da-juta-e-da-malva/>. Acesso em 23 de março de 2021.
- HOMMA, Alfredo K. Oyama. **Amazônia**: meio ambiente e desenvolvimento agrícola. Editor: Alfredo K. O. Homma. Brasília: Embrapa – SPI, Belém: Embrapa – CPATU, 1998.
- INCENTIVO A PRODUÇÃO DE MALVA E JUTA É PAUTA DE REUNIÃO EM MANACAPURU, **Secretaria de Estado de Produção Rural – SEPROR**. Disponível em: <http://www.sepror.am.gov.br/2019/04/09/--incentivo-a-producao-de-malva-e-juta-e-pauta-de-reuniao-em-manacapuru/>. Acesso em 15 e abril de 2021
- LIRA, Talita de Melo; CHAVES, Maria do Perpétuo Socorro Rodrigues. **Comunidades Ribeirinhas na Amazônia**: organização sociocultural e política. Interações (campo Grande), [s.l.], v. 17, n. 1, p.66-76, 29 fev. 2016. Universidade Católica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/1518-70122016107>
- MACIEL, Alexandre Chaves. **Tendências do cultivo da malva (*Urena Lobata L.*) por agricultores familiares em Manacapuru/AM**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado) -

Curso de Agronomia Tropical, Programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

MENDONÇA, Maria Silvia, et al. **Etnobotânica e o saber tradicional**. In: FRAXE, Therezinha de Jesus Pinto; PEREIRA, Henrique dos Santos; WITKOSKI, Antônio Carlos (Orgs.). **Comunidades Ribeirinhas Amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais**. Manaus: Edua, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Panorama das fibras naturais no Brasil e cenários futuros. Disponível em https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setorias/fibras-aturais/2017/17a-ro/panorama_atual_fibras_ivo-naves2.pdf.

MONTEIRO, M. H. D. A. et al. **Estruturas secretoras em sapotaceae**. Pesquisas, botânica n° 58: 253-262, 2007.

NODA, Sandra do Nascimento. **Agricultura familiar amazonense: mobilidade e relações de trabalho na produção de juta e malva**. In: WITKOSKI, Antonio Carlos et al. **A cultura de juta e malva na Amazônia Ocidental: sementes de uma nova racionalidade ambiental**. São Paulo: Annablume, 2010.

RANCIARO, Maria Magela Mafra de Andrade. **Formação Histórica e tradições socioculturais vivenciadas em povoados rurais amazônicos**. In: CHAVES, Maria do Perpétuo Socorro Rodrigues; SANTIAGO, Jozane Lima (Orgs.). **Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade na Amazônia**. Manaus: Edua, 2014.

REVISTA PARÁ INDUSTRIAL. Versatilidade nos produtos sustentáveis da juta amazônica. 2020. Disponível em: <<http://www.castanhal.com.br/material-versatilidade-juta/>>. Acesso em: 13 jul. 2021.

SANTOS, Nilson Souza, et al. **Prospecção da Cadeia das Fibras Amazônicas: manutenção ou extinção**. Manaus: editora da Universidade federal do Amazonas, 2018.

SILVA, Sandra Helena da. Mulheres Cultivadoras de Juta e Malva na região do baixo Amazonas. In: Seminário Internacional Fazendo Gênero 10, 2013, Florianópolis. **Anais Eletrônicos do Seminário Internacional Fazendo Gênero**. Florianópolis. 2017. Disponível em: http://www.fg2013.wwc2017.eventos.dype.com.br/resources/anais/20/1381511774_ARQ_UIVO_SandraHelenadaSi. Acesso em: 23 nov. 2020.

SILVA, S. R. **Consumo de Água em Escolas Públicas: Uma Referência para o Município do Recife - Pernambuco**. 2016. 66f. Trabalho original (Promoção ao cargo de Professor Associado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Porto Alegre, 2016.

SOARES, Geisiane Tavares. **Sustentabilidade Socioambiental: Um estudo de caso na Cooperativa de fibras vegetais, malva e juta, de Manacapuru no Amazonas**. 2015. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Serviço Social e Sustentabilidade na Amazônia, Programa de Pós-graduação em Serviço Social e Sustentabilidade na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

SOUZA, N.M.C. **A trajetória da companhia têxtil de Castanhal:** A mais pura fibra amazônica. Dissertação – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. Belém, 2008

VERÍSSIMO, Tatiana Corrêa; PEREIRA, Jakeline. **A floresta habitada:** história da ocupação humana na Amazônia. 1. Ed, Pará: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON, 2014.

WAGLEY, Charles. **Uma comunidade amazônica:** estudo do homem nos trópicos. 3ª edição. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.

WITKOSKI, Antônio Carlos. **Terras Florestas e águas do trabalho:** os camponeses amazônicos e as formas de uso de seus recursos naturais. Manaus: editora da Universidade Federal do Amazonas, 2007.

3.2 ARTIGO 2

An analysis of the chemical and morphological properties of brazilian jute plant fiber (*Corchorus capsularis*): The Amazon fiber

Uma análise das propriedades químicas e morfológicas da fibra vegetal de juta brasileira (*Corchorus capsularis*): A fibra amazônica

Received: 2023-01-11 | Accepted: 2023-02-12 | Published: 2023-03-13

Abel de Oliveira Costa Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9602-305X>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: abelcostajr@ufam.edu.br

Dimas José Lasmar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0473-9876>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: dimas_lasmar@ufam.edu.br

Jamal da Silva Chaar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2697-0278>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: jchaar@gmail.com

ABSTRACT

In recent years, the development of new composites has increased a lot, especially those that use plant fibers as reinforcement material. A critical feature for this type of application is how these fibers behave in relation to temperature variation. In this sense, this research stands out among other thermodynamic studies carried out with jute vegetable fiber (*Corchorus capsularis*) natural from the Amazon region. The main objective of this study is to evaluate the thermal behavior of the mentioned fiber, through the loss of its mass until the decomposition of its structural components (natural moisture, hemicellulose, cellulose, lignin and its residual substances) when subjected to temperatures up to 900°C. Vegetable fibers have a high sensitivity to environmental effects, such as temperature variations and humidity itself. The sample preparation phase for the fiber under analysis was also addressed in this study, and it was found that different preparation techniques can have a direct impact on the results of the experiments.

Keywords: Vegetable fibers; Composites; Jute

RESUMO

Nos últimos anos, o desenvolvimento de novos compósitos aumentou muito, principalmente aqueles que utilizam fibras vegetais como material de reforço. Uma característica crítica para esse tipo de aplicação é como essas fibras se comportam em relação à variação de temperatura. Nesse sentido, a presente pesquisa destaca entre outros estudos termodinâmicos realizados com fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) natural da região amazônica. O objetivo principal deste estudo é avaliar o comportamento térmico da fibra citada, por meio das perdas de sua massa até a decomposição de seus componentes estruturais: (umidade natural, hemicelulose, celulose, lignina e suas substâncias residuais) quando submetidos a temperaturas até 900°C. As fibras vegetais possuem uma sensibilidade elevada aos efeitos ambientais, tais como variações de temperatura e a própria umidade. A fase de preparação da amostra para a fibra em análise também foi abordada neste estudo, e descobriu-se que diferentes técnicas de preparação podem ter um impacto direto nos resultados dos experimentos.

Palavras-chave: Fibras vegetais; Compósitos; Juta

INTRODUÇÃO

As fibras vegetais têm sido expostas em pesquisas como reforço estrutural de outros materiais, com o papel de aumentar a ductilidade e melhorar as propriedades mecânicas desses materiais. Essas fibras tem um valor de mercado menor que as fibras sintéticas, requerem menos energia para serem produzidas, não são tóxicas e são auto renováveis.

Dentre as fibras vegetais, a fibra de juta (*Corchorus capsularis*) é a que apresenta no mercado brasileiro as características necessárias para o presente estudo e uma das maiores fontes de fibras lignocelulósicas. Esta fibra foi introduzida no Brasil entre os anos de 1950 e 1980, nos estados do Amazonas, Pará e São Paulo, sendo esses atualmente os principais cultivadores da planta no país. A planta da fibra tem uma haste vertical com folhas, e cresce em clima quente e úmido, principalmente em áreas onde existe alta precipitação pluviométrica (SATYANARAYANA, 2007; JAHAN, 2016; MANSOURIAN, 2016). É uma das fibras vegetais mais baratas e de maior produção da China, Índia e Bangladesh sendo conhecida como a fibra dourada (RAMESH, 2017; RATHORE, 2017).

A juta (*Corchorus capsularis*) é uma erva lenhosa que alcança altura de 3 a 4 metros. Seu talo possui um diâmetro aproximadamente de 20 milímetros que cresce em climas umedecidos e tropicais. O semeio na Amazônia, varia em função do regime dos rios e do clima. O florescimento das plantas ocorre de 4 a 5 meses após o semeio e a colheita é imediata (SHOKRIEH, 2017).

A fibra útil fica entre a casca e o talo interno e a extração é feita pelo processo de maceração após o corte próximo ao solo com o uso de ferramentas de corte e a retirada da folhagem. Após esses procedimentos os feixes de plantas são colocados em água corrente ou parada com a finalidade de ocorrer o processo de amolecimento da casca. Para a obtenção de uma fibra de boa qualidade o comprimento médio deve estar em torno de 3,20 metros de haste e caule e devem ser cortados tão logo a flor murche (ADRIAN, 2018).

As fibras vegetais têm uma grande vantagem devido ao seu baixo custo, alta disponibilidade, baixa densidade, alta resistência, por ser um recurso renovável e pela facilidade de ser trabalhada pelas ferramentas de processamento. O baixo custo e a facilidade de encontrar a juta, a elegem como um destes materiais promissores nesta nova indústria que tende a ter destaque economicamente e ambientalmente (ADRIANO, 2017).

MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização química da fibra sem tratamento foi realizada através dos procedimentos padrões da Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI) para determinar o teor de holocelulose, hemicelulose, alfa-celulose, extrativos e ligninas.

Para a determinação dos teores de celulose foram utilizados os procedimentos da TAPPI-T222 om-88 (TAPPI, 1988) (alfa-celulose) e TAPPI-T 257 cm-85 (TAPPI, 1985) (holocelulose). Os teores de extrativos foram realizados por meio da extração por Soxhlet, seguindo o que preconiza a Norma TAPPI T 204 om 88 (TAPPI, 1988). A determinação o teor de lignina de Klason, insolúvel seguiu os procedimentos preconizados de acordo com a Norma TAPPI 222 om-22 (TAPPI, 2002).

1. Ensaio de Permeabilidade

Neste trabalho, o método referido foi empregado em duas ocasiões: uma para determinar o percentual de absorção de água pela fibra de juta, sem impregnação e a outra para determinar o percentual de água absorvida pela fibra impregnada. A avaliação e a escolha do tempo ideal de absorção de água foram por intermédio de comparações, feitas entre os dois ensaios, o que foi facilmente identificado graficamente.

Seguindo o método, na primeira parte, foi efetuado o ensaio de absorção de água, que consistiu da imersão das amostras em uma bandeja metálica, contendo água, por um período de tempo de 24 horas. A segunda parte do ensaio consistiu da determinação do percentual de água absorvida pela fibra impregnada com a resina epóxi. O procedimento foi semelhante à da primeira parte, que utilizou também 10 amostras, depois que foram impregnadas, durante os ensaios de absorção da resina de epóxi.

2. Ensaio de Determinação do Teor de Umidade

O teor de umidade da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) foi determinado pela Norma Brasileira - NBR 9939 (ABNT, 2011). Foram feitas adaptações, por se tratar de fibra vegetal e também foi utilizado um analisador halógeno de umidade. O ensaio foi realizado em duplicata, e o peso das amostras estiveram entre 0,5 a 0,7 gramas, onde 0,5 g é a capacidade mínima do aparelho.

3. Ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura é utilizada para o estudo de estruturas superficiais de amostras com as mais variadas dimensões, produzindo imagens de alta resolução e ampliação de detalhes sem a perda da nitidez. A técnica de microscopia eletrônica de varredura é extremamente versátil e permite efetuar uma análise morfológica das amostras. As análises foram realizadas no Laboratório Temático de Microscopia Ótica e Eletrônica- LTMOE do INPA

(Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia), sendo utilizado o equipamento TM-3000 da Hitachi e aplicado uma tensão de aceleração de 15 kV.

4. Ensaio de Difractometria de Raios X (DRX)

Nos ensaios para caracterização das estruturas cristalinas dos elementos químicos que constituem os materiais de insumo do compósito da forma colaborante da fibra de juta (*Corchorus capsularis*), foi empregado o método de difração de Raio-X (DRX). O ensaio foi realizado no Laboratório de Nanotecnologia do IFAM - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Am.

O equipamento utilizado foi fabricado pela BRUKER, modelo D2 *Phaser diffractometer*, equipado com fenda de 0,6 mm, fenda de 3mm, tubo de radiação de Cu ($k\alpha = 0,15406$ nm, 30 kV, 10 mA), range de varredura de 5 – 100° (2 θ THETA), num passo de 0,02°, com intensidades registradas por 1 s em cada passo. Após o ensaio, o laboratório de Nanotecnologia do IFAM forneceu o resultado da análise do material, com o qual foi plotado o respectivo gráfico de difratogramas utilizando-se o Programa X'Pert HighScore Plus e determinado o seu índice de cristalinidade, empregando o método empírico de (SEGAL *et al.*, 1959).

5. Análise Termogravimétrica (TG/TGA)

As técnicas termoanalíticas são utilizadas para a análise dos percentuais de perda de massa (TG), as temperaturas de degradação (DTG) e as diferenças do fluxo de calor das mudanças de fase do material analisado.

A análise termogravimétrica é definida como um processo em que a variação de massa da amostra (perda ou ganho de massa) é determinada como uma função da temperatura e/ou tempo, enquanto a amostra é submetida a uma programação controlada de temperatura.

