



Poder Executivo
Ministério de Educação
Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Centro de Ciências do Ambiente – CCA
Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia - PPGCASA



**Potenciais socioeconômicos e ambientais da exploração
comercial da paina da munguba, *Pseudobombax
munguba* (Mart. & Zucc.) Dugand,
na Amazônia Central, Brasil**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia (PPG/CASA), do Centro de Ciências do Ambiente (CCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Stefan Friedrich Keppler



Stefan Friedrich Keppler

PPG-CASA

Linha de Pesquisa 2 - Dinâmicas Socioambientais

**Potenciais socioeconômicos e ambientais da exploração
comercial da paina da munguba, *Pseudobombax
munguba* (Mart. & Zucc.) Dugand,
na Amazônia Central, Brasil**

Tese de Doutorado

Orientador: Neliton Marques da Silva

(PPGCASA / UFAM, Brasil)

Manaus 14 de maio de 2020



Ficha Catalográfica

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

K38p Keppler, Stefan Friedrich
Potenciais socioeconômicos e ambientais da exploração
comercial da paina da munguba, *Pseudobombax munguba* (Mart. &
Zucc.) Dugand, na Amazônia Central, Brasil / Stefan Friedrich
Keppler . 2020
144 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Neliton Marques da Silva
Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na
Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Amazônia. 2. Kapok. 3. pulso de inundação. 4. mercado. I.
Silva, Prof. Dr. Neliton Marques da. II. Universidade Federal do
Amazonas III. Título



O Amazonas continua a me encher a alma pela beleza de suas paragens e paisagens, verdadeiros quadros de pinturas naturais, emoldurados pela solidão dos estirões, ora varridos pela força do vento e pelo sol, ora serenos no marulho de águas espelhadas pelas estrias da luz ofuscante, paradoxalmente solitário e, ao mesmo tempo, repleto de vida, um quadro silencioso, inundado de sons de pássaros e gritos agudos de animais, incompreensível mistério que funde o isolamento ao pulsar da vida num mesmo momento da existência, de sorte que pode ter diante dos olhos e ao alcance dos ouvidos, a magnífica obra dentro da qual existimos solidariamente, com o silêncio e o barulho, enquanto assistimos à nossa volta o desfile da vida em toda a sua exuberância.

Isaías Oliveira, 2011



Esse trabalho dedico ao meu pai, Dipl. Ing. Hans Eberhard Keppler, (11.09.1929 a 24.11.2018), a quem devo a minha vida, educação e a profunda gratidão, de ter me apoiado até os últimos momentos da sua vida e além.



AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me guia e me direcionou para essa experiência, que coroa a minha vida com o título de doutor, sobre a melhoria sustentável da qualidade de vida das pessoas do interior da Amazônia, matéria que já me parecia tão longe.

Agradeço à minha esposa, Ruth Leila Ferreira Keppler e filhe, Rani Gabriela Ferreira Keppler pela paciência e força nas horas de minha ausência física e espiritual, nos momentos de viagem e preocupação.

Agradeço ao Sr. Curari, finado caboclo e barqueiro do INPA, que, a 25 anos atrás, nas horas de sofreguidão pelas picadas dos carapanãs na várzea, durante as medições noturnas de troca gasosa foliar na munguba, me alertou em fazer um trabalho para a melhoria da qualidade de vida de sua gente.

Agradeço aos meus pais que, pela última vez, fizeram de tudo para me dar abrigo, amor e companheirismo. Especialmente à minha mãe que ainda verá a minha vitória. Que se preocupou e me envolveu em várias discussões sobre as estratégias de análise dos requisitos do mercado e seus riscos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Neliton Marques da Silva, que me aceitou e apoiou nos estudos sobre os potenciais da munguba e se fez presente em inúmeras conversas e encontros.

Muito grato estou pelos incentivos da Dra. Albejamere Pereira de Castro, que me convenceu da importância de elaborar essa Tese de Doutorado, mesmo com a idade avançada.

Aos colegas de turma e professores do PPG-CASA, que acompanharam a minha retomada da academia e, juntos, refletiram sobre o desenvolvimento sustentável da Amazônia e a melhoria da qualidade de vida das pessoas que nela habitam.

A todos os ribeirinhos, amigos e companheiros que, na maioria muito mais jovens, me recuperaram o espírito de trinta anos e são responsáveis pelo êxito desse trabalho.

Devo gratidão ao Instituto Hans-Ruthenberg da Universidade de Hohenheim, na Alemanha, em especial ao Prof. Dr. Georg Cadish e ao Co-orientador Dr. Thomas Hilger, que me apoiaram em todos os trabalhos no âmbito do doutorado-sanduíche, com sua experiência e generalizado bom relacionamento.



Ao Prof. Dr. Fink do Instituto Fraunhofer de pesquisa aplicada de polímeros IAP, em Berlin e todo o seu time; Dr. Hendrik Wetzler da química e Dr. Andreas Bohn da análise molecular.

Da mesma forma agradeço o apoio dos institutos de pesquisas de tecnologia de têxteis e fibras - DITF (“Deutsche Institute für Textil- und Faser-technologie”), em nome do seu presidente Prof. Dr. Michael Doser e sua equipe de análises; Dr. Erik Frank da Seção de Fibras de Carbono e Novos Materiais, com o diretor Prof. Dr. Martin Dauner (Relações para a Indústria), Dr. Thomas Stegmaier e Dr. Benjamin Ewert da Seção de Tecnologia Ambiental, bem como da Dra. Evi Held-Föhn, da Microbiologia, para as análises das fibras e recomendações.

Agradeço ao Prefeito de Careiro da Várzea, Ramiro Gonçalves, que, através do Secretário Municipal do Meio Ambiente e Recursos Sustentáveis, Raimundo Passos, me deu apoio incondicional, para a execução dos trabalhos práticos. Também, ao vice-secretário de Meio Ambiente, José Oliveira, e ao secretário do Turismo de Careiro da Várzea, Sr. Vivaldo Santos, para o seu empenho pessoal nas atividades de campo.

Agradecimentos especiais aos financiadores FAPEAM (bolsa doutorado) e da CAPES (doutorado-sanduíche no exterior), que asseguraram o meu sustento durante todo esse tempo de estudos, viagens, contatos, análises, reflexões e redação desse trabalho.

Gratidão ao pesquisador da Entomologia, CPEN do INPA, Dr. Márcio Oliveira, pela correção e discussão de melhorias da tese final.

Finalmente, o maior desejo de todo autor de volume bibliográfico é de ser lido. Para tanto **agradeço a todos que pegam nesta tese** afim de reflexão sobre a nossa Amazônia!



„Man muss das Unmögliche versuchen,
um das Mögliche zu erreichen.“

*Deve-se tentar o impossível
para alcançar o possível.*

Hermann Hesse



Poder Executivo
Ministério de Educação
Universidade Federal do Amazonas
Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia **UFAM**



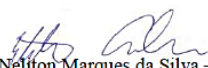
Medrado e Doutorado conceito 4 – Portaria MEC nº 609 de 14/03/2019, publicada no DOU em 18/03/2019.

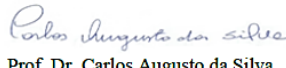
Ata da 62ª Defesa Pública da Tese de Doutorado do discente Stefan Friedrich Keppler, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia do Centro de Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Amazonas, Área de Concentração em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia (CASA), realizada no dia 14 de maio de 2020.


Aos 14 dias do mês de maio de 2020, às 14hs, de forma virtual, realizou-se a sexagésima segunda, Defesa Pública da Tese de Doutorado, intitulada *Potenciais socioeconômicos e ambientais da exploração comercial da paina da munguba, Pseudobombax munguba (Mart. & Zucc.) Dugand*, na Amazônia Central, Brasil sob orientação do Prof. Dr. Nelton Marques da Silva, do discente Stefan Friedrich Keppler, em conformidade com o Art. 55 do Regimento Interno do PPG/CASA, como parte final de seu trabalho para a obtenção do grau de DOUTOR EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA, Área de Concentração em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia (CASA). A comissão Julgadora foi constituída pelos seguintes membros Profa. Dra. Maria Olívia de Albuquerque Ribeiro Simão, Prof. Dr. Henrique dos Santos Pereira, Prof. Dr. Carlos Augusto da Silva, Prof. Dr. Prof. Dr. Sergio Yoshimitsu Motoike, Profa. Dra. Maria Teresa Fernandes Piedade. O presidente da comissão julgadora deu início a sessão, convidando os membros da Comissão e o Doutorando a tomarem seus lugares. Em seguida, o senhor presidente informou a todos o procedimento do exame. A palavra foi facultada ao candidato para apresentação de uma síntese do seu estudo. Retomada a sessão, foram apresentadas as arguições da comissão e o candidato respondeu as perguntas formuladas pelos membros da Comissão Julgadora. Após a apresentação e arguição pelos membros da Comissão Julgadora, o presidente da sessão solicitou a saída de todos os presentes para que a comissão pudesse reunir privadamente. Finda a reunião o presidente foi comunicado por representante da comissão do resultado do julgamento, na presença dos demais membros. O presidente então convidou a todos os presentes a retomarem ao recinto e em seguida proclamou o resultado informando ao público presente e ao candidato que seu trabalho fora aprovado, com a Média Final 9,2. A sessão foi encerrada, Eu Luís Guilherme de Magalhães Queiroz, Servidor do PPG/CASA, lavrei a presente, sem rasuras, que vai assinada por mim, pelos membros da Comissão Julgadora e pela Doutoranda.


Manaus (AM), 14 de maio de 2020.

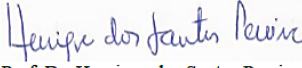
Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Nelton Marques da Silva – Presidente
CPF nº 052830862-91


Prof. Dr. Carlos Augusto da Silva
CPF nº 068.502.782-15

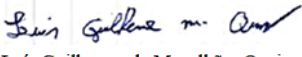

Profa. Dra. Maria Olívia de Albuquerque Ribeiro Simão
CPF nº 231.316.582-49


Prof. Dr. Sergio Yoshimitsu Motoike
CPF nº 066.035.228-10


Prof. Dr. Henrique dos Santos Pereira
CPF nº 214671532-49


Profa. Dra. Maria Teresa Fernandes
CPF nº 091.018.372-49


Stefan Friedrich Keppler
Doutorando


Luís Guilherme de Magalhães Queiroz
Secretário do PPG/CASA

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| Introdução geral | 3 |
| Objetivos | 7 |
| Capítulo I Aspectos botânicos e históricos de <i>Pseudobombax munguba</i> | 8 |
| 1.1 Introdução | 10 |
| 1.2 Material e Métodos | 18 |
| 1.3 Resultados e Discussão | 20 |
| 1.3.1 Flor | 20 |
| 1.3.1 Fruto | 24 |
| 1.3.2 Paina | 27 |
| 1.3.3 Sementes | 28 |
| 1.3.4 Folhas | 30 |
| 1.3.5 Nectários extraflorais | 30 |
| 1.3.6 Fibra - Envira | 31 |
| 1.3.7 Madeira | 33 |
| 1.3.8 Liberação de oxigênio na raiz | 34 |
| 1.3.9 Estabilidade do solo | 35 |
| 1.3.10 Loncophorus longinasus | 36 |
| 1.3.11 História natural | 38 |
| 1.4 Conclusão | 41 |
| Capítulo II Qualidades das Fibras da paina de <i>Pseudobombax munguba</i> | 42 |
| 2.1 Introdução | 44 |
| 2.1.1 Fibras naturais | 45 |
| 2.1.2 A paina da munguba | 48 |
| 2.2 Material e Métodos | 49 |
| 2.2.1 Análise de requisitos do mercado | 49 |
| 2.2.2 Beneficiamento | 50 |
| 2.2.3 Avaliação física e química | 52 |
| 2.2.4 Análise de atividades biológicas | 58 |
| 2.3 Resultados e Discussão | 62 |
| 2.3.1 Análise dos requisitos do mercado | 62 |
| 2.3.2 Beneficiamento da Paina | 68 |
| 2.3.3 Avaliação física e química | 70 |
| 2.3.4 Análise de atividades biológicas | 84 |
| 2.4 Conclusão | 95 |

| | | |
|---------------------|--|------------|
| Capítulo III | Potencial de escala da paina de <i>Pseudobombax munguba</i> | 96 |
| 3.1 | Introdução | 98 |
| 3.2 | Material e Métodos | 100 |
| 3.2.1 | Área de Estudo | 100 |
| 3.2.2 | Análise de Coleta e Extração da Paina | 101 |
| 3.2.3 | Análise de produtividade. | 104 |
| 3.3 | Resultados e Discussão | 107 |
| 3.3.1 | A Capacidade de Coleta e Extração..... | 107 |
| 3.3.2 | Germinação e taxa de crescimento | 116 |
| 3.3.3 | Propagação vegetativa | 121 |
| 3.3.4 | Áreas de plantio | 125 |
| 3.4 | Conclusão..... | 127 |
| 4. | Considerações finais | 128 |
| 5. | Referências | 130 |
| 6. | ANEXOS..... | 1 |
| | ANEXO I – Laudo Laboratorial – Atividade antibacteriana, Amazon-Kapok... | |
| | ANEXO II – Laudo Laboratorial – Citotoxicidade, Amazon-Kapok | |

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Oscilação do nível do rio Negro ou “Pulso de Inundação” durante os últimos anos, no porto de Manaus, em manm (metros acima do nível médio do mar)..... | 4 |
| Figura 2 - Catena de Inundação da ATTZ com o nível da água. A alagação (linha de baixo) determina a asfixia radicular quando há falta de oxigênio na raiz e a profundidade de inundação (linha de cima), o tempo de submersão por evento de cheia..... | 11 |
| Figura 3 - Litografia de órgãos de <i>Pseudobombax munguba</i> , em sua primeira descrição feita por KARL v. MARTIUS (1794-1868) e JOSEPH ZUCCARINI (1797-1848), quando a planta foi nominada de <i>Bombax munguba</i> | 12 |
| Figura 4 - Alteração da fenologia de <i>Pseudobombax munguba</i> , de acordo com a fase do rio em Manacapuru A. enchente em junho de 2017 e B. vazante em setembro de 2017. | 14 |
| Figura 5 - Polinização da flor de <i>Pseudobombax munguba</i> pelo morcego da espécie <i>Phyllostomus hastatos</i> (GRIBEL e GIBBS, 2002)..... | 14 |
| Figura 6 - As galerias nos galhos da árvore <i>Triplaris surinamensis</i> , colonizadas pela formiga Tachi, <i>Pseudomyrmex triplarinus</i> , que também pode ser encontrada em <i>Pseudobombax munguba</i> | 15 |
| Figura 7 - Habitat de <i>Pseudobombax munguba</i> , ao longo das várzeas dos rios de água barrenta; Solimões, Juruá, Purus e Madeira (verde claro), com sedimentos andinos (setas azuis). O rio Negro com sua água preta forma o igapó (verde médio), sem ocorrência natural de <i>P. munguba</i> . Áreas não inundadas de terra firme se distinguem, quanto mais secas, mais escuras. | 16 |
| Figura 8 - Imagem da hipótese de alagação da Amazônia no Plioceno, com o nível do mar 120m acima do atual. Áreas de captação dos rios de água barrenta (amarelo) e de outras águas (azul claro). Locais de amostragem da tese de Menicucci (2007) e distribuição amazônica de <i>Pseudobombax munguba</i> ; 1 Beruri-AM, 2 Caracarái-RR, 3 Careiro-AM, 4 Cruzeiro do Sul-AC, 5 Caxiuanã-PA, 6 Maraã-AM, 7 Rio Madeira - Manicoré-AM, 8 Canutama-AM, 9 Tefé-AM 10 e 11 Tabatinga-AM. | 17 |
| Figura 9 - A munguba, <i>Pseudobombax munguba</i> , no seu habitat. | 20 |
| Figura 10 - Abundância de botões terminais em <i>Pseudobombax munguba</i> , em Curari, no município de Careiro da Várzea..... | 21 |
| Figura 11 - Flor de <i>Pseudobombax munguba</i> ; A. Androceu em água, B. Mucigel produzido pelo androceu e C. mudança de cor do mucigel para vermelho-escuro. | 23 |
| Figura 12 - Fruto fresco de <i>Pseudobombax munguba</i> (Var. pontuda), com 12 cm de diâmetro e 22 cm de comprimento, com e sem receptáculo verde (à direita)..... | 24 |
| Figura 13 - Compartimentos do fruto de <i>Pseudobombax munguba</i> ; A. Manto de fibras condensadas do mesocarpo (espiga marrom), B. Estrutura central de inserção de sementes (sabugo), C. Face de rompimento da parede do epicarpo e D. Cavacos da cápsula parcialmente mofados. | 26 |
| Figura 14 - Fruto vermelho inteiro (esquerda) e aberto (direita), com a liberação da paina creme-branco de <i>Pseudobombax munguba</i> | 27 |
| Figura 15 - Pastagem recoberta de paina de <i>Pseudobombax munguba</i> , na época da dispersão das sementes..... | 28 |
| Figura 16 - Superfície da água recoberta de paina de <i>Pseudobombax munguba</i> , na época da dispersão das sementes. | 28 |
| Figura 17 - Sementes maculadas pretas de <i>Pseudobombax munguba</i> fixadas à estrutura central, com os nípels de inserção da segunda camada (seta). | 29 |
| Figura 18 - Frestas ao longo dos talos de novas folhas palmadas de <i>Pseudobombax munguba</i> ; formigas dos gêneros <i>Crematogaster</i> e <i>Pseudomirmex</i> procuram o exsudato..... | 31 |
| Figura 19 - A casca verde de <i>Pseudobombax munguba</i> se solta facilmente do alburno (branco), dando acesso à camada de fibras embaixo do córtex (verde). | 32 |
| Figura 20 - Artesanato produzido a partir da fibra cortical de <i>Pseudobombax munguba</i> , pelo grupo de artesanato da FAS em Beruri-AM. | 33 |
| Figura 21 - Galerias radiculares de <i>Pseudobombax munguba</i> (ramificação de 90°), revestidas com óxido de ferro; A. amostra de solo do fundo do lago Camaleão, de 1993 e B. solo dos vasos do experimento de crescimento..... | 34 |
| Figura 22 - Fêmea e macho da espécie <i>Loncophorus longinasus</i> , associados ao fruto de <i>Pseudobombax munguba</i> , A. Larva, B. Pupa (KEPPLER e SILVA, 2019) | 37 |

| | |
|--|-----|
| Figura 23 - Gaiola a vapor, como transporte regional durante a época da borracha..... | 39 |
| Figura 24 - Imagem electro-microscópica de fibras isolantes A. Poliéster, Hollofil® e B. a fibra da paina da árvore <i>Bombax ceiba</i> , conhecida como Kapok da Índia..... | 47 |
| Figura 25 - Logomarca do Amazon-Kapok que é a fibra extraída e beneficiada, a partir do fruto de <i>Pseudobombax munguba</i> | 49 |
| Figura 26 - Esquema de equipamento de turbulência eólica para beneficiamento da paina de <i>Pseudobombax munguba</i> , sendo a transformação das fibras em Amazon-Kapok..... | 51 |
| Figura 27 - Protótipo de máquina de turbulência eólica artesanal para transformação da paina de <i>Pseudobombax munguba</i> em Amazon-Kapok..... | 51 |
| Figura 28 - Esquema de propriedades isolantes; resistividade e condutividade térmica, referentes às qualidades de mantas do Amazon-Kapok..... | 57 |
| Figura 29 - Propaganda de CEIBALINE de 1962, uma manta termoacústica a partir do Kapok da Ásia, para isolamento de carros de passeio..... | 67 |
| Figura 30 - Kapok – as fibras da paina de <i>Pseudobombax munguba</i> , após separação manual das sementes, sem expansão eólica (ordenado)..... | 68 |
| Figura 31 - Amazon-Kapok – as fibras finas beneficiadas de <i>Pseudobombax munguba</i> , após separação mecânica das sementes e expansão eólica..... | 69 |
| Figura 32 - Densidade específica de quatro fibras naturais; algodão, lã de ovelha, Kapok e Amazon-Kapok, sob leve pressão de 55 e 102 Pa..... | 71 |
| Figura 33 - Imagens de difração raio-X; A. Amazon-Kapok e B. fibras de algodão..... | 73 |
| Figura 34 - Difratoograma de raio-X corrigida de Amazon-Kapok, algodão e Weho500..... | 75 |
| Figura 35 - Espectros 13C-CP / MAS de fibras de algodão (acima) e Amazon-Kapok..... | 76 |
| Figura 36 - Imagens eletro-microscópicas de varredura (MEV), de fibras da paina de <i>Pseudobombax munguba</i> . A. Face de cria-fratura da fibra, B. Cria-fratura da parede, C. Sulco na parede lisa e D. Estrutura superficial na cera externa..... | 77 |
| Figura 37 - Diagrama termogravimétrico do Amazon-Kapok puro (<i>Pseudobombax munguba</i>) e com tratamento de bicarbonato de amônio (abaixo)..... | 78 |
| Figura 38 - Imagens eletro-microscópicas de varredura (MEV), de fibras da paina de <i>Pseudobombax munguba</i> . A. Epóxi-fratura da fibra, B. Epóxi-fratura da fibra carbonizada..... | 79 |
| Figura 39 - Estruturas básicas de fibras naturais, pelos exemplos do Kapok e algodão..... | 81 |
| Figura 40 - Manta (40 mm) da paina de <i>Pseudobombax munguba</i> , consolidada com 30% de poliéster, ao lado de fibras não tratadas (esquerda)..... | 82 |
| Figura 41 - Fungos - Bolores (Zygomycetae: Mucorales) encontrados após incubação de fibras do Amazon-Kapok (oval azul) por 72 hs a 30°C, no meio especificado..... | 86 |
| Figura 42 - Área de supressão de <i>E. coli</i> (setas vermelhas), pela levedura acompanhante das fibras do Kapok da Ásia (oval azul)..... | 87 |
| Figura 43 - Acúmulos de bactérias (<i>Echerichia coli</i>), em locais de contato do meio de cultura com as fibras do Amazon-Kapok autoclavado (setas vermelhas)..... | 88 |
| Figura 44 - Colônias de <i>Aspergillus oryzae</i> , competindo pelo espaço de Agar, com as colônias de bolores do Amazon-Kapok (oval azul)..... | 89 |
| Figura 45 - Colônia de <i>Aspergillus oryzae</i> sendo devorada pela levedura do Kapok da Ásia, que libera enzimas de ataque (seta vermelha)..... | 89 |
| Figura 46 - Esquema da imobilização de bactérias e esporos fúngicos pela aderência à superfície hidrofóbica da fibra e do resultado negativo de substâncias citotóxicas..... | 93 |
| Figura 47 - Embolado de Amazon-Kapok na superfície d'água, após absorção de óleo de cozinha pela superfície hidrofóbica das fibras, com gotícula d'água..... | 94 |
| Figura 48 - Esquema da domesticação da árvore munguba (<i>Pseudobombax munguba</i>), para a produção de Amazon-Kapok e transformação em mercadorias..... | 98 |
| Figura 49 - Localização do município de Careiro da Várzea, na área metropolitana de Manaus, com a vila (ponto vermelho) a 25 km da cidade da capital pelo encontro das águas, ao Sul do Rio Amazonas, (Google Terra 2018)..... | 101 |
| Figura 50 - Mapa da ilha de Careiro da Várzea, com o Paraná do Careiro e o canal Cambixe, com maior incidência de <i>P. munguba</i> e os pontos de coleta da competição (azul). O ponto vermelho é o local da primeira coleta, origem de 132 frutos..... | 101 |
| Figura 51 - Três sementes de <i>Pseudobombax munguba</i> na superfície do substrato de Silte úmido, levemente pressionados para evitar deslocamento..... | 105 |
| Figura 52 - Formação natural de <i>Pseudobombax munguba</i> com 15 a 50 anos, de acordo com o proprietário no médio Cambixe, na Ilha Careiro da Várzea, local da coleta dos maiores frutos..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| Figura 53 - Frutos de <i>Pseudobombax munguba</i> , variedade “oval” com cor vermelha no pasto abaixo das árvores (em comparação com a pasta de documentos de 35x23,5 cm). | 108 |
| Figura 54 - Correlação do peso de cavacos e sabugos com o peso do fruto das variedades pontuda (•) e oval (◦) de <i>Pseudobombax munguba</i> | 110 |
| Figura 55 - Correlação do peso de sementes (•) e fibras (◦), com o peso do fruto da variedade pontuda de <i>Pseudobombax munguba</i> | 111 |
| Figura 56 - Correlação do peso das sementes (•) e do peso de fibras (◦), com o peso do fruto da variedade oval de <i>Pseudobombax munguba</i> | 111 |
| Figura 57 - Relação do número de sementes por fruto (•) com o peso do fruto da variedade pontuda de <i>Pseudobombax munguba</i> | 112 |
| Figura 58 - Relação do número de sementes por fruto (•) com o peso do fruto da variedade oval de <i>Pseudobombax munguba</i> | 112 |
| Figura 59 - Correlação do peso da semente singular (◦) com o número de sementes por fruto da variedade pontuda de <i>Pseudobombax munguba</i> , | 113 |
| Figura 60 - Correlação do peso da semente singular (•) com o número de sementes no fruto da variedade oval de <i>Pseudobombax munguba</i> | 113 |
| Figura 61 - Correlação do peso das fibras no fruto (•) com o peso das sementes da variedade pontuda de <i>Pseudobombax munguba</i> , | 114 |
| Figura 62 - Correlação do peso das fibras no fruto (•) com o peso das sementes da variedade oval de <i>Pseudobombax munguba</i> | 114 |
| Figura 63 - Correlação do peso das fibras no fruto (•) com o número das sementes da variedade oval de <i>Pseudobombax munguba</i> | 115 |
| Figura 64 - Correlação do peso das fibras no fruto (•) com o número de sementes da variedade oval de <i>Pseudobombax munguba</i> | 115 |
| Figura 65 - Germinação da semente de <i>Pseudobombax munguba</i> ; A. Semente em ancoragem, com pelos de 0,4 mm, no silte úmido (grão Ø 0,02 mm), B. Semente submersa e C. Folhas primárias em tufo aderida à parede do vaso..... | 117 |
| Figura 66 - Germinação de sementes de <i>Pseudobombax munguba</i> , em 60 dias, com 50 (•) e 100 sementes (◦)..... | 118 |
| Figura 67 - Embaixo do dossel, mudas em solo da várzea em casa de vegetação, onde germinou uma terceira leva de sementes de <i>Pseudobombax munguba</i> , após trinta dias da semeadura. | 118 |
| Figura 68 - Rebrotas naturais de plântulas de <i>Pseudobombax munguba</i> em pastagem, após repetida supressão por corte raso. | 119 |
| Figura 69 - Herbivoria em <i>Pseudobombax munguba</i> , em casa de vegetação; A. Folhas maduras novas com danos, B. Lagarta (Lepidoptera) C. Formigas (Formicidae) – proto-cooperação com pulgões D. Pulgões, - sinfúnculos brancos com melato. | 120 |
| Figura 70 - Curva de crescimento de plântulas de <i>Pseudobombax munguba</i> , a partir das sementes da germinação, com erosão (•) e umidade constante (◦). | 121 |
| Figura 71 - Regeneração de galhos de <i>Pseudobombax munguba</i> ; A. Regeneração em galho pós-poda, acima do solo, B. Broto em galho enterrado a 80 cm, C. Folhas em galho enterrado a 80 cm, e D. Broto subterrâneo (30 cm) em galho enterrado a 80 cm, na ilha de Careiro. | 122 |
| Figura 72 - Lenticelas inchadas próximo ao corte basal de galho regenerado em água. | 124 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | | |
|-----------|---|-----|
| Tabela 1 | Desenho experimental 01: Ensaio comparativo de quatro fibras com esterilização branda (/b), com <i>E. coli</i> , <i>S. cerevisiae</i> e <i>A. oryzae</i> | 60 |
| Tabela 2 | Desenho experimental 02: Ensaio comparativo de quatro fibras com esterilização autoclavada (/a), com <i>E. coli</i> , <i>S. cerevisiae</i> e <i>A. oryzae</i> | 60 |
| Tabela 3 | Desenho experimental 02: Repetição de Kapok e Amazon-Kapok com esterilização branda (/b), com <i>E. coli</i> , <i>S. cerevisiae</i> e <i>A. oryzae</i> | 60 |
| Tabela 4 | Resultados do beneficiamento da paina da árvore <i>Pseudobombax munguba</i> ; PP = paina primária, AK = Amazon-Kapok, Sem. = sementes, f. = fruto, dp = desvio. | 69 |
| Tabela 5 | Composição de fibras de algodão e Amazon-Kapok (%). | 72 |
| Tabela 6 | Constituição de açúcares estruturais de Amazon-Kapok. | 72 |
| Tabela 7 | Resistividade (R) e condutividade (λ) térmica de mantas do Amazon-Kapok, em comparação com duas fibras sintéticas. | 82 |
| Tabela 8 | Resultados - desenho experimental 01 (n=7): Ensaio comparativo de quatro fibras com esterilização térmica (/b), junto a <i>E. coli</i> , <i>S. cerevisiae</i> e <i>A. oryzae</i> | 85 |
| Tabela 9 | Resultados - desenho experimental 02 (n=5): Ensaio comparativo de quatro fibras autoclavadas (/a), junto a <i>E. coli</i> , <i>S. cerevisiae</i> e <i>A. oryzae</i> | 85 |
| Tabela 10 | Resultados - desenho experimental 02: Ensaio de repetição de Kapok e Amazon-Kapok, junto a <i>E. coli</i> , <i>S. cerevisiae</i> e <i>A. oryzae</i> | 86 |
| Tabela 11 | Redução do crescimento de colônias - cfu de <i>Staphylococcus aureus</i> , após incubação de 18 horas junto às fibras de Amazon-Kapok. | 90 |
| Tabela 12 | Redução do crescimento de colônias - cfu de <i>Klebsiella pneumoniae</i> , após incubação de 18 horas junto às fibras de Amazon-Kapok. | 90 |
| Tabela 13 | Densidade Óptica - DO [360nm] de células L929 em suspensão com aditivo de produto citotóxico (controle positivo), somente com meio de cultura (controle negativo) e Extrato de Suor puro (controle real), comparado com quatro concentrações de ES pós-lavagem das fibras de Amazon-Kapok. | 91 |
| Tabela 14 | Resultados de coleta de frutos de <i>Pseudobombax munguba</i> e extração de sua paina (7d), de três grupos competitivos. | 109 |
| Tabela 15 | Quantificação dos compartimentos do fruto de <i>Pseudobombax munguba</i> , em duas variedades de frutos (n=55), pontuda e oval (cav. + sab. = cavacos e sabugos; PP = paina primária; sem. = sementes; fr. = fruto; dp = desvio padrão). | 110 |
| Tabela 16 | Resultados da regeneração de 10 segmentos de galhos de <i>Pseudobombax munguba</i> , com 1 m de comprimento, plantados em 80 cm de profundidade e espaçamento de 80 cm (+ = broto; + sub = broto subterrâneo; seco = morto). | 123 |