O objetivo das análises termogravimétrica é determinar os percentuais de perda de massa do material, a temperatura inicial de degradação (T_{onset}) das fibras de juta tratada, além de verificação também a temperatura inicial de degradação (T_{onset} ou TG/TGA) dos compósitos obtidos, nas diferentes composições.

As análises termogravimétricas foram realizadas no Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais no Instituto Federal do Amazonas (IFAM). Foi utilizado o equipamento SDT Q600 fabricado pela TA Instruments. Aproximadamente 10 mg em pó de cada amostra foram escaneados em um cadinho aberto de alumina de 90 microlitros sob uma atmosfera de gás N 5.0 com fluxo máximo de 30 ml/min, a uma taxa de aquecimento constante de 10 °C/min até a temperatura de 900 °C.

6. Microscopia da Fibra de Juta (*Corchorus capsularis*)

Nesse procedimento, foram verificados os aspectos da microestrutura da fibra de juta, por intermédio de imagens digitais produzidas através da microscopia ótica, visando observar, as interações internas da fibra, alinhado com o artigo de Melo Filho (2005), para o que, foi utilizado o microscópio eletrônico, invertido para rotina avançado, modelo AXIO Vert, A1 marca Zeiss, instalado no laboratório de nano tecnologia do Instituto Federal do Amazonas - IFAM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados da Composição Química da Fibra Vegetal de Juta (*Corchorus capsularis*).

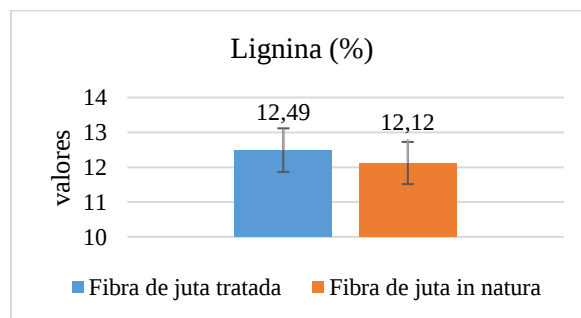
Tabela 01 - Componentes químicos da fibra de juta (*Corchorus capsularis*)

Análise	Holocelulos	Alfa-	Hemicelulose	Lignina	Extrativos
Fibra tratada	83,14	64,01	19,13	12,49	4,36
Fibra “ <i>in natura</i> ”	85,40	59,20	26,20	12,12	1,90

Fonte: Autor (2021)

A Tabela 01 apresenta os resultados médios das porcentagens das composições químicas presentes na fibra, com e sem tratamento, aplicado na mesma. O valor do teor de lignina apresentados pela fibra tratada teve média de 12,49 % enquanto os resultados de Fidelis (2014); Marques (2015); Ferreira *et al.*, (2017) ficaram entre 4 % e 8,4 %. No entanto, o valor encontrado está conexo da faixa de valores de outros autores, 13,3 % e 15 % podendo ser decorrente do tipo e local da fibra.

Gráfico 01 - Teor de lignina da fibra de juta (*Corchorus capsularis*).

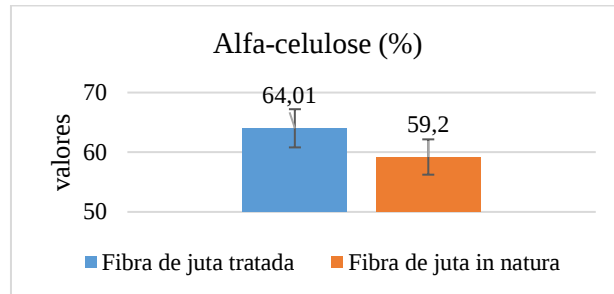


Fonte: Autor (2021)

A lignina pode atuar como barreira à formação de produtos de hidratação no interior da parede das fibras, dificultando a mineralização. A maior estabilidade dimensional da fibra devido à maior quantidade de lignina pode ocasionar resistência à degradação mais elevada devido à redução do deslocamento entre as fibras e a matriz. As mudanças dimensionais no decorrer dos ciclos de molhamento e secagem geram o deslocamento entre a fibra e a matriz impregnada de resina durante a alternância dos ciclos.

A fibra apresentou porcentagem de alfa-celulose de 64,01 %. Esse resultado corrobora com os valores encontrados em outros estudos, cuja porcentagem de alfa-celulose observada teve uma variação entre 60% e 74,4% (FIDELIS, 2014; MARQUES, 2015; FERREIRA *et al.*, 2018).

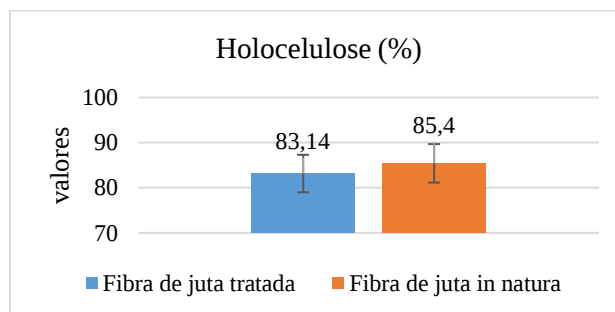
Gráfico 02 - Teor de alfa-celulose da fibra de juta (*Corchorus capsularis*).



Fonte: Autor (2021)

Seguindo a mesma tendência dos resultados da alfa-celulose, a porcentagem de hemicelulose (holocelulose – alfa-celulose) apresentou média entre as amostras de 19,13%, e esse resultado condiz com os valores encontrados (entre 12,8% e 22%) pelos mesmos pesquisadores acima citados. Estes dados são fundamentais porque dão suporte aos estudos realizados no presente trabalho sobre a obtenção de fibras e sua influência no processamento (extrudabilidade), no desempenho (físico e mecânico), na microestrutura e na durabilidade para compósitos manufaturados com fibras de juta (*Corchorus capsularis*).

Gráfico 03 - Teor de holocelulose da fibra de juta (*Corchorus capsularis*).



Fonte: Autor (2021)

A redução no teor de hemicelulose pode ser esclarecida pela forma como as fibras são extraídas da planta. As fibras em análise foram extraídas por maceração, processo pelo qual se separa as fibras da entrecasca da planta por remoção de pectinas e outras substâncias. Estes dados são fundamentais porque dão suporte aos estudos realizados no presente trabalho sobre a obtenção de nanofibrilas celulósicas e sobre a influência das fibras e nanofibrilas no processamento (extrudabilidade), no desempenho (físico e mecânico), na microestrutura e na durabilidade dos compósitos.

As hemiceluloses possuem natureza higroscópica, facilitam o processo de mineralização das fibras e são facilmente degradadas pelos álcalis presentes na água do cimento, prejudicando

a interface fibra/matriz (CHAFEI *et al.*, 2012, 2014). Comenta-se também que a presença de extrativos na superfície das fibras influencia na hidratação exotérmica do compósito.

1.1 Resultados do Ensaio de Permeabilidade

Os resultados e os dados relativos aos ensaios de absorção de água, para avaliação da permeabilidade da armadura fibrosa, estão constantes na Tabela 02, onde é mostrado tanto para a fibra de juta (*Corchorus capsularis*) natural como para a fibra impregnada os pesos iniciais (antes de imergir) e os pesos finais (depois de imerso).

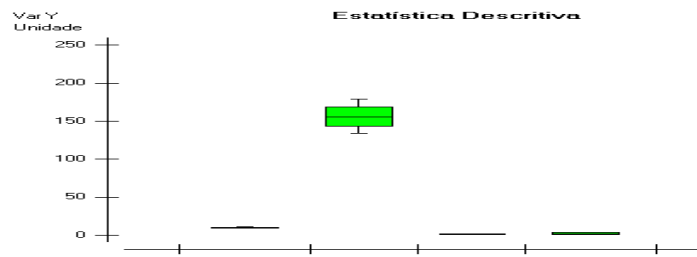
Tabela 02 - Dados e resultados do ensaio de absorção com resina epóxi

AMOSTRA Nº	PERMEABILIDADE DA FIBRA DE JUTA (PESO)				PERMEABILIDADE DA FIBRA COM RESINA (PESO)			
	INICIAL <i>P_i</i> (g)	FINAL <i>P_f</i> (g)	ABSORÇÃO		INICIAL <i>P_i</i> (g)	FINAL <i>P_f</i> (g)	ABSORÇÃO	
			(g)	%			(g)	%
1	6,15	16,5	10,5	169,1	63,5	63,8	0,2	0,3
2	6,05	14,8	8,9	147,4	61,9	62,1	0,1	0,2
3	5,9	15,3	9,4	159,1	62,7	63,5	0,6	1,0
4	6,3	16,8	10,4	163,5	63,7	64,3	0,6	0,9
5	6,1	15,3	9,2	152,5	38,7	40,2	1,5	3,8
6	6,1	15,0	8,9	147,7	46,2	47,1	0,85	1,9
7	6,25	15,0	8,6	133,3	43,1	44,7	1,5	3,5
8	6,28	15,6	9,4	149,4	38,8	40,1	1,3	3,4
9	6,3	17,5	11,2	178,6	49,6	50,6	1,0	2,0
10	6,1	15,9	9,8	155,4	48,7	49,1	0,4	0,8
MÉDIA	6,16	15,78	9,63	155,6	51,7	52,55	0,805	1,78

Fonte: Autor (2022)

De acordo com a Tabela 02, a quantidade total de água, absorvida pelo cordão de juta (*Corchorus capsularis*) em 24 horas de imersão, foi em média 9,6 g, que correspondeu a 1,5 (uma e meia) vezes o seu peso seco médio inicial, que foi de 6,2 g. Nesse trabalho, esse valor foi adotado como parâmetro da capacidade máxima de absorção da fibra.

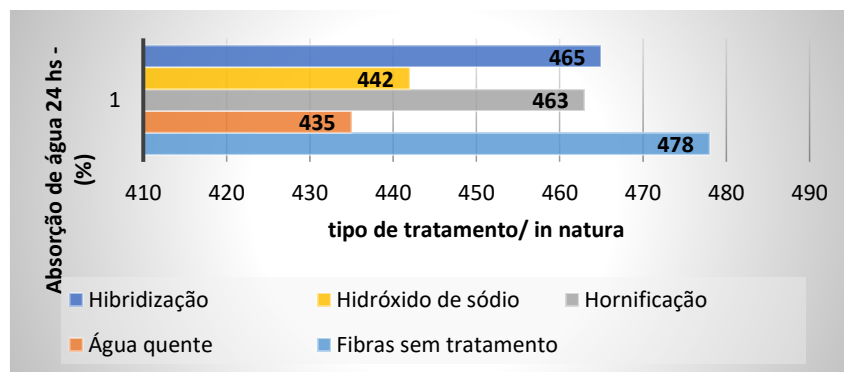
Considerando que, a armadura fibrosa também ficou em imersão por 24 horas, o mesmo período tempo da fibra, e depois desse tempo, foi verificada uma adição em seu peso final, apenas de 0,8 g de água em média. Também que, esse valor conteve parcelas de adsorção física de água na superfície do compósito. E principalmente porque o percentual de 155,6 % de absorção da fibra representou 100 vezes, o obtido no compósito, que foi de 1,78 %. Portanto, essas considerações são razões suficientes para concluir que não houve absorção pela fibra impregnada.

Figura 1 - Aplicação de ANOVA

Fonte: Autor (2022)

Aplicando ANOVA nos resultados de absorção de água pode-se verificar que não houve de imediato sobreposição entre os gráficos das colunas 1 e 4, logo isso tem significado que há evidência possível de diferença no material e método de ensaio. Foi observado que nas colunas 3 e 4 dos grupos da fibra de juta impregnada com resina em algum momento não haverá diferença e sim sobreposição.

Tal resultado corrobora que o tratamento de hornificação altera a superfície das fibrilas agrupando as cadeias de polissacarídeos da celulose, promovendo menor absorção de água (CLARAMUNT *et al.*, 2011; BALLESTEROS *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2017) e o tratamento com água quente resulta em menores absorções de água devido às mudanças estruturais da fibra, que se tornaram mais rígidas e duras (ASASUTJARIT *et al.*, 2009; LERTWATTANARUK *et al.*, 2015).

Figura 2 - Absorção de água das fibras com e sem tratamento

Fonte: Autor (2022)

Como hipótese, a remoção de componentes de superfície com álcali que permitiu que a fibra absorvesse um volume ainda maior de água, devido à exposição de grupos OH pertencentes à celulose (em virtude dos tratamentos NaOH e hibridização), tornando as fibras tratadas mais hidrofílicas, principalmente com a remoção de substâncias solúveis que podem acarretar no aumento da resistência mecânica das mesmas, uma vez que promove a remoção da lignina (menor absorção de água) e o aumento da parcela de celulose amorfa (maior absorção de água) (QUIROGA *et al.*, 2016; KLOCK, 2005).

A celulose, hemicelulose e pectinas são geralmente fontes hidrofílicas e polares fortes, cujo tratamento NaOH aumenta o número "polar" das fibras. As funcionalidades superficiais

aumentaram a quantidade de água absorvida na fibra. Provavelmente, devido à remoção de substâncias como gomas e ceras das fibras naturais. O aumento da absorção, também pode ser explicada pela mudança na qualidade da superfície da fibra que após tratamento com álcalis se tornou mais limpa e com a possibilidade de formação de vários grupos de hidroxilas.

Já o tratamento de hibridização, que contou com uma parcela de branqueamento da fibra com o uso de peróxido de hidrogênio, tornou a fibra mais uniforme, devido à remoção de alguns materiais extracelulares, aumentando o grau de cristalinidade e a fibra adquiriu uma cor mais branca. A absorção de água é aumentada devido à remoção de substâncias hidrofóbicas expõe sítios hidrofílicos, além disso a fibra perdeu algum peso e tornou-se mais fina (YILMAZ, 2014).