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Organismos usados no teste comparativo e sua caracterização. | 59 |
|--|----|

Resumo geral

A espécie *Pseudobombax munguba* (Mart.&Zucc.) Dugand é uma árvore abundante na várzea da Amazônia Central e produz uma paina composta de fibras finas para a dispersão eólica e hídrica das suas sementes. Diante da qualidade dessas fibras, estabeleceu-se a tese de que a sua exploração comercial apresentaria potenciais socioeconômicos significativos no âmbito da Nova Bioeconomia. Primeiro são apresentados detalhes botânicos e ecológicos da espécie baseados em observações ao longo de 25 anos. Para entender melhor a sua distribuição, foram recuperados fundamentos pré-históricos e históricos do desenvolvimento do habitat da munguba, através de estudos bibliográficos e entrevistas com conhecedores da várzea. Foram identificados potenciais clientes da economia avançada da Alemanha, que demandam as fibras em forma de mantas consolidadas. Os requisitos dos mercados na Alemanha foram levantados através de levantamento in loco e analisados por meio de diversos ensaios físico-químicos e biológicos. Foi testada a capacidade de produção das fibras pela população local, avaliando-se o potencial de escala da munguba, pelo plantio por mudas e estaquia. Os resultados mostram que a espécie é pouco estudada e que a população moderna perdeu informações ancestrais sobre a árvore. A sua distribuição se explica pela supressão antropogênica e dispersão eficaz por água e vento. As fibras da paina são ocas e hidrofóbicas com diâmetro de 15-16 μ m e apresentam perceptível propriedade isolante térmica. As fibras se apresentam ideais para a produção de mantas expostas ao ambiente pela combinação da repelência da água com ação antifúngica e antibacteriana e repulsão de insetos, roedores e aves. As suas elevadas taxas de propagação, germinação, crescimento e vigorosa regeneração, mostram aptidão para plantios produtivos a curto prazo. O seu potencial de escala torna as fibras propícias como matéria-prima para a manufatura industrial de exportação. Propõe-se que plantios de *P. munguba* poderão controlar a erosão marginal e diminuir o assoreamento dos canais de rios de água barrenta. Os resultados indicam potenciais socioeconômicos e ambientais da exploração comercial da munguba e propõem a sua industrialização. Por fim, conclui-se que a industrialização e exportação de mantas isolantes a partir das fibras do fruto da munguba têm potencial a contribuir para um desenvolvimento sustentável nos interiores da Amazônia.

Palavras chave: Amazônia, Kapok, pulso de inundação, mercado.

Socioeconomic and environmental potentials of the commercial exploitation of the paina of munguba, *Pseudobombax munguba* (Mart. & Zucc.) Dugand, in the Central Amazon, Brasil.

Summary

The species *Pseudobombax munguba* (Mart. & Zucc.) Dugand is an abundant tree in the floodplain of the Central Amazon and produces a paina composed of fine fibers for wind and water dispersion of its seeds. In view of the quality of these fibers, the thesis was established that their commercial exploitation would present significant socioeconomic potentials within the scope of the New Bioeconomy. First, botanical and ecological details of the species are presented based on observations over 25 years. In order to better understand its distribution, prehistoric and historical foundations for the development of the habitat of *P. munguba* were recovered through bibliographic studies and interviews with floodplain experts. Potential customers of Germany's advanced economy were identified, who demand fibers in the form of consolidated fleeces. The requirements of the markets in Germany were raised through an on-site survey and analyzed through various physical-chemical and biological tests. The production capacity of the fibers by the local population was tested, evaluating the scale potential of the munguba, by propagation of seedlings and cuttings. The results show that the species is little studied and that the modern population has lost ancestral information about the tree. Its distribution is explained by anthropogenic suppression and effective dispersion by water and wind. The fibers of the paina are hollow and hydrophobic with a diameter of 15-16µm and have a noticeable thermal insulating property. The fibers are ideal for the production of fleeces exposed to the environment by combining water repellency with antifungal and antibacterial action and repulsion of insects, rodents and birds. The high rate of propagation, germination, growth and vigorous regeneration, show aptitude for short-term productive plantations. Its scale potential makes fibers suitable as a raw material for industrial export manufacturing. It is proposed that *P. munguba* plantations will be able to control marginal erosion and decrease the silting up of muddy river channels. The results indicate socioeconomic and environmental potential of the commercial exploitation of munguba and propose its industrialization. Finally, it is concluded that the industrialization and exportation of insulating fleeces from the fibers of the munguba fruit potentially contributes to sustainable development in the interior of the Amazon.

Keywords: Amazon, Kapok, flood-pulse, market.

INTRODUÇÃO GERAL

O presente estudo sobre os potenciais socioeconômicos e ambientais da exploração comercial da paina da munguba pretende apresentar soluções para a melhoria das condições econômicas nos interiores da Amazônia. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), 14,4% da população do Amazonas vive na extrema pobreza (miséria). Em 2017, a proporção de pessoas pobres nesse estado foi de 47,9%. Isso significa que quase a metade da população nos interiores da Amazônia vive com menos que US\$ 5,5 por dia (D24-Amazonas, 2018).

Por outro lado, existem riquezas junto à biodiversidade, como comprovou a passada época de borracha, quando a exploração do látex da árvore *Hevea brasiliensis* trouxe oportunidades econômicas que culminaram na Belle Époque. Aquele produto imperecível com demanda pelos mercados do hemisfério norte era capaz de acumular riquezas na Amazônia (DEAN, 1987). Atualmente, vários produtos perecíveis podem ser explorados a partir da biodiversidade Amazônica, tais como açaí, guaraná e cacau, bem produtos não perecíveis, como fibras juta, malva, curauá ou substâncias farma-cosméticos, mas estes últimos ainda não têm potencial de escala (HOMMA, 1996).

A economia clássica, movida pela ganância dos poderosos, fez com que a distribuição dos lucros não alcançasse o povo extrativista para fomentar o seu desenvolvimento. A área da Socioeconomia das ciências sociais se preocupa com a distribuição mais justa dos lucros. No ponto de vista ético, importa o desenvolvimento sustentável de todos os envolvidos e, em primeiro lugar, dos participantes da coleta e extração do produto natural (DAVIS e DOLFSMA, 2008).

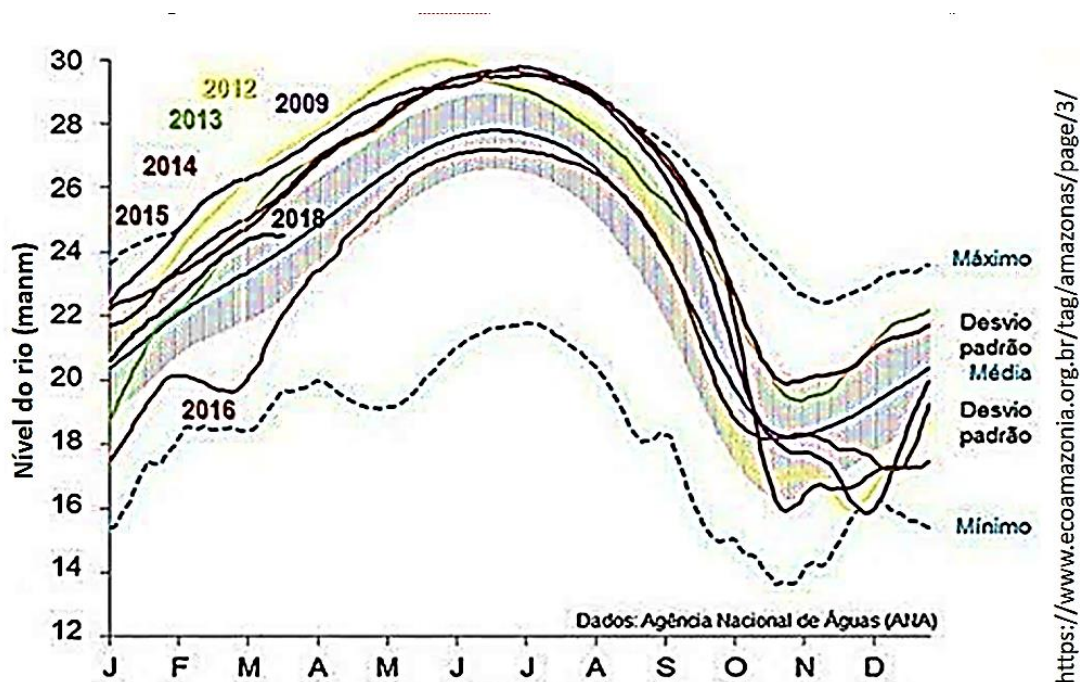
Uma alternativa com grande potencial, mas ainda inexplorada, é a munguba da várzea (*Pseudobombax munguba* (Mart. & Zucc.) Dugand), uma árvore que produz uma paina que poderá interessar aos mercados do hemisfério norte. Ela cresce nas áreas inundáveis pelos rios de águas barrentas e de maior fertilidade, como o Rio Solimões/ Amazonas, e se mostra bem adaptada ao regime de inundação desses ambientes (várzeas). Como espécie nativa da Amazônia, ela exerce importantes serviços ambientais e faz parte do ecossistema de maior importância para o clima global (NOBRE, 2014).

A influência da umidade amazônica no clima do Brasil e do mundo é globalmente percebida, como mostra a recente repercussão internacional, os movimentos contra as queimadas ocorridas em 2019 e seus impactos. Desta forma, é de interesse mundial apoiar o desenvolvimento na Amazônia para manter a floresta em pé, por meio da exploração prudente de sua biodiversidade.

Nas áreas das cabeceiras na barreira dos Andes no Oeste da Amazônia, com o maior índice pluviométrico do planeta, o crescente volume de chuva em novembro, junto ao degelo da neve na cordilheira, provoca a enchente dos rios amazônicos (GLOOR et al., 2015; BARICHIVICH et al., 2018; NOBRE, 2019). Na Amazônia Central, essa enchente geralmente tem início no mês de dezembro (Figura 1).

A diminuição da umidade em junho provoca a época de seca, que inicia a vazante na Amazônia Central, no mês de agosto. Desta forma cria-se o regime hidrológico oscilante, chamado por JUNK *et al.* (1989) o “Pulso de Inundação”. Isso provoca quatro estações dos rios; cheia, vazante, seca e enchente, como determinantes nas áreas inundáveis (PIEIDADE *et al.*, 2013).

Figura 1 - Oscilação do nível do rio Negro ou “Pulso de Inundação” durante os últimos anos, no porto de Manaus, em manm (metros acima do nível médio do mar).



Pela cheia anual, extensas áreas da Amazônia são alagadas, incluindo o habitat da espécie *P. munguba*, as várzeas, que são áreas inundadas por rios de águas barrentas, com sedimentos silto-argilosos oriundos dos Andes e regiões pré-andinas (SCHAEFER *et al.*, 2017).

A leitura naturalista sentimental-mística da Amazônia omite a existência de habitantes nos interiores. Apenas no Estado do Amazonas, mais que 2 milhões de cidadãos no interior vivem em condições precárias e resistem às adversidades tropical-úmidas. A maioria dessas famílias se radicaram na época da borracha, quando a Amazônia era considerada próspera e independente (CARDOSO e MÜLLER, 2008). Foi nossa

“Belle Époque”, até que o látex da floresta perdeu competitividade contra aquela produzida em plantios na Ásia (LAMPRECHT, 1990). Depois desse tempo de fartura, o abandono pelo mercado externo provocou a crônica recessão na Amazônia (CARDOSO e MÜLLER, 2008).

Os mercados internos da Amazônia devem ser vistos como resquícios da época da borracha, quando muita gente de todos os cantos do mundo, povoou a região e gerou imensa demanda de alimentos (LOUREIRO, 2015). Hoje, o mercado se encontra em crônica recessão e parece sem perspectiva de solução a curto prazo (CARDOSO e MÜLLER, 2008).

Praticamente todos os produtores rurais continuam a plantar as mesmas variedades de alimentos que dependem, no mesmo momento, da mesma logística e almejam os mesmos mercados enfraquecidos.

Depois da atração pela Zona Franca de Manaus (ZMF), a demografia do Amazonas foi redesenhada com a migração de cerca de 50% dos habitantes do interior para a capital, o que causou um êxodo rural sem precedentes (WITKOSKI, 2007, CARDOSO e MÜLLER, 2008). Pode se imaginar o impacto à socioeconomia do interior, quando a metade da população trabalhadora abandonou o lugar.

Nas áreas inundáveis a maioria das atividades comerciais se restringem à fase terrestre, revezando com a pesca e subsistência durante a fase aquática (SCHÖNGART e JUNK, 2007). Por causa dessas condições sazonais incertas e da intensificação das cheias e secas que vêm ocorrendo nas últimas décadas (PEDADE *et al.* 2013), a agricultura familiar enfrenta o sucessivo abandono pelas novas gerações (WITKOSKI, 2007). Desta forma, as condições socioeconômicas ficam cada vez mais difíceis na várzea, demandando a busca de novas atividades econômicas.

Entende-se, que uma nova era de desenvolvimento na Amazônia deve considerar as necessidades do interior. No caso da exploração da paina da munguba da várzea, especial ênfase foi dada para melhorar a ocupação econômica das pessoas na cheia, justamente, quando a água recobre pastagens e lavouras.

Para a exportação das fibras da munguba em forma de mantas, precisa-se da participação do Polo Industrial de Manaus (PIM) e a abertura dos mercados internos e externos. Isto, junto ao compromisso de preservação ambiental e desenvolvimento sustentável dos habitantes em desvantagem socioeconômica, seguindo os preceitos e regras da Bioeconomia (GRAF e KALTWASSER, 2014).

Para tanto, este estudo se constitui em uma pesquisa aplicada, que se dispõe a apresentar ao interior uma possível atividade econômica durante a cheia, por meio da

coleta e extração de fibras da *munguba*. Essas seriam beneficiadas e industrializadas em mercadoria biogênica de exportação, em consonância com a ideia da “Nova matriz econômica-ambiental do Estado do Amazonas” (ANDRADE, 2017).

O projeto também se insere na questão de sequestro de carbono, no âmbito do Acordo de Paris (2017). O plantio em larga escala de *Pseudobombax munguba* pode ser agregado à meta de reflorestamento em áreas degradadas, para a qual os NDCs “National Determined Contributions” (Contribuições de Determinação Nacional do Brasil) propõem o reflorestamento de uma área de 12 milhões de hectares (LOVEJOY e NOBRE, 2018).

Os resultados encontrados no âmbito dessa tese foram estruturados em três capítulos para apresentar os potenciais socioeconômicos e ambientais da exploração comercial da paina da munguba:

O primeiro capítulo tem como objetivo apresentar a espécie *Pseudobombax munguba* no seu habitat aquático-terrestre na várzea. Serão apresentados aspectos botânicos inéditos observados pelo autor durante 25 anos de trabalho com essa árvore. Para entender a atual distribuição e frequência de *P. munguba* na Amazônia, frente aos esparsos registros oficiais, procurou-se recuperar fatos históricos, por meio de narrativas de estudiosos da Amazônia. Como constata DEAN (1987), no seu livro sobre a borracha Amazônica, “... para compreender as condições atuais, é importante conhecer o passado”.

No **segundo capítulo** buscou-se analisar os requisitos do mercado alemão de fibras isolantes termoacústicas. Os resultados foram obtidos durante um semestre de estudos na Alemanha, pela apresentação de amostras de fibras beneficiadas do fruto de *P. munguba*. O atendimento aos requisitos e as qualidades das fibras são mostrados nos resultados de ensaios e testes com a paina da munguba. Análises adicionais com as fibras foram feitas para fins de prospecção de sua utilidade. Com isso pretende-se comprovar o atendimento às exigências do mercado, como argumento de compra para potenciais clientes de fibras isolantes da biodiversidade tropical.

A identificação do potencial de escala é o objetivo do **terceiro capítulo**. Escala que, de um lado compreende o volume do produto, mas também considera a continuidade da qualidade e garantia de fornecimento futuro. Serão apresentadas possibilidades de plantio por plântulas e regeneração de estaquia. Esse último capítulo é o de maior importância, no que se refere às demandas a qualquer produto da biodiversidade amazônica pelos mercados internacionais.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Analisar os potenciais socioeconômicos e ambientais da cadeia de valor a partir da paina de *Pseudobombax munguba*.

Tese

- A exploração da paina da munguba e sua comercialização tem potencial de gerar benefícios socioeconômicos e ambientais na várzea da amazônica central.

Objetivos específicos

- 1. Verificar a capacidade de coleta de frutos e extração de paina de *P. munguba* pela população ribeirinha.**

Hipóteses

- Indivíduos da população ribeirinha conseguem coletar durante a cheia mais que 100 frutos de *P. munguba* por dia.
 - Comunidades ribeirinhas têm a capacidade de extrair dos frutos de *P. munguba*, mais que 20 kg de paina por dia.
- 2. Analisar requisitos de mercado e propriedades físicas e biológicas da paina de *P. munguba*, para a sua incorporação em processos industriais.**

Hipóteses

- Junto à oferta da paina de *P. munguba*, o atendimento aos requisitos específicos do mercado de fibras isolantes termoacústicas deve ser comprovado.
 - Pela maior oferta de paina de *P. munguba* haverá crescente demanda dessa fibra isolante em diferentes segmentos industriais na Alemanha.
 - A paina de *P. munguba*, uma vez conhecida, terá serventia em diferentes processos industriais, inclusive no Polo Industrial de Manaus – PIM.
- 3. Avaliar indicadores do potencial de escala da exploração comercial da paina de *P. munguba* em plantios na várzea e Terra Firme.**

Hipóteses

- A taxa de germinação de sementes de *P. munguba* de até um mês de idade é de mais que 95%.
- A taxa de crescimento de plântulas de *P. munguba*, na várzea, com cuidados básicos de cultivo, é maior que 0,5cm/dia, em 180 dias.
- Existe a possibilidade de propagação vegetativa de *P. munguba*, por meio de estaquia.

CAPÍTULO I

ASPECTOS BOTÂNICOS E HISTÓRICOS DE *Pseudobombax munguba*

Resumo

Pseudobombax munguba (Mart. & Zucc.) Dugand é uma espécie arbórea de médio porte que perde as folhas durante a cheia, período no qual produz, em torno de 50 frutos oviformes e vermelhos, com diâmetro de 8-12 cm e comprimento de 12-26 cm. Sem folhas, com seus frutos vermelhos e troncos verdes, ela se destaca como marco geográfico nas planícies alagáveis de várzea. É árvore pioneira, sendo uma das primeiras espécies vegetais que aparecem nas terras novas oriundas da deposição de sedimentos. Nesse habitat, plântulas persistem totalmente submersas na cheia e, durante a seca, são expostas a déficit hídrico e extrema radiação. Para completar a descrição geral na Flora do Brasil (2020), são apresentados aspectos botânicos novos como abscisão do androceu, produção de mucigel e nectários extraflorais. Baseados em observações próprias, são relatados apanhados ecológicos de *P. munguba*, como liberação de oxigênio pela raiz e seu uso no tratamento de efluentes. Essas informações foram confirmadas por meio de entrevistas com representantes da população local e registrados em fotos. Compartimentos do fruto são descritos em detalhe. Devido à falta de bibliografia histórica com menção direta da espécie *P. munguba*, a descrição de ocorrências do passado se baseiam em extensiva comunicação com cientistas e pessoas experientes com comprovado conhecimento da várzea. *P. munguba* é uma estrategista r, com dispersão de 1877 ± 295 sementes por fruto. São sementes ovais, de 3 mm de diâmetro e 4 mm de comprimento. A sua madeira leve e macia resulta em uma lenha ruim, de queima rápida. Mas, justamente por causa desta propriedade, a munguba foi muito procurada, pela utilidade na limpeza de caldeiras de transatlânticos a carvão mineral, através da combustão de sua lenha. *P. munguba* acompanhou a formação pré-histórica da maior bacia hidrográfica do mundo e se adaptou, ao longo de milhões de anos, às oscilações entre inundação e seca. Ela foi plantada pelos povos indígenas pré-colombianos. Com a finalidade de limpeza da calha do rio e produção de lenha na história recente da borracha, a mata ciliar foi cortada, inclusive *P. munguba*. Por causa da sua eficaz dispersão e rápido estabelecimento de plântulas é malquista entre fazendeiros e agricultores da região, sendo alvo de permanente supressão. Com a exploração de sua paina, a árvore tem potencial de se tornar fornecedora de derivados para a nova bioeconomia e de serviços ambientais de combate às alterações no ecossistema amazônico.