Segundo Fidelis (2014) a capacidade de absorção de água pelas fibras está intimamente ligada ao quantitativo de celulose e hemicelulose presente nas fibras. Tal afirmação está coerente com os resultados obtidos na caracterização química, onde as maiores quantidades de holocelulose e alfa-celulose estão presente nas fibras que apresentaram a maior absorção.

2.1 Resultado do Ensaio de Teor de Umidade

A Tabela 3 apresenta a média do teor de umidade da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*). Pode-se notar que com os tratamentos químicos de NaOH e hibridização aumentaram o teor de umidade das fibras. A umidade entra em contato com a fibra, fazendo ligações de hidrogênio entre as fibras e suas paredes celulares, em que os grupos (OH) hidroxilas e a seção transversal da fibra são os principais acesso da absorção de água.

A umidade incha a fibra até certo momento, preenchendo os espaços vazios, permanecendo com água livre nos vazios da fibra, se as paredes celulares e as fibrilas são mais finas, a troca de umidade com o ambiente pode se tornar mais eficaz (NEITHALATH *et al.*, 2004; SPINACÉ *et al.*, 2009; KABIR *et al.*, 2012).

Os tratamentos de água quente e hornificação diminuíram o teor de umidade da fibra em 1,49 %, e o tratamento de água quente diminuiu em 2,4 %. Nos tratamentos de hornificação e água quente, a água quebra completamente as ligações de hidrogênio da parte amorfa das fibras lignocelulósicas, especialmente entre as fibrilas que se tornaram menos absorventes. Em outras palavras, após a secagem, elas não absorvem a mesma quantidade de água. A secagem reduz a área superficial da fibrila e altera permanentemente seu caráter superficial (DINIZ; GIL; CASTRO, 2004).

Tabela 3 - Teor de umidade da fibra de juta (*corchorus capsularis*)

Material	<i>In natura</i>	Água quente	Hornificação	Hidroxido de	Hibridização
Fibra de juta	8,75 ± 0,01%	8,54 ± 0,02 %	8,62 ± 0,03 %	8,58 ± 0,02 %	8,57 ± 0,02 %

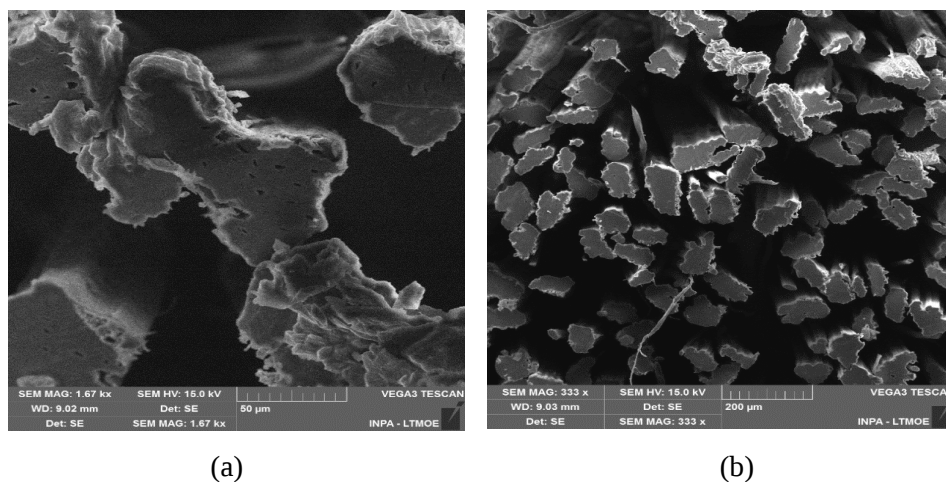
Fonte: Autor (2022)

O teor médio de umidade da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) sem tratamento foi de 8,75 %, valor um pouco acima, porém, condizente com o encontrado para a fibra de juta “*in natura*” por Fidelis (2014) que foi igual a 8,59 %. O valor máximo do teor de umidade obtido por Margem (2013) foi de 11 % para fibras de malva e 17 % para fibras de juta relatado por Yan *et al.*, 2016. A natureza inerente das fibras de serem hidrofílicas e trocarem facilmente de umidade com o meio ambiente foi facilmente constatada no ensaio, pois, ao deixar esfriar a fibra por um tempo considerado pequeno, constataram-se teores de umidade de até 9 %.

3.1 Resultado da Caracterização Morfológica de Superfície da Fibra de Juta - Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV

A figura 3 ilustra os aspectos topográficos da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) no ensaio sem tratamento nas colunas (a) e (b). É possível avaliar a região superficial das fibras e nota-se que com o tratamento alcalino devido a remoção de impurezas, ceras e graxas bem como retirada parcial da lignina e da hemicelulose da superfície da fibra, assim como um aumento da rugosidade da superfície em relação a fibra não-tratada. Essa mudança na superfície aumenta com o percentual de hidróxido de sódio utilizado no tratamento promovendo uma melhoria na aderência da matriz com a fibra, que resulta melhoria nas propriedades mecânicas do compósito.

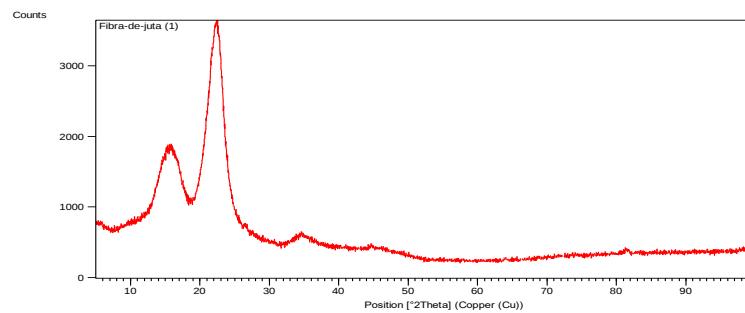
Figura 3 (a) e 3 (b) - Microscopia da fibra de juta (*Corchorus capsularis*)



Fonte: Autor (2022)

4.1 Resultados das Estruturas Cristalinas dos Materiais – DRX

A Figura 4 apresenta o difratograma da fibra de juta. A traves do método empírico e Segal (1959), foi possível determinar os índices de cristalinidade da fibra de juta (*Corchorus capsularis*).

Figuras 4 - Difratoograma da fibra de juta (*Corchorus capsularis*)

Fonte: Autor, 2021

Tabela 3 - Índice de cristalinidade da fibra de juta (*Corchorus capsularis*)

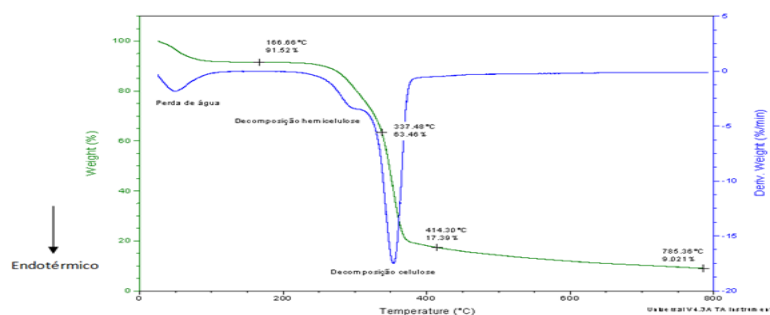
Material	I ₍₀₀₂₎	I _{am}	I _c %
Fibra de juta	27.555,62	10.942,38	60,29

Fonte: Autor, 2022

A Figura acima mostra o difratograma da fibra de juta (*Corchorus capsularis*), onde pode ser observado regiões apresentando estruturas cristalinas com picos de difração e índice de cristalinidade no valor de CrI= 60,29 % e regiões amorfas em maior proporção. Os tratamentos implementados removeram parte de material amorfo da fibra de juta, proporcionando um maior empacotamento das cadeias celulósicas. Assim, pode-se afirmar que as fibras tratadas terão melhor interação com a resina epóxi para a confecção do compósito.

5.1 Curvas TG / DTG da Fibra de Juta (*Corchorus Capsularis*)

A perda de massa inicial em todas as curvas corresponde à volatilização de alguns componentes das fibras, principalmente água. A degradação principal ocorre entre 250 e 350 °C e está relacionada com a pirólise dos componentes de celulose (THOMAS *et al.*, 2015). A degradação pelo processo de pirólise ocorre de forma lenta e irreversível. O resíduo formado possui materiais inorgânicos que se transformam em cinzas em conjunto com os resíduos orgânicos não convertidos. Acima de 400 °C ocorre principalmente a aromatização da biomassa e acima dessa temperatura a degradação (YAMAN, 2004).

Figura 5 - Análise térmica do tecido de juta (*Corchorus capsularis*) *in natura*

Fonte: Autor (2022)

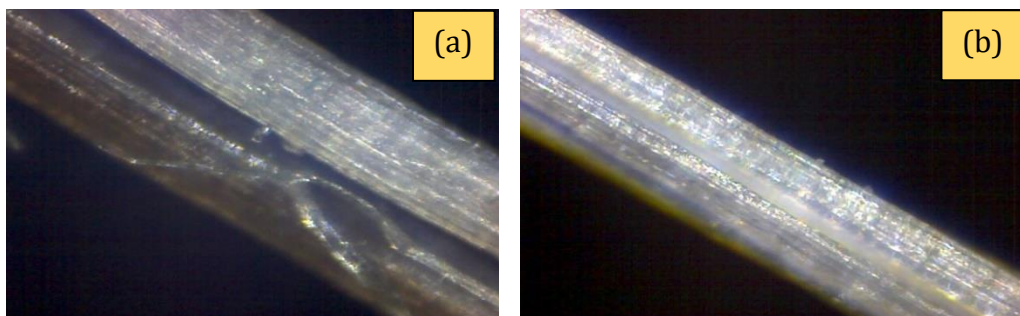
Na figura acima têm-se os resultados de TG/DTG da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) processada de forma apicoada. Nota-se perda de água e dois estágios de decomposição em que até a temperatura de 166,66 °C acontece perda de massa de 8,48%. Entre as temperaturas de 166,66 °C e 337,48 °C incide perda mássica de 28,06 % referente à decomposição da hemicelulose. A perda de massa de 46,07 % na curva TG entre o intervalo de 337,48 °C e 414,30 °C atribui-se à celulose. Não foi evidenciado por meios das curvas TG/DTG perda de massa referente à decomposição da lignina.

Após determinado aumento de temperatura, pode ser considerada a máxima para o processamento de materiais lignocelulósicos, cujas amostras atingem a temperatura de início de degradação (T_{onset}), iniciando a degradação irreversível da biomassa. Os estágios de degradação principais de materiais lignocelulósicos são mais facilmente analisados por meio das curvas DTG, cujos picos se formam devido à adição da decomposição primária de seus principais componentes.

6.1 Resultado do Ensaio de Microscopia da Fibra de Juta (*Corchorus capsularis*)

Na observação dos fios de juta, conforme mostrado nas Figuras 6 (a) e 6 (b), constatou-se que os fios possuem um diâmetro de 1mm, por comparação com o traço do papel milimetrado, o fio tem aparência transparente amarelada, não tendo sido encontrado nenhum defeito no cordão que pudesse prejudicar o desempenho da fibra.

Figura 6 (a) e 6 (b) – Imagem ampliada da fibra pelo aparelho de estereoscopia



Fonte: Autor (2022)

A cobertura que envolve o cordão de fios é da cor marrom claro, utilizada para proteger a fibra contra os raios UV, mantendo o conjunto de fios interligados mutuamente e que apresentou algumas fissuras, mas é considerado normal, tendo em vista ser um material flexível, sujeito a esforços de tração. O material analisado apresentou boas condições de manufatura e conservação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento térmico da fibra analisado por TG e DTG revelou evidências de perda de água e decomposição estrutural na mesma. Entre 80 °C ~ 100 °C, aproximadamente, 10 % de umidade da fibra são liberadas, cuja perda de massa inicial é referente a água das fibras lignocelulósicas.

A umidade existente na fibra prejudica a criação de uma interface boa entre a fibra e a matriz. Para além da secagem deverão ser aplicados tratamentos químicos à fibra para melhorar a adesão destas à matriz, quer seja por compatibilização química ou por aumento da rugosidade que permite um maior atrito e ligação com a matriz, exatamente o que nos revelou o ensaio de permeabilidade.

A caracterização microestrutural das fibras revelou modificações na superfície como rugosidades e depressões na superfície fato este mostrado no ensaio de MEV. Todos os ensaios e análises realizadas apresentaram resultados significativamente melhores quando a fibra passou por tratamento. De maneira geral, verificou-se e constatou-se a influência dos tratamentos aplicados na fibra da juta.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9939/11: **Agregado graúdo** – Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

ADRIAN, P. MOURITZ; RAJAPAKSE, Y.; **Explosion blast response of composites**, Journal of Composite Materials, Vol.49, pp.1141-1147, 2018.

ADRIANO, V. IGOR.; AWREJCEWICZ, JAN.; DANISHEVSKYY, V. VLADYSLAV. **Asymptotical Mechanics of Composites Modelling Composites without FEM**, Cultural Científico, Vol.35, pp. 2369-2380, 2017.

ASASUTJARIT, C.; CHAROENVAI, S.; HIRUNLABH, J.; KHEDARI, J. Materials and mechanical properties of pretreated coir-based green composites. **Composites Part B: Engineering**, v. 40, n. 7, p. 633-637, 2009.

BALLESTEROS, J. E. M; SANTOS, S. F.; MÁRMOL, G.; SAVASTANO JR, H; FIORELLI, J. Evaluation of cellulosic pulps treated by hornification as reinforcement of cementitious composites. **Construction and Building Materials**, v. 100, p. 83-90, 2015.