Palavras chave: Área inundável, várzea, Distribuição geográfica, munguba

BOTANICAL ASPECTS AND HISTORY OF *PSEUDOBOMBAX MUNGUBA*

Summary

Pseudobombax munguba (Mart. & Zucc.) Dugand is a medium-sized tree species that loses its leaves during the flood, when it produces around 50 red and oviform fruits, with a diameter of 8-12 cm and a length of 12 -26 cm. Leafless, with its red fruits and green trunks, it stands out as a geographical landmark in the flooded plains. It is a pioneer tree, being one of the first plant species to appear in new silted lands. In this habitat, seedlings persist fully submerged in the flood and, during the drought, they are exposed to severe water deficit and extreme radiation. To complete the general description in Flora do Brasil (2020), new botanical aspects are presented, such as androecium abscission, mucigel production and extra-floral nectaries. Based on our own observations, ecological catches of *P. munguba* are reported, such as oxygen release by the root and its use in the treatment of effluents. This information was confirmed through interviews with representatives of the local population and recorded in photos. Fruit compartments are described in detail. Due to the lack of historical bibliography with direct mention of the species *P. munguba*, the descriptions of past events are based on extensive communication with scientists and experienced people with proven knowledge of the várzea. *P. munguba* is a r-strategist, with dispersion of 1877 ± 295 seeds per fruit. They are oval seeds, 3 mm in diameter and 4 mm long. Its light and soft wood results in bad, fast-burning wood. But, precisely because of this property, the munguba was much sought after, for its usefulness in cleaning boilers of coal-fired transatlantic, through the combustion of its firewood. *P. munguba* followed the prehistoric formation of the largest hydrographic basin in the world and adapted, over millions of years, to the oscillations between flood and drought. It was planted by pre-Columbian indigenous peoples. With the purpose of cleaning the river channel and producing firewood in the recent history of rubber, the riparian forest was clear-cut, including *P. munguba*. Because of its effective dispersion and rapid establishment of seedlings, it is a madden among farmers and farmers in the region, being the target of permanent suppression. With the exploration of its paina, the tree will be among the modern useful species, as a supplier of derivatives for a new bio-economy and environmental services to combat environmental changes in the Amazon.

Keywords: Flooded area, floodplain, geographic distribution, munguba

1.1 Introdução

As áreas alagáveis pela água barrenta que nasce nos Andes (SIOLI, 1984), denominadas de várzeas, recebem sedimentos férteis a cada evento de inundação (WITTMANN *et al.*, 2010, JUNK *et al.*, 2013), provocado pelo “Pulso de Inundação” (JUNK *et al.* 1989). Esse fenômeno provoca a submersão periódica dos habitats marginais e fertiliza os solos. Por isso a várzea é considerada mais apropriada para a produção rural do que a terra-firme não alagável. No entanto, essa terra própria para o plantio é apenas temporária, conforme o ciclo do pulso de inundação que determina a duração da fase terrestre e disponibilidade para a produção agrícola.

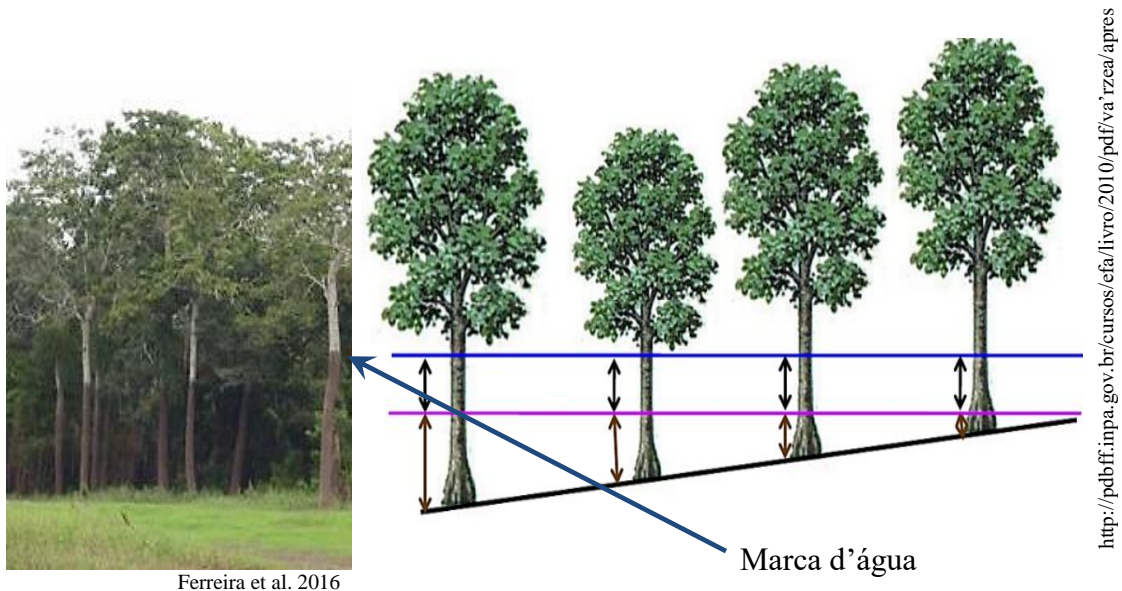
De acordo com JUNK *et al.* (1989), a inundação periódica cria ao longo das margens dos rios e margens dos lagos uma Zona de Transição Aquática-Terrestre, conhecida como ATTZ - “Aquatic Terrestrial Transition Zone” (Figura 2). Os organismos nessas áreas têm que ser adaptados a inundação e severa seca (PIEIDADE *et al.*, 2016), como exemplificado para *P. munguba* na Figura 4. As plântulas desses ambientes ficam submersas durante meses e têm que resistir à correnteza e assoreamento nas margens (PAROLIN 2009). Quando emergem, enfrentam moitas de detritos que nelas se depositam, sendo obstáculos às águas correntes. Durante a época de seca, as mesmas plântulas sofrem extrema insolação e estresse hídrico, junto às profundas rachaduras no solo ressecado. Portanto, as plântulas na ATTZ devem ter boa capacidade de regeneração, especialmente do seu sistema radicular (CONSERVA, 2007, PAROLIN, 2009, PIEIDADE *et al.*, 2016).

O levantamento botânico das áreas de assoreamento e praias (terras novas), por WITTMANN *et al.* (2010), apresentaram no primeiro estágio a espécie *Alchornea castaneifolia* depois *Cecropia latiloba* e, em seguida, *Pseudobombax munguba*. Em estágio secundário, se estabelecem *Cecropia membranacea*, *Salix martiana*, *Licania macrophylla*, *Vitex cymosa* e, criando grupos quase que mono-específicos, *P. munguba*. Num terceiro estágio, que leva à floresta ombrófila da várzea, se juntam *Crateva benthamii*, *Triplaris surinamensis*, *Ficus* sp., *Hevea* sp., *Hura crepitans*, *Ceiba pentandra* e diversas outras espécies arbóreas que crescem na proteção pela vegetação secundária (WITTMANN *et al.*, 2010).

De acordo com a dinâmica do ciclo hidrológico anual, o solo de cada isolínea topográfica permanece debaixo da lâmina de água durante um determinado tempo e distinta profundidade (KEPPLER *et al.*, 1993) (Figura 2). Portanto, os plantios nessa área, geralmente são de ciclos curtos durante a fase terrestre e evitam a alagação.

Na ATTZ sobrevivem plantas que afundam, assoreiam e mantêm a sua raiz sob prolongada asfixia. As mesmas sofrem déficit hídrico e danificação mecânica das raízes, sendo esse ambiente pioneiro e hostil, o habitat anfíbio da munguba.

Figura 2 - Catena de Inundação da ATTZ com o nível da água. A alagação (linha de baixo) determina a asfixia radicular quando há falta de oxigênio na raiz e a profundidade de inundação (linha de cima), o tempo de submersão por evento de cheia.



Ferreira et al. 2016

CALHEIROS (2011) relata, que a *P. munguba*, com casca verde e frutos vermelhos, com a raiz em até 6m debaixo da superfície, chama atenção pela sua aparência de “árvore de natal fora de época”. Pela falta de exigências ecológicas e extrema abundância na várzea da Amazônia Central é chamada de “Árvore vagabunda” por WITTMANN (com. pes.).

A espécie *Pseudobombax munguba* foi classificada por DUGAND (1943), a partir da primeira descrição como *Bombax munguba* feita por KARL von MARTIUS (1794-1868) e JOSEPH ZUCCARINI (1797-1848). Em 1824, esses dois botânicos alemães elaboraram a primeira litografia dos mais importantes aspectos botânicos da munguba. Essa obra contém detalhes surpreendentes das sementes e da flor, especialmente, quando se imagina que os cientistas da época não dispunham de instrumentos modernos. A coloração do fruto foi adicionada posteriormente e o epicarpo da cápsula foi colorido em verde-marrom (Figura 3).

Figura 3 - Litografia de órgãos de *Pseudobombax munguba*, em sua primeira descrição feita por KARL v. MARTIUS (1794-1868) e JOSEPH ZUCCARINI (1797-1848), quando a planta foi nominada de *Bombax munguba*.



<https://www.christies.com/lotfinder/Lot/karl-von-martius-1794-1868-and-joseph-zuccarini-5933380-details.aspx>

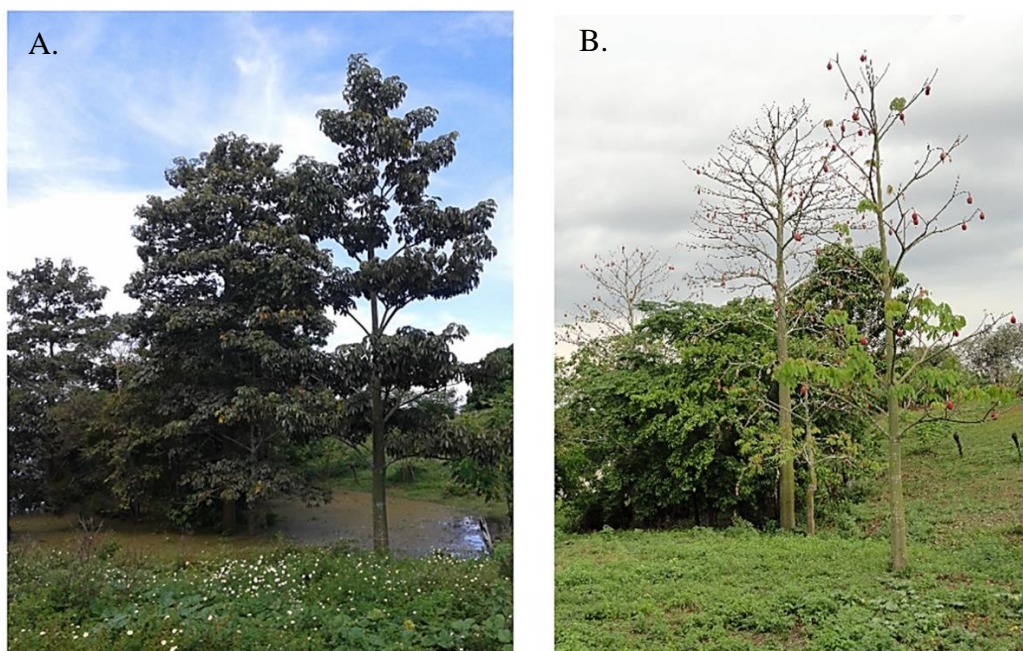
Na Flora do Brasil (2020), os aspectos botânicos de *P. munguba* são descritos como: **Caule:** braquiblastos ausentes; estrias longitudinais verdes conspícuas. **Folha:** comprimento dos pecíolos maiores que 2.0 cm; indumento da face abaxial dos folíolos glabros; número de folíolos 5/7/9. **Inflorescência:** número de flores por inflorescências 1/igual ou maiores que 2. **Flor:** glândulas no receptáculo ausentes; indumento faces externas cálices glabros; comprimento das pétalas 7 cm ou mais; cor das faces externas das pétalas acastanhada; indumento do tubo estaminal pubescente; número de estames 75 ou mais; estames não agrupados em feixes; indumento dos ovários glabros. **Fruto:** cor do exocarpo completamente vermelho; frutos cilíndricos em seção transversal; largura dos frutos mais de 4.0 cm. **Semente:** cor das sementes maculadas (YOSHIKAWA, 2019).

Pseudobombax munguba é resistente à inundação prolongada e, como pioneira em terras novas, tolera expressivo assoreamento (GRIBEL, 1995; FERREIRA *et al.*, 2010). Pertence à família Malvaceae, como o algodoeiro, a juta e a malva e é da subfamília Bombacoideae (GRIBEL, 1995; MENICUCCI, 2007). Os gêneros dessa subfamília botânica, na sua maioria, são árvores que possuem caules suculentos e raízes profundas com adaptação à aridez (GUEDES de CARVALHO, 2006). GUEDES de CARVALHO (2006) também discute o parentesco da munguba com as paineiras baobá (*Adansonia*), paineira (*Chorisia* -> *Ceiba*), barriguda e sumaúma (*Ceiba*), barrigón (*Pseudobombax*) e pau-balsa (*Ochroma*). Esses gêneros têm em comum a produção de paina e a superfície fotossintética no caule (casca verde ou em fendas), acúleos no tronco e o armazenamento de água no parênquima. As folhas palmadas são xerófilas e compostas de cinco a nove folíolos (GUEDES de CARVALHO, 2006).

A munguba é uma árvore decídua, que lança as folhas na época de cheia. Porém, SCHÖNGART *et al.* (2002) notam que esta fenologia não seria consequente à inundação. Com um crescimento muito acelerado, a sua fisiologia difere de outras árvores, o que é visível pela forma irregular dos anéis de crescimento (WITTMANN *et al.*, 2010). Sua atividade fisiológica é reduzida com menor disponibilidade de água (PIEPADE *et al.*, 2013). Por outro lado, quanto mais água, mesmo no estado alagado, a árvore aumenta a sua atividade fotossintética, pelas folhas antigas (dados não publicados).

As árvores têm densa copa de folhas verdes na água baixa (Figura 4A). No pico da cheia (junho) e no início da vazante (agosto), chamam a atenção de todos os visitantes da várzea pela abscisão das suas folhas, por sua casca verde e frutos vermelhos, do tamanho de bolas de rúgbi (Figura 4B). Os observadores ficam curiosos pelo conteúdo desse fruto e se surpreendem pelas fibras macias, de toque agradável. A maioria reflete sobre a função desse “algodão” e acha curioso que não haja nenhuma utilidade comercial.

Figura 4 - Alteração da fenologia de *Pseudobombax munguba*, de acordo com a fase do rio em Manacapuru A. enchente em junho de 2017 e B. vazante em setembro de 2017.



Fonte: Keppler, 2017

As flores da *P. munguba* são brancas e poli-estaminadas, parecendo um pincel de barbear (OLIVEIRA-WITTMANN, 2007, DÁVILA *et al.*, 2011). As flores abrem durante o anoitecer e ficam expostas até a manhã do dia subsequente. O estigma aparece no centro, com comprimento saliente do estigma de até 20 mm (Figura 5).

A planta é polinizada por morcegos da espécie *Phyllostomus hastatus*, comuns na América tropical (GRIBEL e GIBBS, 2002). Após a polinização, na parte da manhã, o androceu cai e a flor é reduzida ao ovário verde com longo estilete. O fruto vermelho se desenvolve em 30 a 45 dias (GRIBEL, 1995).

Figura 5 - Polinização da flor de *Pseudobombax munguba* pelo morcego da espécie *Phyllostomus hastatus* (GRIBEL e GIBBS, 2002).



Fonte: GRIBEL e GIBBS, 2002

Em estudos de KETELHUT (2004), na ilha da Marchantaria, uma área de várzea do município de Iranduba, *Pseudobombax munguba* apresentou um grande número de espécies de formigas associadas. Entre elas, a formiga “tachi” (*Pseudomyrmex triplarinus*), (WARD 1999), que aproveita o abrigo nos espaços ocultos ao longo de todos os galhos da árvore “tachi” *Triplaris surinamensis* (Figura 6) e castiga os invasores com as suas ferroadas, provocando reações alérgicas severas (HADDAD *et al.*, 2009).

Figura 6 - As galerias nos galhos da árvore *Triplaris surinamensis*, colonizadas pela formiga Tachi, *Pseudomyrmex triplarinus*, que também pode ser encontrada em *Pseudobombax munguba*.

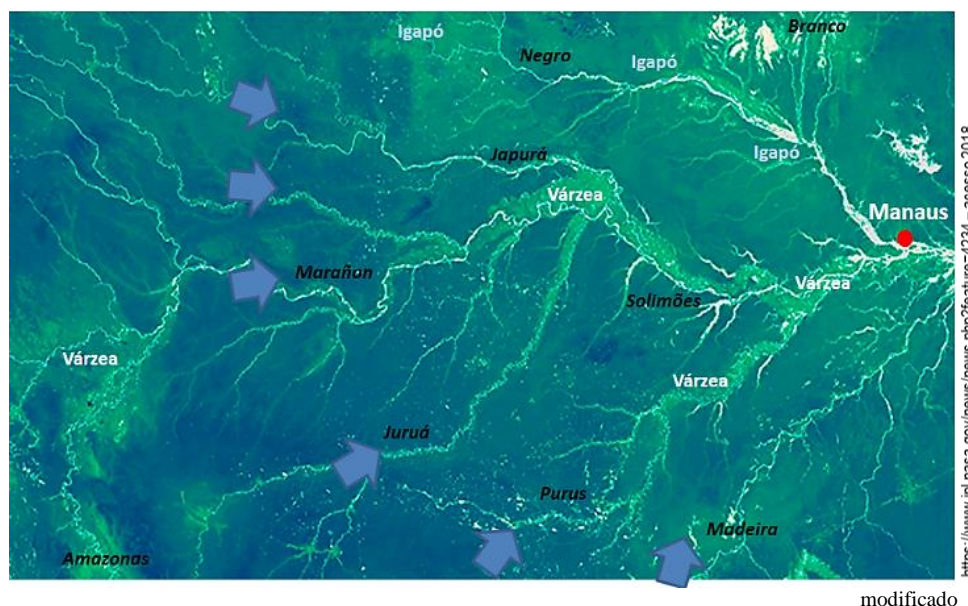


Fonte: HADDAD *et al.* 2009

Informações sobre a biologia da *P. munguba* e ocorrências históricas são escassas. Os registros em diferentes publicações científicas marcam a presença de *P. munguba* (BFG, 2015) em toda a Amazônia, desde regiões pré-andinas até na foz do rio Amazonas. Em levantamentos florestais, alguns espécimes foram encontrados em floresta de terra firme, longe da várzea (HOUSEHOLDER *et al.*, 2016) e, até em sítios em igapó, ambiente inundado por águas pretas (WITTMANN, com. pes.). DÁVILA *et al.* (2011) descrevem *P. munguba* nas florestas peruanas, em 90 a 140 m de altitude, como árvore frequente em diversos distritos subandinos, onde é conhecida como “Punga”.

Em geral, a distribuição da *P. munguba* se dá ao longo da várzea da Amazônia (Figura 7), em áreas inundáveis pela água barrenta de sedimentos andinos, com extensão de mais que 400.000 km² (MELACK e HESS 2010).

Figura 7 - Habitat de *Pseudobombax munguba*, ao longo das várzeas dos rios de água barrenta; Solimões, Juruá, Purus e Madeira (verde claro), com sedimentos andinos (setas azuis). O rio Negro com sua água preta forma o igapó (verde médio), sem ocorrência natural de *P. munguba*. Áreas não inundadas de terra firme se distinguem, quanto mais secas, mais escuras.



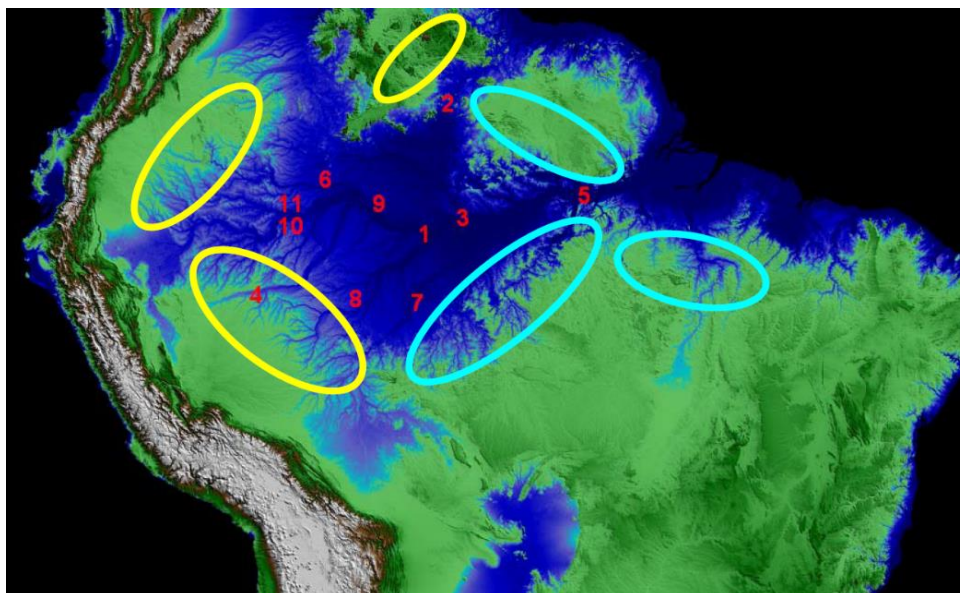
MARROIG e CERQUEIRA (1997) descrevem o grande Lago Amazônico, durante o Terciário, quando o nível do mar ficava até 180 m acima do nível de hoje. Em tempos pré-históricos, a Amazônia sofreu mudanças ambientais entre permanente inundação e acentuada seca. BICUDO *et al.* (2019) afirmam que, naquele tempo, a Amazônia era um imenso lago, onde a vegetação tinha que se adaptar às condições de permanente inundação (Figura 8).

Em contraste, relatam IRION *et al.* (2009) a situação durante o último glacial (Würmeiszeit, de ca. 20.000 anos atrás), quando o nível do mar ficava até 130 m abaixo do nível atual. Naquela época, o rio Negro já havia escavado o seu leito atual, de até 60 m abaixo do nível do mar (FRANZINELLI, 2011).

Os dois períodos foram marcados por expressiva umidade ou intensa seca (KLAMMER, 1984, IRION *et al.*, 2009). Supõe-se que, ao longo de todas as mudanças, a espécie *P. munguba* estava presente na vegetação hidrófila no Pleistoceno e xerófila durante o Plioceno (MARROIG e CERQUEIRA, 1997). Acompanhando estas mudanças ambientais pré-históricas, ela deve ter desenvolvida a sua extrema resiliência (MENICUCCI, 2007).

A pequena variação genética encontrada entre diferentes populações de *P. munguba* na Amazônia brasileira indica idade relativamente recente, a partir do Pleistoceno ou Holoceno. A maior variabilidade encontrada no Alto Juruá indica serem estas populações mais antigas, e a rota de entrada da espécie na Amazônia (MENICUCCI, 2007).

Figura 8 - Imagem da hipótese de alagação da Amazônia no Plioceno, com o nível do mar 120m acima do atual. Áreas de captação dos rios de água barrenta (amarelo) e de outras águas (azul claro). Locais de amostragem da tese de Menicucci (2007) e distribuição amazônica de *Pseudobombax munguba*; 1 Beruri-AM, 2 Caracarai-RR, 3 Careiro-AM, 4 Cruzeiro do Sul-AC, 5 Caxiuanã-PA, 6 Maraã-AM, 7 Rio Madeira - Manicoré-AM, 8 Canutama-AM, 9 Tefé-AM 10 e 11 Tabatinga-AM.



Menicucci, 2007

Pseudobombax munguba a espécie pioneira da várzea, por ser uma das árvores mais resistentes à asfixia radicular (MARINHO, 2015), domina em florestas da várzea baixa, na Amazônia Central (GRIBEL, 1995; GRIBEL e GIBBS, 2002; MENICUCCI, 2007). Em habitats popularmente chamados de “Chavascais” ou “Mungubais”, há formação de extensos grupamentos mono-específicos naturais de espécimes frondosos de munguba, com altura de até 50 m e DAP, de 2,5 m (MAGNANINI e MAGNANIN, 2002).

Nesse primeiro capítulo serão apresentados novos aspectos botânicos que indicam propriedades da espécie que podem permitir transformá-las em produtos com potencial socioeconômico, se forem comercializados, como seria o caso da paina de *P. munguba*.

1.2 Material e Métodos

Os novos aspectos botânicos de *P. munguba* foram identificados no decorrer de diferentes trabalhos com esta espécie de 1993 a 1995. Primeiras observações referentes ao ciclo sazonal e liberação de oxigênio pela raiz, foram feitas junto à medição frequente da fotossíntese em resposta à alagação, a 28 anos atrás, na ilha da Marchantaria, no âmbito do Projeto INPA/Max-Planck (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia).

Nos anos 2014/15, foram feitas cinco excursões ao longo da calha do rio Solimões (Tabatinga, Coari, Maués). Também são relatados os resultados de excursões para Caapiranga (2016), Manaquiri (2017) e Coari (2018), para realizar observações sobre a mucilagem da flor. Foram oito visitas técnicas ao município de Manacapuru, bem como às localidades de Curari e Paraná do Periquito e no município de Careiro da Várzea (2018/19), com ênfase no estudo das fibras corticais (envira). Observações foram feitas também em viagens ao longo da calha do rio Madeira até Manicoré e Novo Aripuanã, onde a maior parte da mata ciliar se apresenta em diferentes estados de degradação.

Resultados referentes à herbivoria, regeneração e crescimento em grupos mono-específicos foram obtidos em observações durante cinco anos de monitoramento e manutenção de Estações de Tratamento Ecológico de Efluente – ETEEs, com espécimes de *P. munguba*. O filtro de raiz da ETEE, em fluxo ascendente e oxigenação radicular foi plantado com espécimes com altura acima de 1,5 m (KEPPLER *et al.*, 2018). As mudas foram retiradas de grupos mono-específicos em Maraã-AM, para garantir diversidade genética nas ETEEs em Manaus. Os aspectos da variabilidade do fruto e dos botões são descritos e documentados mediante registros fotográficos. Os detalhes biométricos foram levantados em ensaios e medições *in loco*, na área do Careiro da Várzea.