CHAFEI, S. *et al.* **Influence du traitement des fibres de lin sur la rhéologie et les performances d'un mortier-analyse de la durabilité.** In: FRENCH INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1., 2012, Toulouse. Proceedings. Toulouse: NoMaD, 2012.

CHAFEI, S. *et al.* Optimizing the formulation of flax fiber-reinforced cement composites. **Construction and Building Materials**, Guildford, v. 54, n. 1, p. 59-64, Mar. 2014.

CLARAMUNT, J.; ARDANUY, M.; GARCÍA-HORTAL; J. A.; TOLÊDO FILHO, R. D. The hornification of vegetable fibers to improve the durability of cement mortar composites. **Cement and Concrete Composites**, v. 33, n. 5, p. 586-595, 2011.

DINIZ, J. M. B. F.; GIL, M. H.; CASTRO, J. A. A. M. Hornification—its origin and interpretation in wood pulps. **Wood Science and Technology**, v. 37, n. 6, p. 489-494, 2004.

FERREIRA, S. R.; SILVA, F. A.; LIMA, P. R. L.; TOLDEO FILHO, R. D. Effect of hornification on the structure, tensile behavior and fiber matrix bond of sisal, jute and curauá fiber cement based composite systems. **Construction and Building Materials**, v. 139, p. 551- 561, 2017.

FERREIRA, S. R.; PEPE, M.; MARTINELLI, E.; SILVA, F. A.; TOLEDO FILHO, R. D. Influence of natural fibers characteristics on the interface mechanics with cement-based matrices. **Composites Part B: Engineering**, v. 1401, p. 183-196, 2018.

FIDELIS, M. E. A. **Desenvolvimento e caracterização mecânica de compósitos cimentícios têxteis reforçados com fibras de juta.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

JAHAN, M.S. *et al.* Chemical characteristics of ribbon retted jute and its effect on pulping and papermaking properties. **Industrial Crops and Products**, v. 84, p. 116 – 120, 2016.

KABIR, M. M.; WANG, H.; LAU, K. T.; CARDONA, F. Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview. **Composites Part B: Engineering**, v. 43, n. 7, p. 2883-2892, 2012.

KLOCK, U.; MUNIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, I. S. **Química da Madeira**, 3. ed., Universidade Federal do Paraná, 2005.

LERTWATTANARUK, P. SUNTIJITTO, A. Properties of natural fiber cement materials containing coconut coir and oil palm fibers for residential building applications. **Construction and Building Materials**, v. 94, p. 664-669, 2015.

MARQUES, S. G. M. **Estudo das propriedades físicas e mecânicas e da durabilidade de compósitos cimentícios reforçados com fibra amazônica.** Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlo-SP, 2015.

MANSOURIAN, A; RAZMI, A; RAZAVI, M. Evaluation of fracture resistance of warm mix asphalt containing jute fibers. **Construction e Building Materials**, v. 117, p. 37 – 46, 2016.

MELO FILHO, J. A. **Desenvolvimento e caracterização de laminados cimentícios reforçados com fibras longas de sisal.** 2005. 124 f. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, COPPE, 2005.

NEITHALATH, N.; WEISS, J.; OLEK, J. Acoustic performance and damping behavior of cellulose–cement composites. **Cement and Concrete Composites**, v. 26, n. 4, p. 359-370, 2004.

QUIROGA, A. MARZOCCHI, V., RINTOUL, I. Influence of wood treatments on mechanical properties of wood–cement composites and of Populus Euroamericana wood fibers. **Composites Part B: Engineering**, v. 84, p. 25-32, 2016.

RAMESH, M.; PALANIKUMAR, K.; REDDY, K. H. Plant fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 558 – 584, 2017.

RATHORE, A.; PRADHAN, M. K. Hybrid Cellulose Bionanocomposites from banana and jute fibre: A Review of Preparation, Properties and Applications. **Materials Today: Proceedings**, v. 4, n. 2, p. 3942-3951, 2017.

SATYANARAYANA K.G. GUIMARÃES. J.L. WYPYCH F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 38, 1.7, p.1694-1709, 2007.

SEGAL, L. et al. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. **Textile Research Journal, Princeton**, v. 29, n. 10, p. 786-794, Oct. 1959.

SHOKRIEH, M. MAHMOOD. Residual stresses in Composites. **Composites Structures**, Vol.92, pp.2901-2905, 2017.

SPINACÉ, M. A. S.; LAMBERT, C. S.; FERMOSELLI, K. K. G.; PAOLI, M. A. Characterization of lignocellulosic curaua fibres. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, n. 1, p. 47- 53, 2009.

TAPPI. **T 204 om-88**: Solvent extractives of wood and pulp. 2007.

TAPPI. **T 222om-88**: Acid-insoluble lignin in wood and pulp. 2006.

TAPPI. **T 257 cm-85**: Sampling And Preparing Wood For Analysis. 2002.

THOMAS, M. G. et al. Nanocelluloses from jute fibers and their nanocomposites with natural rubber: preparation and characterization. **International Journal of Biological Macromolecules**, Guildford, v. 81, n. 1, p. 768-777, Nov. 2015.

YILMAZ, N. D. **Agro-Residual Fibers as Potential Reinforcement Elements for Biocomposites**. In **Lignocellulosic Polymer Composites**, Thakur V.K., Edd.; Scrivener Pulising: Denizli, Turkey, 2014, p. 231-270.

YAMAN, S. Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstock. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 45, n. 1, p. 651-671, Nov. 2004.

3.3 ARTIGO 03

Uma análise das propriedades mecânicas da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*): A fibra amazônica.

Abel de Oliveira Costa Filho¹, Dimas José Lasmar², Jamal da Silva Chaar³

¹Discente; Doutorando no PPGBIOTEC - UFAM.

²Doutor em Engenharia de Produção pela UFRJ e Professor no PPGBIOTEC – UFAM

³Doutor em Ciências (Química-Química Analítica) pela USP e Professor na UFAM

abelcostajr@ufam.edu.br; dimas_lasmar@ufam.edu.br;
jchaar@gmail.com

Abstract. In Brazil, it is possible to find a wide variety of lignocellulosic fibers with different chemical, physical and mechanical properties capable of increasing the resistance of polymers, acting as reinforcement in polymer matrices. In this work, polymer composites were developed using epoxy resin reinforced with jute fibers (*Corchorus capsularis*) as a matrix. This native fiber is typical of the Amazon region, easily found and still little studied. The behavior of these fibers inserted into the epoxy resin were evaluated in terms of mechanical properties. Four-point bending mechanical testing techniques of the fiber-reinforced composite were used. The results of mechanical tests on specimens manufactured with fiber and epoxy resin demonstrate that, when subjected to direct tensile stress, it gains greater resistance and stiffness capacity, even reducing the coefficient of variation. Overall, the results were promising, as it enabled the inclusion of jute plant fiber (*Corchorus capsularis*) in the composite.

Keywords: Jute fiber, Epoxy resin, bending test

Resumo. No Brasil é possível encontrar grande diversidade de fibras lignocelulósicas com diferentes propriedades químicas, físicas e mecânicas capazes de elevar a resistência dos polímeros atuando como reforço em matrizes poliméricas. Neste trabalho foram desenvolvidos compósitos poliméricos, utilizando como matriz a resina epóxi reforçada com fibras de juta (*Corchorus capsularis*). Esta fibra nativa é típica da região amazônica, facilmente encontrada e ainda pouco estudada. O comportamento destas fibras inseridas na resina epóxi foram avaliadas quanto às propriedades mecânicas. Foi utilizado as técnicas ensaio mecânico de flexão a quatro pontos do compósito reforçado com a fibra. Os resultados dos ensaios mecânicos, dos corpos- de-prova manufaturados com fibra e resina epóxi demonstram que, quando submetida à esforços de tração direta, ganha maior capacidade de resistência e de rigidez, reduzindo inclusive o coeficiente de variação. No geral, os resultados foram promissores, pois possibilitou a inclusão da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) no compósito.

Palavra chave: Fibra de juta, Resina epóxi, ensaio de flexão

1 Introdução

A juta, proveniente da planta *Corchorus capsularis*, é um recurso de extrema relevância devido à sua resistência e capacidade de adaptação. Com suas origens possivelmente no subcontinente indiano, esta fibra é cultivada há muitos anos e tem sido empregada na confecção de tecidos, cordas, sacos e tapetes. Reconhecida por suas excelentes propriedades mecânicas, essa fibra se destaca como um recurso valioso em diversas aplicações da indústria e tecnologia.

O aumento tecnológico atual está caminhando no sentido adverso ao modelo de civilização imposto pela Revolução Industrial. Modelo este alicerçado na industrialização, com seu formato de produção e aparelhamento do trabalho, a mecanização da agricultura e o emprego de matérias primas não renováveis. Ao difuso do último meio século, fibras naturais veem sendo substituídas por fibras artificiais tais como o acrílico, o náilon, poliéster e polipropileno e o sucesso destes produtos sintéticos se deve principalmente ao custo.

De acordo com Morrison e Golden (2015), muitos países puseram incentivos para o aproveitamento de fontes renováveis de insumo com o objetivo de dar recurso a dificuldades de caráter ambiental, procurando, ainda, estimular a geração de emprego e o crescimento econômico. Ao mesmo tempo, conforme os autores acima expostos, também a iniciativa privada reiterou o seu acordo de fazer uso de insumos biológicos procurando implementar um modelo econômico com características de sustentabilidade.

Entretanto, com o crescimento da humanidade, sua capacidade de interferir na natureza para satisfazer suas necessidades e desejos crescentes, surgiram também questões referentes ao uso e esgotamento dos recursos e, por conseguinte, surgiram os movimentos que refletem a crescente conscientização ambiental da população.

Neste contexto, a busca por novos materiais, de preferência os de origem natural, tem aumentado. Essa mudança está levando a indústria a dar prioridade à utilização de materiais naturais; entretanto, com um maior acesso a informações e avanços tecnológicos, o que pode viabilizar sua aplicação de forma mais eficaz, juntamente com a dedicação à pesquisa por métodos e técnicas mais sustentáveis e eficientes.

Partindo deste contexto, as fibras vegetais são um recurso renovável por excelência com as mais diversas aplicações tais como na construção civil, naval, indústria têxtil, na área da saúde, entre muitas outras. As fibras vegetais podem ser utilizadas não somente para tecidos, mas também para fabricação de fios, cordames, não tecidos, compósitos em substituição aos fabricados em madeira ou materiais sintéticos, sendo que o Brasil possui uma grande

variedade de fibras naturais.

A fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) constitui-se de um material sustentável, já possuindo aplicações correntes e outros aproveitamentos ainda sendo pesquisados. Por outro lado, de muitas outras espécies vegetais brasileiras e suas respectivas fibras, pouco ou nada é conhecido sobre suas características e possíveis aplicações.

A cultura desta fibra, já por quase meio século, tem sido importante para a economia da região amazônica, em função de sua capacidade de fixação da população no campo e da utilização de forma produtiva das áreas de várzea na extensão do Rio Amazonas, mais especificamente nos municípios localizados à margem do rio nos estados do Amazonas e Pará. Isto se deve, em grande parte, à relativa facilidade de exploração regional dessas plantas e ao sucesso da comercialização das fibras no mercado nacional, aliado à extraordinária adaptação da juta na região.

Diante disto, esta revisão pretende mostrar o quão necessário é o ensaio de flexão no compósito manufaturado de resina epóxi e fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Armadura fibrosa

Neste artigo foi utilizado fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) impregnada com resina epóxi, para reforço do compósito da forma contribuinte.

2.1.2 Fibra de juta (*Corchorus capsularis*)

A fibra de juta (*C. capsularis*) usada na pesquisa foi fornecido pela empresa JUTAL S.A. Esse material foi adotado, na hipótese de facilitar no escoamento sem dificultar ou reduzir a viscosidade da matriz fibrosa durante a moldagem das placas de amostras da forma colaborante.

2.1.3 Resina de Epóxi

A resina adotada neste artigo, para impregnação da fibra de juta (*C. capsularis*), com a finalidade de transforma-la em armadura têxtil, é a tecbond TIX quartzolit, de fabricação da empresa Saint-Gobain do Brasil Produtos Industriais e para Construção (WEBER, 2021). Trata-se de um adesivo estrutural à base de resina epóxi, bi componente, isento de solventes, com alta viscosidade e com tempo de pega normal, sendo composto também por agregados

devidamente dosados. Segundo o fabricante é um material que foi desenvolvido para uso exclusivo em concreto. No boletim técnico, também são apresentadas as propriedades e as características técnicas, da resina tecbond TIX quartzolit conforme o quadro da Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades e características técnicas da resina de epóxi

Propriedades e características	Parâmetros
Massa específica	2,009 kg/dm ³
Tempo de manuseio (vida útil)	60 minutos à 25° C
Cura inicial e final	24 horas /7 dias
Temperatura de aplicação	5° à 35° C
Temperatura de serviço	-30° à 70° C
Resistência à compressão 24h	40 Mpa (NBR 5739)
Resistência à compressão 7 dias	50 Mpa (NBR 5739)

Fonte: adaptado de Weber (2021)

2 Metodologia

O comportamento mecânico à tração na flexão dos corpos-de-prova, produzidos com o compósito da forma auxiliar, foi analisado mediante a NBR 15498 (2021) que estabelece os requisitos e métodos de ensaios de placas cimentícias reforçadas com fibras, fios, filamentos ou telas, com exceção das fibras de amianto. As principais propriedades obtidas nesse tipo de ensaios são:

- Tensão de resistência à tração ou módulo de ruptura na flexão;
- Módulo de elasticidade à flexão;
- Módulo de resiliência à flexão; e
- Módulo de tenacidade à flexão.

A NBR 15498 (2021), nos pede ensaios de flexão à três pontos, no entanto, nesta pesquisa, os ensaios foram efetuados por meio da flexão a quatro pontos, com a finalidade de submeter os corpos-de prova ao mesmo esforço máximo, condicionando o rompimento no local onde existiam maiores concentrações de tensões (Fredel *et al*, 2015). Nesse ensaio, foram utilizados corpos-de prova com as dimensões de 50 x 400 x 10 mm, extraídos de placas auxiliar. A Figura 01, mostra o as placas já cortadas sendo preparadas para o ensaio.

Figura 01 - apresentação dos corpos-de-prova para o ensaio



Fonte: Autor (2024)

Neste ensaio foram utilizadas 09 (nove) placas. As placas (P₁ e P₂) não foram utilizadas, a (P₁), que foi manufaturada somente com a resina de epoxi (sem reforço da fibra) e (P₂), produzida com resina epoxi e fibra, ambas serviram de referência (REF) para o ensaio. As três restantes foram, as placas (P₄), (P₅) e (P₆) produzidas com a resina epoxi reforçada com fibra de juta (*Corchorus capsularis*) bem como suas réplicas respectivamente. Os cortes das placas levaram em conta as direções das fibras.

Em relação as placas P₁ e P₂, foram extraídos 03 (três) corpos-de-prova de cada placa, perfazendo um total de 6 (seis) corpos-de-prova, conforme relacionados na Tabela 01.

Tabela 01: Relação dos corpos-de-prova disponíveis para os ensaios de tração na flexão

CORPO-DE-PROVA	REFORÇO	DIMENSÕES
CP1/1	Sem reforço - REF	50x400x10 mm
CP2/2	Com reforço - REF	50x400x10 mm
CP3/1	Com reforço	50x400x10 mm
CP3/2	Com reforço	50x400x10 mm
CP3/3	Com reforço	50x400x10 mm

Fonte: Autor (2024).

As placas antes de serem cortadas, passaram pelo procedimento de cura úmida, ficaram armazenados em ambiente com temperatura controlada de 21 ± 1 °C, por um período de 40 horas de secagem, para então, serem levados aos ensaios de flexão.

O dispositivo utilizado nos ensaios de flexão, foi o modelo AME-5kN de marca Oswaldo Filizola, que tem a capacidade máxima de 5000 N, instalado no Laboratório LAMAC – UFAM. Os resultados dos ensaios foram obtidos do relatório fornecido pelo programa DynaView Pro M, que também controla o dispositivo, onde foi programado uma velocidade constante para os ensaio de 5 mm/min.

Devido a forma geométrica da secção transversal e considerando as cargas que provocaram as fraturas dos corpos-de-prova, as tensões máximas de resistência a flexão, foram calculadas mediante a expressão da flexão pura, apresentada a seguir.

$$\sigma_r = \pm \frac{M \cdot y_t}{I_x} \quad M = \frac{C_{max} \cdot l}{2} \quad (1)$$

Onde:

σ_r = tensão de resistência máxima no limite da ruptura, expresso em MPa;

M = Momento máximo de flexão, expresso em kN.mm;

I_x = Momento de inércia, expresso em mm⁴;

y_t = distância da linha neutra à extremidade mais tracionada;

C_{max} = Carga máxima de ruptura, expresso em N;

l = distância entre o cutelo e o apoio, expresso em mm.

Para determinar a deformação linear (ϵ_l), a partir dos valores das deflexões obtidas nos relatórios dos ensaios de tração na flexão, foi empregada a seguinte expressão.

$$\epsilon_l = \frac{\epsilon_f - \epsilon_i}{\epsilon_i} \quad (2)$$

Onde:

ϵ_i = deformação inicial, (distância entre apoios), correspondente comprimento da corda do arco, expresso em mm;

ϵ_f = deformação final, correspondente ao comprimento do arco formado pela flexão, expresso em mm.

Para o cálculo do módulo de elasticidade a flexão (E_f), foi utilizada a formula a seguir, empregada em materiais frágeis (Fredel *et al*, 2015). E também, considerando que os rompimentos ocorreram no terço central, através de uma única fratura nos corpos-de-prova.

$$E_f = \frac{1}{48} \cdot \frac{C_{max} \cdot L^3}{f \cdot I} \quad (3)$$

Onde:

E_f = módulo de elasticidade a flexão, expresso em GPa;

C_{max} = carga máxima na ruptura, obtida nos ensaios de flexão, expresso em N;

f = flecha máxima correspondente a C_{max} , obtida nos ensaios de flexão, em mm;

L = comprimento do vão entre os apoios do dispositivo, expresso em mm;

I = momento de inércia do corpo-de-prova.

As propriedades de resiliência e tenacidade foram obtidas por intermédio da equação abaixo, que determinam as energias acumuladas por unidade de volume, correspondentes as áreas sob as curvas. Sendo o módulo de resiliência (Urf) calculado no regime elástico, até o limite da proporcionalidade.

$$Urf = \sum_0^{\epsilon_p} \sigma_e \cdot \epsilon_e \quad (4)$$

Onde:

Urf = resiliência em flexão, expressa em J/m³;

σ_e = tensões no regime elástico, expresso em MPa;

ε_e = deformações no regime elástico;

ε_p = deformação no limite da proporcionalidade, antes do rompimento da placa.

O módulo de tenacidade na flexão (U_{tf}), foi determinado considerando as deformações e tensões, que ocorreram nos regimes elástico e plástico, e que provocaram o rompimento e tração nas fibras mais externas dos corpos-de-prova até o limite da sua ruptura, de acordo com a expressão a baixo.

$$U_{tf} = \sum \varepsilon_e \sigma_e + \sum \varepsilon_r \sigma_r \quad (5)$$

Onde:

U_{tf} = tenacidade em flexão, expressa em J/m³;

σ_r = tensões no regime plástico, até o limite da ruptura, expresso em MPa; e

ε_r = deformações no regime elástico, até o limite da ruptura.

3 Resultados

3.1 Neste tópico são apresentadas as conclusões sobre o ensaio de tração feito em quatro pontos no compósito manufaturado com fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) e resina epóxi.

A Tabela 02 apresenta os dados extraídos do relatório dos ensaios de tração na flexão, em que estão relacionados os valores correspondentes a carga e a deflexão máxima na ruptura dos corpos-de-prova as respectivas médias e coeficientes de variação.

Tabela 02: Informações do relatório dos ensaios de tração na flexão do compósito da fibra.

PLACA	CORPO-DE-PROVA N°	REFORÇO	MATERIAL	CARGA MÁX (N)	DEFLEXÃO MÁX (MM)	DESVIO PADRÃO
P1	CP1/1	Sem reforço	REF	265,20	1,367	36,173
	CP1/2	Sem reforço	REF	274,80	1,285	
	CP1/3	Sem reforço	REF	332,10	1,245	
			Média	290,70	1,299	38,165
			CV	12,44	5,94	
P2	CP2/1	Com reforço	REF	343,20	1,337	38,165
	CP2/2	Com reforço	REF	335,95	1,119	
	CP2/3	Com reforço	REF	273,77	0,789	
			Média	317,64	1,08	9,462
			CV	12,01	25,53	
P3	CP3/1	Com reforço	Fibra de juta	473,40	1,217	9,462
	CP3/2	Com reforço	Fibra de juta	491,90	1,258	
	CP3/3	Com reforço	Fibra de juta	479,20	1,763	
			Média	481,50	1,412	21,89
			CV	1,97	21,89	

Fonte: Autor, 2024

Os resultados da tração na flexão, com analogia, aos aspectos visórios dos corpos-de-prova, proporcionam comportamento típico de material com propriedade de fratura frágil, partindo de uma única fissura que se propagam transversalmente, rompendo a placa na região próximo ao meio, conforme mostra a imagem (b) da Figura 02. Os ensaios dos corpos-de-prova foram paralisados quando as forças sobrepostas a eles atingiram níveis muito abjetos, portanto não ocorrendo rompimento total da placa.

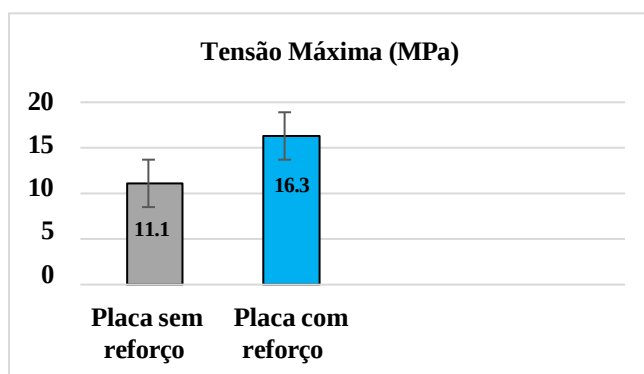
Figura 02 – Ensaio de flexão (a), rompimento de corpo-de-prova (b)



Fonte: Autor, 2024

No gráfico abaixo, são apresentados os valores médios calculados para as tensões máximas na ruptura dos corpos-de-prova ensaiados. A cor cinza representa os corpos-de-prova de referência (matriz sem reforço de fibra), as azuis referem-se ao compósito reforçado com fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) e resina epóxi.

Gráfico 01 - Tensões máximas média na ruptura à tração na flexão dos corpos-de-prova.



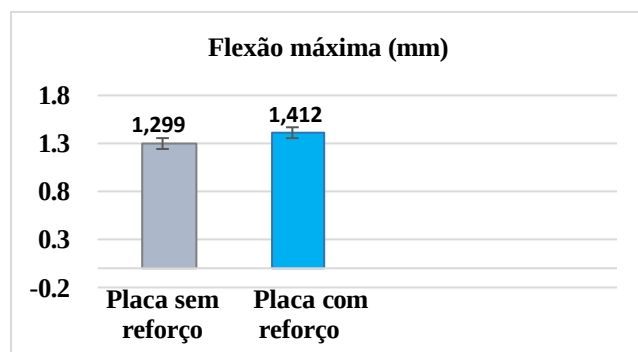
Fonte: Autor, 2024

Conforme pode ser observado no gráfico 01, os corpos-de-prova produzidos apenas com a matriz epóxi de referência, apresentaram uma resistência máxima média na ruptura à tração na flexão de 11,10 MPa. Os corpos-de-prova produzidos com a matriz de epóxi e reforçados com fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*), apresentaram uma resistência de 16,3 MPa. Comparando os resultados da matriz de epóxi de referência, com os dos compósitos reforçados com fibra de juta, observa-se que ocorreram acréscimos bastantes expressivos nas

resistências das matrizes dos compósitos até seus rompimentos, correspondendo a 46,80 % de aumento.

O gráfico 02 a seguir apresenta a comparação entre os resultados médios das deflexões máximas, que ocorreram nos corpos-de-prova, no momento da ruptura, durante os ensaios.

Gráfico 02 - comparação entre os resultados médios das deflexões máximas.

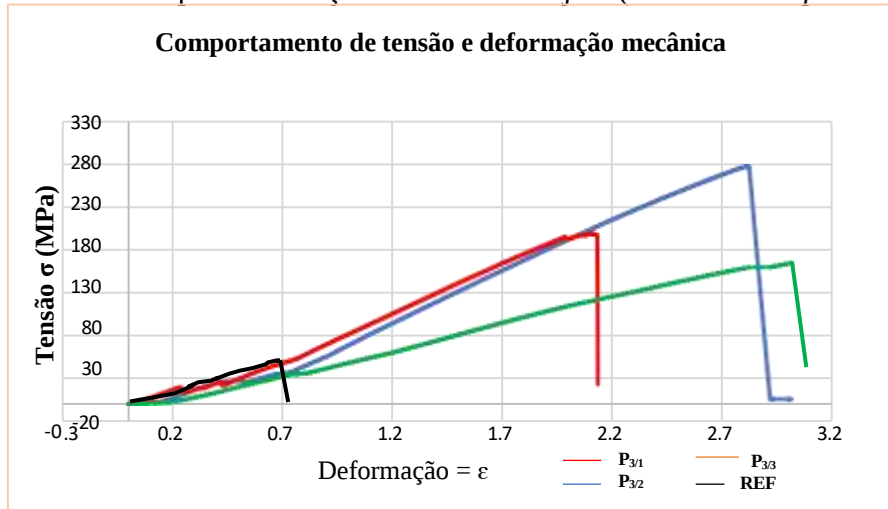


Fonte: Autor, 2024

Na comparação do Gráfico 02, observa-se que os dados do relatório indicaram haver redução nos comprimentos das flechas dos corpos-de-prova dos compósitos reforçados com fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*), em relação ao resultado médio da deflexão da matriz de epóxi de referência (sem reforço), compreendendo uma redução de 8,7 % na flecha do compósito reforçado com a fibra usada no ensaio.

Os gráficos de tensão versus deformação ($\sigma \times \epsilon$), que está apresentado abaixo, mostra o comportamento mecânico dos corpos-de-prova, extraídos das placas e reforçado com fibras de juta (*Corchorus capsularis*). Nos quais também é evidenciado o comportamento médio dos corpos-de-prova extraídos da placa P1 correspondente a matriz que serve de referência (REF) nas comparações.

Gráfico 03 - compósito reforçado com fibra de juta (*Corchorus capsularis*).



Fonte: Autor, 2024

No gráfico 03, é possível observar o comportamento mecânico dos compósitos mostrando os efeitos esperados por conta da impregnação da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) com resina epóxi. As propriedades adquiridas pelos compósitos expressadas no gráfico referido, estão relacionadas na Tabela 03, a seguir.

Tabela 03 - Valores médios das (σ_{max}), E_f , (ε_l), (U_{rf}), (U_{tf}) e (CV) referentes aos ensaios de tração na flexão.