Registros da época do descobrimento ou da época da borracha, com menção direta da espécie *P. munguba*, são esparsos na literatura antiga e contemporânea. No entanto, tivemos oportunidade de escutar as narrativas informais de estudiosos da Amazônia.

O finado Prof. Dr. Harald Sioli (1910-2004) veio à Amazônia em 1938 e foi surpreendido pela segunda guerra mundial. Ficou preso em Tomé-Açú no Pará e, quando solto em 1942, trabalhou como professor da limnologia amazônica (SCHALLER, 2004). Ele sempre ressaltou: “Quem quer entender o presente tem que compreender o passado!”

Muitas informações históricas são de contos (2015-2017) do finado sogro do autor, Sr. Sebastião de Araújo Ferreira (1921-2018). Ele nasceu como filho de seringueiro na colocação Juburi, na margem esquerda do médio Juruá, 10 km a jusante de Caruarí, no Lago do Idó. Pela aptidão do pai como carpinteiro, a família se mudou para a colocação Nova Olinda, no alto Tarauacá, em 1925. Para escapar da recessão anunciada pelo

declínio da produção da borracha e possibilitar a educação superior dos filhos, rumaram para Manaus em junho 1931. Viajaram com uma jangada de cedro, a partir da boca do Tarauacá, descendo o Juruá e Solimões até o Catalão (encontro das águas – Manaus). Em dezembro de 1931 chegaram na serraria Marapatá (Manaus), onde continuaram morando até 1933, quando se radicaram definitivamente na cidade de Manaus.

O Sr. Sebastião Ferreira era sobrinho legítimo do Sr. Francisco Ferreira, primeiro morador e dono da ilha do Carreiro da várzea em 1870. “O chamado Chico Macucu mandou transformar a ilha numa imensa pastagem”. Sebastião Ferreira visitou os seus parentes quando criança e, pela última vez, em 1985, para uma pescaria no lago do Joanico, que era o mais farto naquela época.

Diversos encontros com o jornalista e escritor Isaias Oliveira (conversas em 2017/18), renderam informações históricas. Ele retratou a história da infância do próprio pai, que tinha fugido do seringal, escondendo-se no porão da máquina de um imenso navio britânico. Na época da borracha viveu nos cais de Liverpool, dando manutenção aos vapores vindos da Amazônia e retornou em 1938, em plena segunda guerra.

Relatos feitos pelo Dr. Carlos Augusto da Silva despertam interesse em descobrir plantios indígenas da munguba. Ele também informou sobre o uso da fibra cortical (envira), considerada a mais resistente fibra da Amazônia.

Além disso, muitas entrevistas espontâneas com membros da população ribeirinha, que narraram com orgulho as suas lembranças do passado e do uso da *P. munguba* e seus derivados pelos seus avós.

1.3 Resultados e Discussão

Atualmente, a população ribeirinha apenas faz uso esporádico de *P. munguba*. Ao contrário, a espécie é permanente alvo de roça em lavouras e pastagens e perseguida como árvore daninha (Sr. Galúcio, com. pes.; Careiro 2018). No entanto, o povo local valoriza a árvore caducifólia como marca geográfico e poste vivo para amarração de barcos durante a cheia e (Figura 9).

Figura 9 - A munguba, *Pseudobombax munguba*, no seu habitat.



Fonte: Keppler, 2016

Contudo, apesar de comum, a munguba é tão despercebida que uma moradora da comunidade de Curari, que pegou carona na lancha da nossa excursão, tirou fotos de um exemplar alagado na beira do rio Solimões e ficou maravilhada pela árvore, por ela desconhecida. Quando a deixamos na sua casa flutuante, descobrimos que a mesma estava amarrada em uma munguba ainda mais bonita e cheia de flores. Esperamos que, futuramente, ela aprecie o ciclo se completando na sua casa.

1.3.1 Flor

A abertura das flores de *Pseudobombax munguba* ocorre a partir da abundância de botões (Figura 10). A cada anoitecer são contados os botões (até dez) que desabrocham por árvore (n=20), ao longo de até 45 dias. Na literatura não foram encontradas menções anteriores a essa observação. Havia deformações por larvas de insetos. Seria importante

investigar a predação de botões, para avaliar o seu impacto para a exploração comercial da paina.

Figura 10 - Abundância de botões terminais em *Pseudobombax munguba*, em Curari, no município de Careiro da Várzea.



Fonte: Keppler, 2017

A partir das nossas contagens ($n=20$), no final, apenas 80% dos botões desenvolvem flores e, dessas, somente 20% se transformam em frutos, como demonstra a subsequente carga de frutos de 0 a 3 frutos por ápice de galho.

Observou-se que a flor multiestaminada da *P. munguba* abre no crepúsculo vespertino (18-19:00) e permanece até a manhã (08-10:00) do dia seguinte. Nossas observações confirmam a polinização por morcegos à noite, como constatado por GRIBEL e GIBBS (2002). Dípteros e himenópteros que visitam a flor não têm papel de polinizadores, devido ao estigma saliente até 20 mm. Os insetos são atraídos apenas pelo pólen, já que a flor não tem nectários (GRIBEL, 1995).

As flores brancas realçam-se mais fortemente ao anoitecer, quando parecem como luzes nos terminais dos galhos. Lá estão posicionadas, para ficarem mais aparentes e de fácil acesso para os morcegos (Figura 5).

Os androceus das flores perdem a turgescência e caem, quando aquecidos pelo sol. Na flor fecundada fica somente o estilete como comprido bico do ovário. Se não ocorre a fecundação, o ovário resseca e cai em 2 a 3 dias. Essa rejeição ocorre frequentemente, especialmente, em tempos de menor atividade de morcegos, como após noites chuvosas.

A enorme quantidade de botões (Figura 10) mas relativamente reduzido desenvolvimento de frutos, indica baixa atividade dos polinizadores.

Pelos relatos de SEBASTIÃO FERREIRA (com. pes.), a carga de frutos nas mungubas era muito maior em tempos passados e morcegos eram muito mais frequentes. Parece que o combate aos insetos, que são o principal alimento dos morcegos, já resulta na diminuição dessa população polinizadora. Pelo baixo desenvolvimento de frutos, sugere-se recompor a população desses polinizadores, através de abrigos e sua alimentação adicional pela oferta intencional de insetos que não sejam pragas.

Quando o androceu descartado atinge a água, produz um mucigel viscoso (Figura 11B). Observou-se que esse mucigel permanecia transparente durante mais de 30 dias, isento de colonização aparente de microrganismos. A população ribeirinha lembra que, antigamente, a chamada “gosma” era usada como remédio contra acne. Obviamente há compostos biologicamente ativos.

O mucigel, comprovadamente, contém algo que o torna indigesto para possíveis decompositores. O mesmo ocorre com a parte fibrosa do androceu, que permanece intocado durante meses. Trata-se de um fato novo, ainda não desconhecido pela ciência. Por outro lado, a indústria procura material biogênico recalcitrante, para sintetizar Biopolímeros ou Biocompósitos (DAHY, 2015; PIMENTEL, 2016).

Quando colocado em recipiente, o mucigel se torna cada vez mais vermelho. Após sessenta dias mantido em copo com água, o androceu ficou banhado em uma tinta de profundo tom vermelho (Figura 11C). BANDEIRA *et al.* (2017) encontraram na flor actinobactérias endofíticas, que podem ser responsáveis por essa coloração, indicando a importância de analisar as propriedades da mucilagem e recalcitrância da flor.

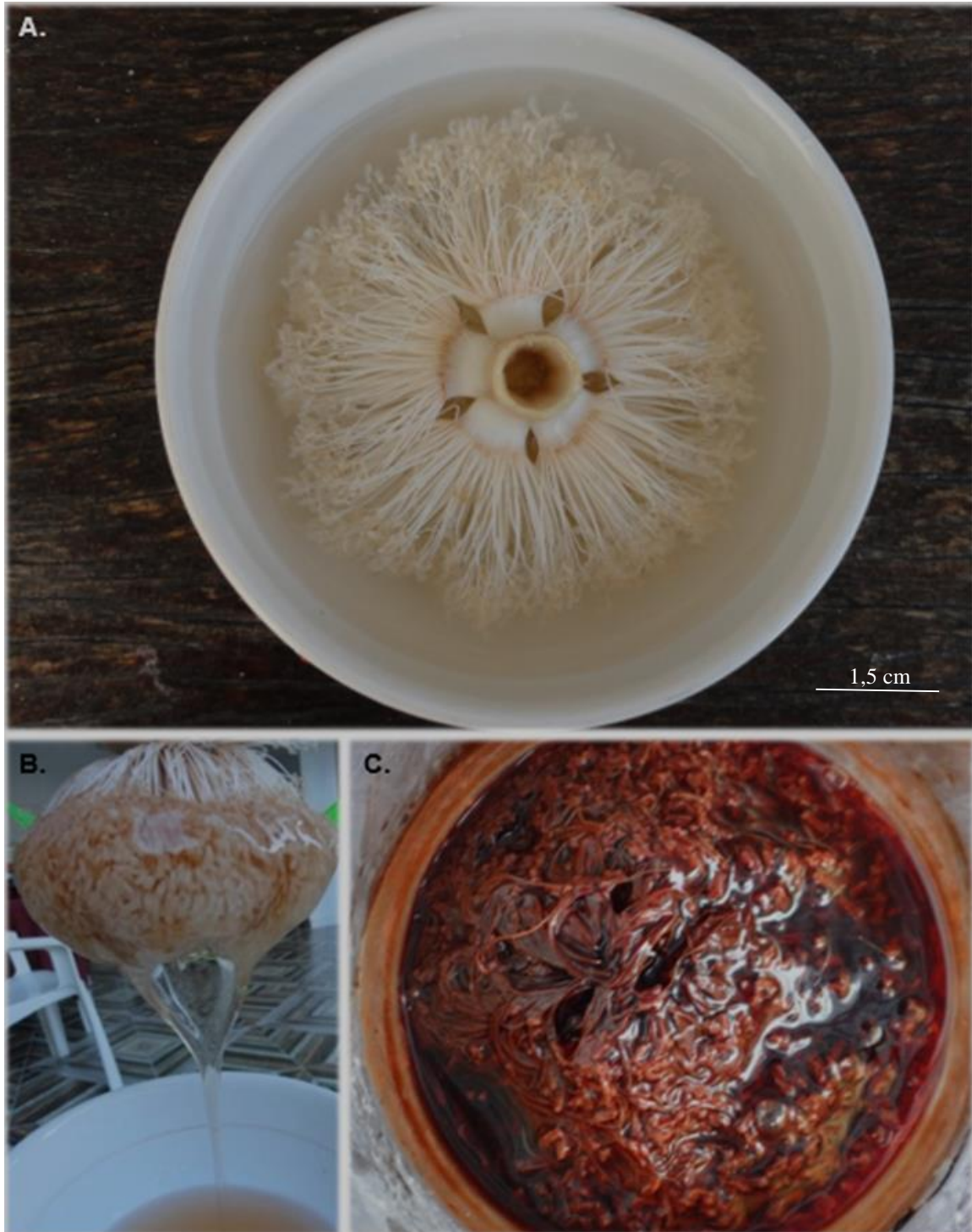
Quando o androceu cai sobre terra seca, permanece intocado durante semanas e suas estruturas adquirem a coloração dourada. Não foi possível encontrar um só animal consumidor desse material. Mesmo após vários ciclos de chuva e permanente umidade abaixo desse resíduo e intensa insolação acima, a estrutura persiste, sem qualquer visível consumo.

Algumas características na primeira descrição de *Bombax munguba* por Martius e Zuccarini (1824), se apresentam diferentes como as observadas em *P. munguba*. Por exemplo, o androceu, com a presença de feixes de estames e aparência, é diferente da flor branca de *P. munguba*, que parece um pincel de barbear, com estigma saliente. Também, a coloração marrom do fruto (Figura 3), bem como o seu tamanho relativo às folhas, não se compara aos frutos vermelhos e grandes da munguba da várzea.

O mesmo ocorre na abordagem de DÁVILA *et al.* (2011), que apresenta frutos de cor verde-marrom com largura de 7 cm, o que seria a metade do tamanho dos frutos da

munguba da várzea. Tudo indica que se trate de *Pseudobombax septenatum*, outra espécie amazônica, parecida a *Pseudobombax munguba*.

Figura 11 - Flor de *Pseudobombax munguba*; A. Androceu em água, B. Mucigel produzido pelo androceu e C. mudança de cor do mucigel para vermelho-escuro.



Fonte: Keppler, 2017

1.3.1 Fruto

O fruto da munguba é uma cápsula septicida, com 5 a 9 segmentos. Há variações na forma e na cor. Existem variantes de pontuda a redondo e de marrom-alaranjado a vermelho escuro. A variedade mais frequente é a vermelha pontuda (Figura 12), com frutos maduros de diversos tamanhos de $10,41 \pm 2,15$ cm de diâmetro e $19,26 \pm 7,76$ cm de comprimento (n=10). O maior fruto encontrado no canal do Cambixe, na ilha de Careiro da Várzea tinha 14,20 x 29,82 cm (diâmetro x comprimento). Com a maturação do fruto, a cor vermelha tende a desbotar, tornando-se marrom claro. Na variedade oval, existem frutos com sulcos longitudinais profundos. Frutos mais jovens, às vezes, ainda expõem machas com clorofila. Em outros casos, o estilete fica aderido ao fruto, até a maturidade.