Placa	Reforço	Tensão máx		Módulo		Deformação		Resiliência		Tenacidade	
		σ_{max} MPa	CV (%)	E_f GPa	CV (%)	ε_l m	CV (%)	U_{rf} kJ/m ³	CV (%)	U_{tf} kJ/m ³	CV (%)
P 1	REF	11,10	12,20	28,9	12,6	$7,10 \times 10^{-5}$	11,7	10,63	14,3	-	-
P 2	Com fibra de juta	16,30	12,64	42,9	12,9	$3,29 \times 10^{-5}$	31,1	4,03	41,2	20,99	14,7

Fonte: Autor, 2024

Houve aumento da resistência à tração e maior rigidez nos módulos elásticos das matrizes dos compósitos reforçados com fibra em comparação com a matriz de referência, resultando em uma menor deformabilidade. Esse fenômeno ocorre devido ao acréscimo de compressão causado pela aplicação de força de tração nos fios da fibra de juta (*Corchorus capsularis*). Além disso, após a ocorrência de fissuras nas matrizes, os reforços conferiram novas propriedades aos compósitos, tornando-os mais tenazes.

Ao comparar a placa matriz com os compósitos reforçados com fibra de juta (*Corchorus capsularis*), podem-se observar os consideráveis ganhos obtidos. A impregnação da resina epóxi na fibra resultou em um aumento médio de 47,0 % na tensão máxima suportada e de 189,0 % no módulo de resiliência.

4 Referencias

FREDEL, Ing. Marcio C.; ORTEGA, Patricia; BASTOS, Edson. **Propriedades Mecânicas: Ensaio Fundamentais**. Volume 1 ed. [S.l.]: file:///C:/Users/louis/Downloads/apostila-do-labora- torio-de-propriedades-MEC-160315%20(1).pdf, 2015.

MORRISON, B.; GOLDEN, J. S. An empirical analysis of the industrial bioeconomy: implications for renewable resources and the environment. **Bioresources**, v. 10, n. 3, p. 4.411-4.440, 2015.

NBR 15498, ABNT. **Placas de fibrocimento sem amianto - Requisitos e métodos de ensaio.pdf**. . Rio de Janeiro RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2021.

CÁPITULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O foco desta pesquisa não se limita apenas ao cultivo da juta (*Corchorus capsularis*) no Estado do Amazonas, que pode ser visto como uma prática de aprimoramento da terra, valorizando o meio ambiente por ser uma tradição típica das áreas alagadas. Além disso, é também dedicado ao estudo minucioso de sua composição química e morfológica. Na próxima seção serão destacados alguns dos resultados mais significativos obtidos nesta pesquisa. Os contextos da investigação serão apresentados e sugeridas novas pesquisas com base nas lacunas identificadas.

4.1 Considerações finais

Os resultados alcançados com esta pesquisa foram descritos em 2 artigos publicados: um em revistas de Qualis B 2 e outro de Qualis A2, e em um terceiro a ser submetido para publicação, associados aos objetivos específicos.

Objetivo Específico “a” - Refletir sobre a dinâmica da economia jutícula do Estado do Amazonas.

Os resultados do objetivo específico “a” foram alcançados com a publicação do Artigo 1, que tem como título: Ouro da várzea amazônica: panorama e estímulo para o cultivo da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) e geração de emprego para os ribeirinhos no estado do Amazonas.

O artigo apresenta como resultados da análise na primeira parte da pesquisa, a cadeia produtiva de fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*) concentrada na Região Norte do País, mais especificamente nos estados do Amazonas e Pará, que é uma atividade não tão significativa, em termos quantitativos. No entanto, refletindo sobre as peculiaridades da região, tanto o volume de divisas gerado como o número de pessoas atingidas, a manutenção dessa atividade é basilar para a economia e o progresso das regiões das várzeas amazônicas. Contudo, apesar da sua relevância, é fato que nos últimos anos tem ocorrido um declínio contínuo desta cultura, expresso em reduções da área cultivada, plantação e produtividade.

A deficiência de um programa articulado entre as empresas, institutos de pesquisa e o governo que seja capaz de incorporar em uma estratégia competitiva de longo prazo, idêntico registrado nos países asiáticos produtores de juta (*Corchorus capsularis*), comprometeu o desenvolvimento da atividade de produção destas fibras na Amazônia Brasileira.

Criar condições de revitalização é compreender que este ato estaria valorizando um

produto amazônico, fortalecendo a indústria genuinamente regional e, o mais importante, estaria oportunizando a geração de renda às populações das regiões de várzeas. A consequentemente seria o aprimoramento da qualidade de vida desses trabalhadores ribeirinhos que ao longo do tempo conservaram e aperfeiçoaram o conhecimento de processar a fibra dessa planta.

A ação do Governo, através do IDAM, para a distribuição das sementes de juta (*Corchorus capsularis*), é vista como ação positiva pelos cooperados agricultores, porém, a quantia distribuída ainda é insuficiente para minimizar os custos, por vezes, a quantidade distribuída compensa apenas o percentual de detrimento da produção causado principalmente pelas enchentes dos rios.

Como fatos da história da economia da Amazônia, o sucesso e auge da atividade em torno da planta na região logo se viram estagnadas, sendo pouco estimada no ponto de vista técnico e colapsada pela concorrência de outros segmentos. Seu declínio e inviabilidade de produção deixaram uma lacuna nas relações de trabalho em algumas áreas de produção perdurando até os dias atuais, em que seu cultivo ainda é feito de forma rudimentar e carente de incentivos de várias partes. Economicamente a juta (*Corchorus capsularis*) tornou-se inviável pelo alto custo que representa em comparação com outras fibras que servem para o acondicionamento de produtos naturais, assim como o modo de trabalho como é hoje praticado parece menos valorizado do que antigamente.

Ainda assim, o estudo sobre as relações sociais em torno da produção de juta (*Corchorus capsularis*) apresentam novos caminhos para a compreensão sobre como as relações de trabalho ocorriam na região em torno do comércio de produtos naturais. Criar qualidades a essa revitalização é compreender que este ato estaria estimando um artigo genuinamente amazônico, fortalecendo as indústrias de aniagem e o mais importante, estaria oportunizando a geração de renda às populações das regiões de várzeas, por conseguinte melhorando a condição de vida desses trabalhadores ribeirinhos que ao longo do tempo preservaram e aprimoraram esse conhecimento de processar a fibra dessa planta.

Existe a possibilidade, ainda a ser estudada, de investimentos para a exploração e expansão da atividade jutícola na região. Por ser a fibra de juta (*Corchorus capsularis*) um produto com enorme inconsistência e inúmeras possibilidades, muito semelhantes aos padrões de sustentabilidade, por isso possui um enorme capital ecológico e também um modelo agrícola que foi integrado ao conhecimento dos ribeirinhos. Desde a década de 90, a esfera pública nos estados do Amazonas e do Pará abandonou a cultura desta fibra, uma escolha política e antiecológica. Analisando-se a história da Amazônia, mas acima de tudo vislumbrando o futuro,

esse modelo agrícola é uma das muitas formas de construir uma Amazônia ecologicamente desenvolvida que é uma necessidade para sua proteção.

Os resultados dos objetivos específicos “b”, “c” e “d” foram alcançados com a publicação do Artigo 2: Uma análise das propriedades químicas e morfológicas da fibra vegetal de juta brasileira (*Corchorus capsularis*): A fibra amazônica e também com a pré-publicação do Artigo 03: Uma análise das propriedades mecânicas da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*): A fibra amazônica.

Objetivo Específico “b” - Apresentar o índice de cristalinidade da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*)

A partir da análise de DRX é possível verificar cinco picos largos que caracterizam o material, neste ensaio foi observado regiões apresentando estruturas cristalinas com picos de difração e índice de cristalinidade no valor de $CrI = 60,29\%$ para as fibras que sofreram tratamentos e regiões amorfas em grande proporção. Os tratamentos implementados nas fibras removeram parte de material amorfo, proporcionando um maior empacotamento das cadeias celulósicas. Assim, pode-se afirmar que as fibras tratadas terão melhor interação com a resina epóxi para a manufatura do compósito. Todos os valores reportados corroboram com os encontrados em literatura.

Objetivo Específico “c” - Avaliar as propriedades mecânicas e térmicas da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*);

O compósito, desenvolvido a partir de fibras de juta (*Corchorus capsularis*) e resina epóxi, adquiriu propriedades que toleraram sua utilização como reforço na forma colaborante cimentícia. Os procedimentos de impregnação com a resina epóxi, além de revestir, proporciona também a aderência entre as fibras externas dos fios com a resina epóxi. Os resultados dos ensaios mecânicos dos corpos-de-prova do compósito demonstraram que, quando submetida à esforços de tração, ganha maior capacidade de resistência e de rigidez, reduzindo inclusive o coeficiente de variação.

Os resultados mecânicos são promissores, caracterizando adesão entre os constituintes com elevado módulo de ruptura, resiliência, tenacidade e aumento de rigidez do módulo de elasticidade da placa fibrada com resina epóxi, o que promoveu menor deformabilidade.

O comportamento térmico de fibra de juta analisado por TG e DTG revela evidências de perda de água e decomposição estrutural. Entre $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, aproximadamente 10% de umidade da fibra é liberada, em que a perda de massa inicial é referente a água das fibras lignocelulósicas.

Objetivo Específico “d” - Estudar os aspectos estruturais da fibra de juta (*Corchorus capsularis*), através da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

A caracterização microestrutural das fibras revela modificações na superfície como rugosidades e depressões na superfície fato este mostrado no ensaio de MEV. Todos os ensaios e análises realizadas apresentam resultados significativamente melhores quando a superfície da fibra passa por tratamento. Isso indica que o processo de tratamento é capaz de remover uma quantidade significativa da massa amorfa que se situa entre as microfibrilas, tais como lignina, impurezas e polissacarídeos de baixa massa molar. De maneira geral, os objetivos propostos nesta tese foram alcançados uma vez que se verifica a influência dos tratamentos aplicados na fibra.

Objetivo Específico “e” - Confeccionar um barco de fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*).

Para visualizar este objetivo verificar no Apêndice B desta tese.

Os testes realizados em laboratório confirmaram a viabilidade de utilizar fibra de juta (*Corchorus capsularis*) na construção de barcos pequenos e econômicos para serem usados como meio de transporte nos rios da Amazônia.

Durante o teste realizado em um ambiente fechado (piscina), foi constatado que não há vazamentos, nem abaixo nem acima da superfície da água. Além disso, foram analisados o desempenho, a facilidade de manuseio e o conforto do equipamento que se mostram satisfatórios

Finalmente, como contribuição acadêmica a presente pesquisa pode beneficiar o desenvolvimento de novas investigações que tenham como foco a utilização da fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*), considerando outras nuances, práticas, relações entre outras variáveis, bem como outros procedimentos de exploração, não adotados nesta pesquisa.

Espera-se que novas análises possam ser realizadas sobre o tema, acrescentando novos conhecimentos sobre a exploração e uso da fibra de juta (*Corchorus capsularis*) no Estado do Amazonas. Os efeitos prováveis seriam inovações tecnológicas nos processos de plantio, colheita e manufatura, necessários para contribuir com o desenvolvimento sustentável do estado.

4.2 Recomendações para futuros trabalhos: políticas e ações

Por entender que não é prudente o desamparo de uma atividade produtiva

extremamente adaptada à várzea amazônica, e por ter a convicção, baseado em dados teóricos e empíricos de que a fibra de juta (*Corchorus capsularis*) é produto de baixa entropia, produto que gera externalidade positiva e com grande potencial de mercado, recomendo:

- Fios trançados com cordões de juta (*Corchorus capsularis*), que são utilizados na tecelagem dos tecidos das sacarias, esse efeito, aumenta sua rigidez e diminui o coeficiente de variação;
- Estudo da absorção, de placas impregnada com fibra vegetal de juta (*Corchorus capsularis*), em outros fluidos como o petróleo e água do mar.
- Ampliação das políticas públicas para o setor, como a subvenção, distribuição de sementes, garantia de compra da safra e preço mínimo;
- Apoio irrestrito às Cooperativas locais; e
- Avaliação da capacidade de infiltração de água na embarcação em um cenário externo (rio), já que o modelo foi anteriormente testado apenas em condições controladas (piscina).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9939/11**: Agregado graúdo – Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

ADRIAN, P. MOURITZ; RAJAPAKSE, Y.; **Explosion blast response of composites**, Journal of Composite Materials, Vol.49, pp.1141-1147,2018.

ADRIANO, V. IGOR.; AWREJCEWICZ, JAN.; DANISHEVSKYY, V. VLADYSLAV. **Asymptotical Mechanics of Composites Modelling Composites without FEM**, Cultural Científico, Vol.35, pp.2369-2380, 2017.

AGOPYAN, Vahan. **Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento: o uso de fibras vegetais**. 1991. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991. Acesso em: 15 jan. 2022.

ALBINANTE, Sandra Regina et al. **Revisão dos tratamentos químicos da fibra natural para mistura com poliolefinas**. v. 36, n. 1, p. 114–122, 2013.

ALVES, R.E.; **Caracterização de fibras lignocelulósicas pré-tratadas por meio de técnicas espectroscópicas e microscópicas ópticas de alta resolução**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2011.

ARAÚJO, Karine da Silva. **Avaliação de Políticas setoriais para a cadeia produtiva de juta e malva no Estado do Amazonas**. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico úmido, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, 2012.

ARRUDA, Rinaldo. "Populações Tradicionais" e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 5, n. 2, p.79-92, ago. 1999.

ASASUTJARIT, C.; CHAROENVAI, S.; HIRUNLABH, J.; KHEDARI, J. Materials and mechanical properties of pretreated coir-based green composites. **Composites Part B: Engineering**, v. 40, n. 7, p. 633-637, 2009.

ARSÉNE, M.; BILBA, K.; SAVASTANO JUNIOR, H.; GHAVAMI, K. Treatments of non wood plant fibres used as reinforcement in composite materials. **Materials research**, v. 16, n. 4, p. 903-923, 2013.

BALLESTEROS, J. E. M; SANTOS, S. F.; MÁRMOL, G.; SAVASTANO JR, H; FIORELLI, J. Evaluation of cellulosic pulps treated by hornification as reinforcement of cementitious composites. **Construction and Building Materials**, v. 100, p. 83-90, 2015.

BEHR, G.; BOLLMUS, S.; GELLERICH, A.; MILITZ, H. Improvement of mechanical properties of thermally modified hardwood through melamine treatment. **Wood Material Science & Engineering**, v. 13, n. 5, p. 262-270, 2018.

BENCHIMOL, S. **Amazônia: um pouco-antes e além depois**. 2ª ed. Manaus. EDUA,2010.

BILBA, K.; ARSENE, M. A. Silane treatment of bagasse fiber for reinforcement of cementitious composites. Composites part A: **Applied science and manufacturing**, v. 39, n. 9, p. 1488-1495, 2008.

BISARIA, H. *et al.* Effect of fibre length on mechanical properties of randomly oriented short jute fibre reinforced epoxy composite. **Materials Today: proceedings**, v. 2, p.1193 – 1199, 2015.

BOURMAUD, Alain *et al.* **Towards the design of high-performance plant fibre composites**. Progress In Materials Science, [s.l.], v. 97, p.347-408, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmatsci>. 2018.

BRASIL. PROINSUMO - **Lei N° 3805 de 30 de agosto de 2012**. Disponível em: <<http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=244846>>. Acesso em: 09 Out. 2021.

CAVALCANTE, D. G. **Estudo das características física, mecânica e química de compósitos cimentícios reforçados com tecido de juta e malva tratado e adição de materiais pozolânicos**. 2017. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

CHAFEI, S. *et al.* **Influence du traitement des fibres de lin sur la rhéologie et les performances d'un mortier-analyse de la durabilité**. In: FRENCH INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1., 2012, Toulouse. Proceedings. Toulouse: NoMaD, 2012.

CHAFEI, S. *et al.* Optimizing the formulation of flax fiber-reinforced cement composites. **Construction and Building Materials**, Guildford, v. 54, n. 1, p. 59-64, Mar. 2014.

CID, S. C. G.; CARDOSO, D. C. T.; SILVA, F. A.; KRAUSE, J. Q. Influence of hornification on the physical and flexural properties of Moso bamboo. **Construction and Building Materials**, v. 248, p. 118701. 2020.

CLARAMUNT, J.; ARDANUY, M; GARCÍA-HORTAL; J. A.; TOLÊDO FILHO, R. D. The hornification of vegetable fibers to improve the durability of cement mortar composites. **Cement and Concrete Composites**, v. 33, n. 5, p. 586-595, 2011.

CODISPOTI, R. OLIVEIRA, D.V. OLIVITO, R. S. LOURENÇO, P. B. Mechanical performance of natural fiber-reinforced composites for the strengthening of masonry. **Composites Part B: Engineering**, v. 77, p. 74-83, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Mapas de produção agrícola: produção da soja**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/geotecnologia/sigabrasil/html_sigabrasil/mapa_producao_agricola.html. Acesso em 18 set. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileiro – grãos**: Nono levantamento, junho 2013 – safra 2012/2013: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2013. Disponível em: Acesso em: 02 mai. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acomp. safra bras. grãos**, v. 12 Safra 2015/16 - Décimo Segundo levantamento, Brasília, p. 1-182, setembro 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da**

safrã brasileira grãos, v. 7 – safrã 2019/20 – Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-62, agosto 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 19 fev.2022

COUTTS, R.S.P. Banana fibres as reinforcement for building products. **Jornal or Materials Science Letters**, v.9, p.1235 – 1236, 1990.

DEB, S.; MITRA, N.; MAJUMDAR, S. B.; ROY D. Rate of Hydration of Lignocellulosic Fiber-Reinforced Hydrated Cement. **ACI Materials Journal**, v. 117, n. 6, p. 177-186, 2020.

DIAS, M.C; SILVA, E.J.; CELESTINO, P.C.G; NASCIMENTO, A.K.V.; COSTA, R.F.M;

SILVA, B.H; BARRETO, L.P. **Teor de Holocelulose e Lignina em madeira de Pau-Brasil (Caesalpinia echinata Lam)**. In: XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX, 2013, Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013.

DIEGUES, Antônio Carlos. **O mito moderno da natureza intocada**. 6.ed. rev. e ampl. São Paulo: Hucitec/NUPAUB, 2008.

DINIZ, J. M. B. F.; GIL, M. H.; CASTRO, J. A. A. M. Hornification—its origin and interpretation in wood pulps. **Wood Science and Technology**, v. 37, n. 6, p. 489-494, 2004.

Fagundes, MH. **Sementes de juta e malva**: determinadas notas. 2012

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. The state of agricultural commodity markets. Agricultural trade, climate change and food security. Rome, 2018. 112p.

FAO. 2019. **Crops and livestock products**. Disponível em <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>. Accessed on 04 Jun 2021.

FERREIRA, Aldenor da Silva. **Trabalhadores da Malva**: (Re)produção material e simbólica da vida no baixo rio Solimões. 2009. 251 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sociedade e Cultura na Amazônia, Programa de Pós-graduação Sociedade e Cultura na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.

FERREIRA, S. R.; SILVA, F. A.; LIMA, P. R. L.; TOLDEO FILHO, R. D. Effect of hornification on the structure, tensile behavior and fiber matrix bond of sisal, jute and curauá fiber cement based composite systems. **Construction and Building Materials**, v. 139, p. 551-561, 2017.

FIDELIS, M. E. A. **Desenvolvimento e caracterização mecânica de compósitos cimentícios têxteis reforçados com fibras de juta**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

FIGORE, V. et al. Salt-fog spray aging of jute-basalt reinforced hybrid structures: Flexural and low velocity impact response. **Composites Part B: engineering**, v. 116, p. 99 – 112, 2017.

FRAXE, Therezinha de Jesus Pinto. **Cultura Cabocla Ribeirinha**: mitos, lendas e transculturalidade. São Paulo: Annablume, 2004.

FRAXE, **Homens Anfíbios**: etnografia de um campesinato das águas. São Paulo: Annablume, 2000.

FRAXE; VARGAS, Rosane Brum. **Populações Ribeirinhas e Exército**: conflito de propriedade e direitos fundamentais em tensão na Amazônia Brasileira – solução à luz do princípio da ponderação. *Somanlu*, ano 13, n 1, p. 98-120, jan/jun, 2013

FERREIRA, Aldenor da Silva. **Fios dourados dos trópicos**: culturas, histórias, singularidades e possibilidades (juta e malva - Brasil e Índia). 2016. 488 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas, SP.

FERREIRA, Aldenor da Silva; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Índia e Japão no percurso histórico de desenvolvimento da cultura da juta no Brasil. **Revista Querubim**, Niterói, v.1, n. 31, ano 13, fev. 2017, p. 4-10.

FERREIRA, S. R.; PEPE, M.; MARTINELLI, E.; SILVA, F. A; TOLEDO FILHO, R. D. Influence of natural fibers characteristics on the interface mechanics with cement-based matrices. **Composites Part B: Engineering**, v. 1401, p. 183-196, 2018.

FREDEL, Ing. Marcio C.; ORTEGA, Patricia; BASTOS, Edson. **Propriedades Mecânicas: Ensaios Fundamentais**. volume 1 ed. [S.l.]: file:///C:/Users/louis/Downloads/apostila-do-laboratorio-de-propriedades-MEC-160315%20(1).pdf, 2015.

GOVERNO DO AMAZONAS. **Decreto Estadual 24.196 de 29 abril de 2004**. Disponível em: <<http://www.informanet.com.br/Prodinfor/boletim/2004/pa/dec24196-22-2004.htm>>. Acesso em: 26 de setembro de 2021.

GOVERNO DO AMAZONAS INICIA PAGAMENTO DA SUBVENÇÃO ECONÔMICA

DA JUTA E DA MALVA, Site da Agência de Desenvolvimento Sustentável – ADS, Manaus, **safrá 2020**. Disponível em: <http://www.ads.am.gov.br/governo-do-amazonas-iniciapagamento-da-subvencao-economica-da-juta-e-da-malva/>. Acesso em 23 de março de 2021.

GOVERNO DO AMAZONAS. **Lei delegada nº 111, de 18 de maio de 2007**. Dispõe sobre FUNDAÇÃO DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE DO ESTADO DO AMAZONAS - FVS-AM, definindo sua estrutura organizacional, fixando o seu quadro de cargos comissionados e estabelecendo outras providências. Disponível em https://legisla.imprensaoficial.am.gov.br/diario_am/11/2007/5/2073. Acesso em: 22 mar 2021.

HAMIDON, M. H.; SULTAN, M. T. H.; ARIFFIN, A. H.; SHAH, A. U. M. Effects of fibre treatment on mechanical properties of kenaf fibre reinforced composites: a review. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 8, n. 3, p. 3327-3337, 2019.

HOMMA, Alfredo K. Oyama. **Amazônia**: meio ambiente e desenvolvimento agrícola. Editor: Alfredo K. O. Homma. Brasília: Embrapa – SPI, Belém: Embrapa – CPATU, 1998.

INCENTIVO A PRODUÇÃO DE MALVA E JUTA É PAUTA DE REUNIÃO EM MANACAPURU, Site da Secretaria de Estado de Produção Rural – SEPROR. Disponível em: <http://www.sepror.am.gov.br/2019/04/09/--incentivo-a-producao-de-malva-e-juta-e-pauta-de-reuniao-em-manacapuru/>. Acesso em 15 e abril de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE (2017).

ISAIAS, G. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia dos materiais. São Paulo: **IBRACON**, 2007.

JAHAN, M.S. et al. Chemical characteristics of ribbon retted jute and its effect on pulping and papermaking properties. **Industrial Crops and Products**, v. 84, p. 116 – 120, 2016.

JAWAID, M.; KHALIL, H. P. S. A. Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review. **Carbohydrate polymers**, v. 86, n. 1, p. 1-18, 2011.

JO, B.; CHAKRABORTY, S.; LEE, Y. S. Hydration study of the polymer modified jute fibre reinforced cement paste using analytical techniques. **Construction and Building Materials**, v. 101, p. 166-173, 2015.

JUAREZ, C. DURÁN, A. VALDEZ, P. FAJARDO, G. Performance of “Agave Lecheguilla” natural fiber in Portland cement composites exposed to severe environment conditions. **Building and environment**, v. 42, n. 3, p. 1151-1157, 2007.

JUN, AK. et al. **Advances in High Temperature Ceramic Matrix Composites and Materials for Sustainable Development Ceramic Transactions Volume**. editora: John Wiley, Neurosurgery, Vol 86, pp. 580-580, 2017.

KABIR, M. M.; WANG, H.; LAU, K. T.; CARDONA, F. Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview. **Composites Part B: Engineering**, v. 43, n. 7, p. 2883-2892, 2012.

KLOCK, U.; MUNIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, I. S. **Química da Madeira**, 3. ed., Universidade Federal do Paraná, 2005.

KUNDU, S. P.; CHAKRABORTY, S.; CHAKRABORTY, S. Effectiveness of the surface modified jute fibre as fibre reinforcement in controlling the physical and mechanical properties of concrete paver blocks. **Construction and Building Materials**, v. 191, p. 554-563, 2018.

LERTWATTANARUK, P. SUNTIJITTO, A. Properties of natural fiber cement materials containing coconut coir and oil palm fibers for residential building applications. **Construction and Building Materials**, v. 94, p. 664-669, 2015.

LIRA, Talita de Melo; CHAVES, Maria do Perpétuo Socorro Rodrigues. **Comunidades Ribeirinhas na Amazônia: organização sociocultural e política**. Interações (campo Grande), [s.l.], v. 17, n. 1, p.66-76, 29 fev. 2016. Universidade Católica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/1518-70122016107>.

LIMA, J. A. Q. **Forma colaborante para elementos estruturais usuais de concreto armado** - produzida com matriz cimentícia, reforçada com armadura têxtil de tecido de juta,

impregnada com resina de epóxi. Universidade Federal do Amazonas. 2019.

MACIEL, Alexandre Chaves. **Tendências do cultivo da malva (*Urena Lobata L.*) por agricultores familiares em Manacapuru/AM**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia Tropical, Programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

MARCIAL, E. C.; GRUMBACH, R. J. S. **Cenários prospectivos: como construir um futuro melhor**. 4. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

MARGEM, J. I. **Estudo das características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibra de malva**. Tese (Doutorado em Engenharia dos Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2013.

MARQUES, S. G. M. **Estudo das propriedades físicas e mecânicas e da durabilidade de compósitos cimentícios reforçados com fibra amazônica**. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2015.

MANSOURIAN, A; RAZMI, A; RAZAVI, M. Evaluation of fracture resistance of warm mix asphalt containing jute fibers. **Construction e Building Materials**, v. 117, p. 37 – 46, 2016.

MELO FILHO, J. A. Desenvolvimento e caracterização de laminados cimentícios reforçados com fibras longas de sisal. 2005. 124 f. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, COPPE, 2005.

MELO FILHO, João de Almeida. **Durabilidade química e térmica e comportamento mecânico de compósitos de alto desempenho reforçados com fibras de sisal**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2012.

MENDONÇA, Maria Silvia, et al. **Etnobotânica e o saber tradicional**. In: FRAXE, Therezinha de Jesus Pinto; PEREIRA, Henrique dos Santos; WITKOSKI, Antônio Carlos (Orgs.). **Comunidades Ribeirinhas Amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais**. Manaus: Edua, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Panorama das Fibras naturais no Brasil e cenários futuros**. Disponível em https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setorias/fibras-aturais/2017/17a-ro/panorama_atual_fibras_ivo-naves2.pdf.

MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; DRZAL, L. T. **Natural fibers, biopolymers, and biocomposites**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. 896 p.

MOHR, B.J.; EL-ASHKAR, N.H.; KURTIS, K.E. **Fiber-Cement Composites for Housing Construction: State-of-the-Art Review**. In: Proceedings of the NSF Housing Research Agenda Workshop, Orlando, USA, 112-128, 2005.

MONTEIRO, M. H. D. A. et al. **Estruturas secretoras em sapotaceae**. Pesquisas, botânica n° 58: 253-262, 2007.

NANDAKUMAR, KALARIKKAL; RAGHVENDRA, THOMAS. **Micro and nano fibrillar**

Compositrs (MFCs and NFCs) from polymer blends. Journal of Alloys and compounds, Vol.579, pp.243, 2017.

NAVES, Ivo. **Conab Conjuntura Especial Malva e Juta.** Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_14_17_05_50_juta_malva___con-juntura_especial_mar_15.pdf.>. Acesso em: abril, 2021.

NEEDLES, H. L. **Textile fibers, dyes, finishes, and processes.** [S.l.]: Standard Publishers Distributors, 2001.

NEITHALATH, N.; WEISS, J.; OLEK, J. Acoustic performance and damping behavior of cellulose–cement composites. **Cement and Concrete Composites**, v. 26, n. 4, p. 359-370, 2004.

NODA, Sandra do Nascimento. **Agricultura familiar amazonense: mobilidade e relações de trabalho na produção de juta e malva.** In: WITKOSKI, Antonio Carlos et al. **A cultura de juta e malva na Amazônia Ocidental: sementes de uma nova racionalidade ambiental.** São Paulo: Annablume, 2010.

OLIVEIRA, Mesaque Silva de. **Desenvolvimento e caracterização de telhas cimentícias reforçadas com tecido de fibras vegetais da Amazônia.** 2017. 118 f. Universidade Federal do Amazonas, 2017.

OUARHIM, W., NADIA ZARI, RACHID BOUHFID, ABOU EL KACEM QAIS, Mechanical performance of natural fibers–based thermosetting composites. In: **Mechanical and Physical Testing of Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites.** Woodhead Publishing, p. 43-60, 2019.

OZERKAN N. G.; AHSAN, B; MANSOUR, S; SRINATH R. I. Mechanical performance and durability of treated palm fiber reinforced mortars. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 2, n. 2, p. 131-142, 2013.

PAULO, J. DAVIM; PASBAKSH, POORIA; GENNADY, ZAIKOV. **Machinability of fibre-reinforced plastics, Applied Research on polymer Composites.** Journal of Alloys and Compounds, Vol.718, pp.150-160, 2015.

PICKERING, K. L.; EFENDY, M. G. A.; LE, T. M. A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 83, p. 98-112, 2016.

PIRES, E. N. **Efeito do tratamento de superfície em fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi.** 2009. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PORTELA, Gleicyanne. **Compósito Geopolimérico Reforçado com Tecido de Juta.** 2016. Universidade Federal do Amazonas. Faculdade de Tecnologia, 2016.

QUIROGA, A. MARZOCCHI, V., RINTOUL, I. Influence of wood treatments on mechanical properties of wood–cement composites and of Populus Euroamericana wood fibers. **Composites Part B: Engineering**, v. 84, p. 25-32, 2016.

RAMESH, M.; PALANIKUMAR, K.; REDDY, K. H. Plant fibre based bio-composites:

Sustainable and renewable green materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 558 – 584, 2017.

RATHORE, A.; PRADHAN, M. K. Hybrid Cellulose Bionanocomposites from banana and jute fibre: A Review of Preparation, Properties and Applications. **Materials Today: Proceedings**, v. 4, n. 2, p. 3942-3951, 2017.

RANCIARO, Maria Magela Mafra de Andrade. **Formação Histórica e tradições socioculturais vivenciadas em povoados rurais amazônicos**. In: CHAVES, Maria do Perpétuo Socorro Rodrigues; SANTIAGO, Jozane Lima (Orgs). **Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade na Amazônia**. Manaus: Edua, 2014.

RAZERA, I.A.T. **Fibras lignocelulósicas como agente de reforço de compósitos de matriz fenólica e lignofenólica**. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

REVISTA PARÁ INDUSTRIAL. **Versatilidade nos produtos sustentáveis da juta amazônica**. 2020. Disponível em: <<http://www.castanhal.com.br/material-versatilidade-juta/>>. Acesso em: 17 jul. 2021.

SANTOS, Nilson Souza, et al. **Prospecção da Cadeia das Fibras Amazônicas: manutenção ou extinção**. Manaus: editora da Universidade federal do Amazonas, 2018.

SÁNCHEZ, M. L.; CAPOTE, G.; CARRILLO, J. Composites reinforced with Guadua fibers: Physical and mechanical properties. **Construction and Building Materials**, v. 228, p. 116749, 2019.

SANTOS, F.M.R.; SOUZA, T.F.; BARQUETE, D.M.; FRANCO, D.R.A. Comparative analysis of the sisal and piassava fibers as reinforcements in lightweight cementitious composites with EVA waste. **Construction and Building Materials**, v. 128, p. 315-323, 2016.

SATYANARAYANA K.G. GUIMARÃES. J.L. WYPYCH F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 38, I.7, p.1694-1709, 2007.

SEGAL, L. et al. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. **Textile Research Journal, Princeton**, v. 29, n. 10, p. 786-794, Oct. 1959.

SEPROR. **Cultura Industriais** _ SEPROR - Secretaria de Produção Rural do Amazonas. Manaus AM. 2019.

SHOKRIEH, M. MAHMOOD. **Residual stresses in Composites**. Composites Structures, Vol.92, pp.2901-2905, 2017.

SILVA, A.C, **Estudo da durabilidade de compósitos reforçados com fibras de celulose**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SILVA, R. V. Tese de Doutorado, “**Compósito de Resina Poliuretano Derivada de Óleo de Mamona e Fibras Vegetais**”. USP- São Carlos-SP, 2003.

SILVA, S. H.; FRAXE, T. J. P. **Processo produto da juta e malva na perspectiva do desenvolvimento sustentável**. Somanlu, Manaus, v. 2, n. 11, p.83-103, dez. 2012.

SILVA, S. H. Mulheres Cultivadoras de Juta e Malva na região do baixo Amazonas. In: Seminário Internacional Fazendo Gênero 10, 2013, Florianópolis. **Anais Eletrônicos do Seminário Internacional Fazendo Gênero**. Florianópolis. 2017. Disponível em: http://www.fg2013.wwc2017.eventos.dype.com.br/resources/anais/20/1381511774_ARQ_UIVO_SandraHelenadaSi. Acesso em: 28 nov. 2021.

SILVA, S. R. **Consumo de Água em Escolas Públicas**: Uma Referência para o Município do Recife - Pernambuco. 2016. 66f. Trabalho original (Promoção ao cargo de Professor Associado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Porto Alegre, 2016.

SILVAN, Denison. **Trabalhadores de juta na Amazônia: trajetórias de luta, suor e sofrimento**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Tese) - Programa de Pós-Graduação Sociedade e Cultura na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, 2018.

SOARES, E.U.P.; Libonati, V. F. 1966. Problemas atuais da juticultura amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1(1), 1-6.

SOARES, Geisiane Tavares. **Sustentabilidade Socioambiental**: Um estudo de caso na Cooperativa de fibras vegetais, malva e juta, de Manacapuru no Amazonas. 2015. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Serviço Social e Sustentabilidade na Amazônia, Programa de Pós-graduação em Serviço Social e Sustentabilidade na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

SOUZA, N.M.C. **A trajetória da companhia têxtil de Castanhal**: A mais pura fibra amazônica. Dissertação – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. Belém, 2008

SOUZA, V.C. **Nanocristais de celulose como fase de reforço para filmes de quitosana**: obtenção, caracterização e aplicação. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SPINACÉ, M. A. S.; LAMBERT, C. S.; FERMOSELLI, K. K. G.; PAOLI, M. A. Characterization of lignocellulosic curaua fibres. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, n. 1, p. 47-53, 2009.

TAPPI. **T 204 om-88**: Solvent extractives of wood and pulp. 2007. TAPPI. **T 222om-88**: Acid-insoluble lignin in wood and pulp. 2006. TAPPI. **T 257 cm-85**: Sampling And Preparing Wood For Analysis. 2002.

THOMAS, M. G. et al. Nanocelluloses from jute fibers and their nanocomposites with natural rubber: preparation and characterization. **International Journal of Biological Macromolecules**, Guildford, v. 81, n. 1, p. 768-777, Nov. 2015.

VERÍSSIMO, Tatiana Corrêa; PEREIRA, Jakeline. **A floresta habitada**: história da ocupação humana na Amazônia. 1. Ed, Pará: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON, 2014.

VINCENT, J. F. V. “A unified nomenclature for plant fibres for industrial use”, **Applied Composite Materials** 7(5-6): 269-71, 2000.

WAGLEY, Charles. **Uma comunidade amazônica**: estudo do homem nos trópicos. 3ª edição. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.

WEBER, **Saint-Gobain do Brasil Produtos Industriais e para Construção**. tecbond TIX quartzolit - adesivo estrutural à base de resina epoxi de alta viscosidade. Jandira SP: www.weber.com.br. 2018.

WITKOSKI, Antônio Carlos. **Terras Florestas e águas do trabalho**: os camponeses amazônicos e as formas de uso de seus recursos naturais. Manaus: editora da Universidade Federal do Amazonas, 2007.

YAMAN, S. Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstock. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 45, n. 1, p. 651-671, Nov. 2004.

YAN, L; BOHUMIL, K.; HUANG LA. A review of recent research on the use of cellulosic fibres, their fibre fabric reinforced cementitious, geo-polymer and polymer composites in civil engineering. **Composites Part B: Engineering**, v. 92, p. 94-132, 2016.

YAN, LI; NAWAWI, C.; KRISHNAN. J. Flax fibre and its composites – A review. **Composites Part B: Engineering**, v. 56, p. 296-317, 2014.

YILMAZ, N. D. **Agro-Residual Fibers as Potential Reinforcement Elements for Biocomposites**. In **Lignocellulosic Polymer Composites**, Thakur V.K., Edd.; Scrivener Pulising: Denizli, Turkey, 2014, p. 231-270.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Despacho com deferimento do NIT / UFAM referente a patente do barco feito de juta

19/09/2022 10:48

SEI/UFAM - 1169776 - Despacho



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Departamento de Gestão da Inovação, Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia

Processo nº: 23105.022256/2022-19
Interessado: Abel de Oliveira Costa Filho

DESPACHO

Prezado Sr. Abel,

Tendo em vista a vossa manifestação aos questionamentos realizados no Parecer 001/2022 - Propriedade Industrial - DPITEC (1021862), comunico o deferimento do depósito de pedido de patente da proposta de invenção "EMBARCAÇÃO MIÚDA SEM COBERTA MANUFATURADA DE FIBRA NATURAL DE JUTA DO ESTADO DO AMAZONAS-BRASIL".

A proposta de redação do pedido de patente deve estar de acordo com a Instrução Normativa DIRPA Nº 31/2013 que estabelece normas gerais de procedimentos para explicitar e cumprir dispositivos da Lei de Propriedade Industrial - Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, no que se refere às especificações formais dos pedidos de patente.

A redação da proposta de invenção deve constar de relatório descritivo, reivindicações, resumo e desenhos, se for o caso. No documento Relatório Descritivo deve constar o detalhamento de todo o processo da proposta de invenção para que não haja exigências do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), para fins de esclarecimento da proposta. O documento Reivindicações deve constar de forma clara e objetiva o conteúdo a ser protegido.

Será encaminhado junto a este despacho um modelo dos documentos citados para fins de instrução da redação do pedido de patente.

Atenciosamente,

 Documento assinado eletronicamente por **Sâmia Raquel Araújo Cordeiro, Diretora**, em 19/09/2022, às 10:29, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

 A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_documento_acesso externo=0, informando o código verificador **1169776** e o código CRC **36435625**.

Avenida General Rodrigo Octávio, 6200 - Bairro Conrado | Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Prédio Administrativo da Reitoria (2º andar), Setor Norte - Telefone: (92) 3305-1181 / Ramal 1758

https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=1313075&link_sua... 1/2

SEI/UFAM - 1169776 - Despacho

Processo nº: 23105.022256/2022-19

Interessado: Abel de Oliveira Costa Filho

APÊNDICE B

Foto da embarcação pequena manufaturada com fibra de juta (*Corchorus capsularis*)



Fonte: Autor 2024



Fonte: Autor 2024

Observações:

- Comprimento: 2,0 m
- Boca: 0,50 cm
- Capacidade de carga: 2 pessoas ou 160 kg
- Peso com carga: 213 kg
- Calado: 25 cm

ANEXO



Brazilian Journal of Development

DECLARAÇÃO

A Revista Brazilian Journal of Development, ISSN 2525-8761 avaliada pela CAPES como Qualis CAPES 2019 B2, declara para os devidos fins, que o artigo intitulado **“Ouro da várzea amazônica: panorama e estímulo para o cultivo da fibra vegetal de juta (*corchorus capsularis*) e geração de emprego para os ribeirinhos no estado do Amazonas”** de autoria de *Abel de Oliveira Costa Filho, Dimas Jose Lasmar, Jamal da Silva Chaar, Rosimeire Freires Pereira Oliveira, Jose Alcides Queiroz Lima*, foi publicado no v. 8, n.4, p. 31423-31438.

A revista é on-line, e os artigos podem ser encontrados ao acessar o link:
<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/issue/view/163>

DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-565>

Por ser a expressão da verdade, firmamos a presente declaração.

São José dos Pinhais, 27 de Abril de 2022.

Prof. Dr. Edilson Antonio Catapan
Editor Chefe