Os frutos da forma redonda são mais uniformes, com $10,96 \pm 1,32$ cm de diâmetro e $16,24 \pm 2,49$ cm de comprimento (n=7). O fruto da variedade redonda é vermelho escuro e a sua cápsula é mais dura. Via de regra, o estilete do gineceu cai logo no início do inchaço do ovário.

O receptáculo do fruto forma uma capa ligada à estrutura central de inserção de sementes. Com a retirada dessa capa protetora, é possível acelerar o processo de ressecamento e maturação do fruto.

Figura 12 - Fruto fresco de *Pseudobombax munguba* (Var. pontuda), com 12 cm de diâmetro e 22 cm de comprimento, com e sem receptáculo verde (à direita).



Fonte: Keppler, 2017

O aspecto do interior do fruto de *P. munguba* é apresentado na litografia de 1824, de Zuccarini. Nela, a coloração da cápsula parece verde-marrom. Os detalhes da coloração e tamanho do fruto, bem como da forma da flor com feixes de estaminas, retratados na Figura 3, deixam dúvidas se a antiga *Bombax munguba* realmente seja idêntica à *Pseudobombax munguba* da várzea. Também na publicação sobre *P. munguba* de Dávila *et al.* (2011) indicam a largura do fruto verde marrom como sendo de 7 cm, um tamanho menor que aquele das nossas medições. YOSHIKAWA (2019) fala do tamanho

do fruto maior que 4 cm e do exocarpo totalmente vermelho. Esse diâmetro é a metade daquele do fruto vermelho na foto do herbário virtual, com largura acima de 8 cm. Portanto, as informações parecem distintas da descrição apresentada.

No fruto fresco, a parede da cápsula (epicarpo) compreende mais que 80% do peso total. Ao longo da maturação do fruto, o peso proporcional aumenta, chegando acima de 90%, na hora do rompimento da cápsula. É uma proteção mecânica resistente contra o acesso de predadores às sementes. A danificação da parede da cápsula é difícil, pela solidez da barreira do epicarpo. A elasticidade da parede com espessura de $1,8 \pm 0,4$ cm (Figura 13C.) e o seu material fibroso fazem com que ferramentas como machado e terçado falhem, se não forem projetados com acurácia. Sinais de perfuração mecânica por roedores e mamíferos são extremamente raros. Somente insetos provocam perfurações que, nem sempre, chegam até o mesocarpo.

Abaixo da exoderme vermelha que, quando imatura tem textura aveludada, junto a uma camada de células com clorofila. O parênquima é repleta de água, que deve proteger contra elevadas temperaturas, por meio de sua evaporação (Figura 13C.). Na secagem o pericarpo diminui para uma lâmina dura e cortante (Figura 13D.). Embaixo do pericarpo, encontram-se as fibras condensadas da paina em forma de espiga. As fibras derivam das células do mesocarpo. Como um manto, envolvem as sementes aderentes à estrutura central. Esse manto (Figura 13 A.) serve como proteção das sementes.

Com essa proteção, acreditamos que nem o gelo da época do Pleistoceno, nem as temperaturas extremas e incêndios no Quaternário, prejudicaram a viabilidade da maioria das sementes. Isto explicaria tamanho sucesso das populações de *P. munguba* em águas brancas por toda a Amazônia.

A estrutura central de inserção das sementes forma um sabugo com cinco ou sete abas longitudinais de 2 a 4 cm de largura (Figura 13 B.). Ele tem a função de transferência de água e nutrientes para desenvolver os diásporos. Trata-se de uma estrutura esponjosa de elevada umidade, sem sabor atrativo.

Durante a extração das fibras, notou-se a imediata colonização dos cavacos por bolores (Figura 13D.). Somente 5% das estruturas centrais de inserção de sementes apresentaram crescimento de bolores, parecendo haver ação de um agente antifúngico. Também as fibras, mesmo quando visivelmente contaminadas com esporos fúngicos, nunca propiciaram lugar para o crescimento fúngico. Quando em contato com as fibras, os bolores não se desenvolvem, mas colonizam qualquer outro material orgânico úmido com que tenham contato.

Os elementos da cápsula caem no solo quando os frutos abrem. Cavacos frescos contêm 60 a 80% de água. No calor, eles ressecam embaixo das árvores, ficando destorcidos com consistência parecendo aço (Figura 13 D.). Não há gado que repouse na sombra da munguba, pois, as lâminas cortantes dos cavacos secos machucam as suas patas. Esse é o principal fator que incomoda os fazendeiros da várzea que possuem *P. munguba* na sua pastagem (João Abacate, com. pes.; Novo Remanso). Se houvesse coleta dos frutos, esses cavacos da cápsula seriam recolhidos.

Figura 13 - Compartimentos do fruto de *Pseudobombax munguba*; A. Manto de fibras condensadas do mesocarpo (espiga marrom), B. Estrutura central de inserção de sementes (sabugo), C. Face de rompimento da parede do epicarpo e D. Cavacos da cápsula parcialmente mofados.



Fonte: Keppler, 2017

O material lenhoso dos cavacos secos tem estrutura microscópica porosa. Em 1994, o finado pesquisador Prof. Antônio Azevedo (1953-2010), do Laboratório de Celulose e Papel e Carvão Vegetal do INPA recomendou o carvão ativado dos cavacos, como o melhor material que já teria visto.

1.3.2 Paina

Depois da abertura da cápsula, o conteúdo do fruto aberto permanece na árvore, como uma bola de algodão fino de cor creme (Figura 14). A cada sopro do vento, as sementes são levadas dentro de tufo singulares dessa paina. A sua dispersão pelo vento e pela correnteza da água recobre os ambientes com tufo da fibra (Figura 15 e Figura 16). Hoje, a dispersão da paina da munguba é considerada pelos ribeirinhos como poluição que adentra suas casas e recobre as pastagens (Figura 15).

Figura 14 - Fruto vermelho inteiro (esquerda) e aberto (direita), com a liberação da paina creme-branco de *Pseudobombax munguba*.



<http://flickrriver-lb-1710691658.us-east-1.elb.amazonaws.com/photos/tags/pseudobombaxmunguba/interesting/>

Figura 15 - Pastagem recoberta de paina de *Pseudobombax munguba*, na época da dispersão das sementes.



Fonte: Keppler, 2018

Figura 16 - Superfície da água recoberta de paina de *Pseudobombax munguba*, na época da dispersão das sementes.



Fonte: Keppler, 2019

Até a superfície d'água fica repleta pela paina com as sementes em dispersão, que são incorporadas aos sedimentos na margem (Figura 16). Assim, *P. munguba* chega em condições propícias para sua germinação, se estabelecendo em praias e terras novas.

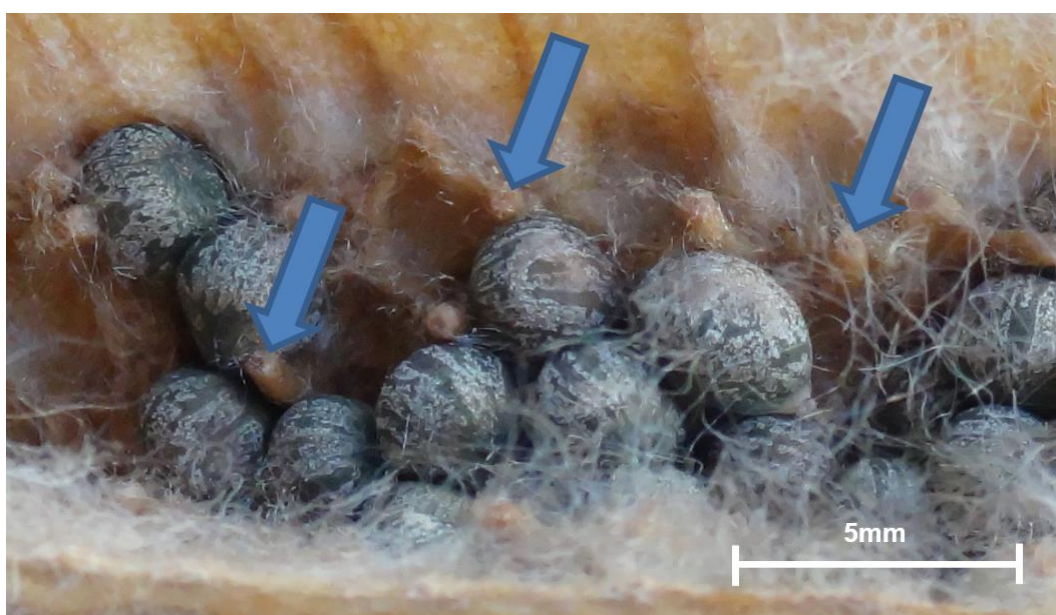
1.3.3 Sementes

As sementes são importante base alimentar para todos os tipos de animais (CLARO *et al.*, 2004). Menicucci (2007) confirma essa constatação para *P. munguba*, pela observação de um banquete embaixo das árvores durante a fase de dispersão. Diferentes espécies de papagaios e periquitos foram observadas comendo nos frutos abertos. Mas, somente um roedor não identificado, consegue perfurar a cápsula, para acessar as sementes, antes de sua maturação.

As sementes são inseridas em duas camadas repletas, entre as abas da estrutura central (Figura 17). Dependendo do tamanho do fruto, foram contadas 1877 +/- 590 (n=55) sementes lisas, maculadas e ovais com bico de inserção ao nível na estrutura central (Figura 17) e comprimento de 2,78 +/- 0,16 mm de diâmetro a 4,17 +/- 0,41 mm de comprimento (n=20), com peso de 0,024 +/- 0,007 g, corroborando com PEREIRA *et al.* (2012). Contou-se em 55 frutos médios, de 844 até 3062 sementes por fruto (Tabela 15). A quantidade de sementes está de acordo com os dados de Gribel (1995), que encontrou em média 1549 ± 427 sementes, em uma faixa de 566 a 2635 por fruto, medidos em 88 frutos aleatórios.

Crianças foram vistas à procura dos tufos da paina, catando as sementes, esmagando as entre os dentes, para aproveitar o seu sabor de avelã. Esse deve ser dos ácidos graxos (sterculoil e malvaloil) encontrados nas sementes de *P. munguba*, que contêm 30% de lipídeos (SCHUCH *et al.*, 1986).

Figura 17 - Sementes maculadas pretas de *Pseudobombax munguba* fixadas à estrutura central, com os nípels de inserção da segunda camada (seta).



Fonte: Keppler, 2018

Contam os idosos que antigamente faziam paçoca das sementes da munguba que sobravam na preparação da paina para enchimento de bonecas, colchões e travesseiros. Eles pilavam as sementes com açúcar e produziram barras energéticas de sabor agradável, como sobremesa nutritiva. Nas suas análises, SILVA *et al.* (2003) concluíram que as sementes da munguba têm o maior conteúdo de proteínas (28,3%), maior valor energético (634,3 kcal/100 g MS) e a melhor digestibilidade entre os alimentos disponíveis para peixes. A introdução do volume de sementes de *P. munguba* nos rios é uma das bases para a piscosidade da Amazônia Central (CLARO-JR *et al.*, 2004)

Muitas sementes que foram postas no mesmo recipiente de água produziam forte odor amoniacal, provavelmente oriundo do Sterculoil, identificado nas sementes por SCHUCH *et al.* (1986). Nessas condições as sementes não germinaram, mesmo que com visível fenda da saída da radícula. Por outro lado, quando as sementes foram colocadas em terra, lançaram a radícula em 20-30 minutos. Isso é muito parecido com as observações de FERREIRA *et al.* (2016).

1.3.4 Folhas

Na litografia de Zuccarini (1824) são retratadas as grandes folhas palmadas e glabras, quase esclerófilas. A permanente exposição ao sol tropical leva a extremas situações de estresse hídrico da folha (MARENCO *et al.*, 2019). De acordo com observações próprias não publicadas, ocorre foto-oxidação parcial, em forma de despigmentação de campos entre a nervura. Na oportunidade, comparou-se a fotossíntese de espécimes na fase aquática e terrestre e verificou, que a assimilação das folhas de espécimes alagados (na fase aquática) era maior do que em terra, o que foi confirmado em BRACHO-NUNEZ *et al.* (2012).

Em plantios realizados em terra firme, para posterior transplante em Estação de Tratamento Ecológico de Esgoto (ETEE), foi observado que as folhas de *P. munguba* são alvo preferido por gafanhotos e formigas saúva (*Atta spp.*). Os ataques da saúva eram tão insistentes que alguns espécimes esgotaram a capacidade de regeneração. Plantadas no filtro de raiz da ETEE em floresta de terra firme, perto a Novo Ayrão AM, as saúvas atacaram até a casca verde de plantas menores de *P. munguba*.

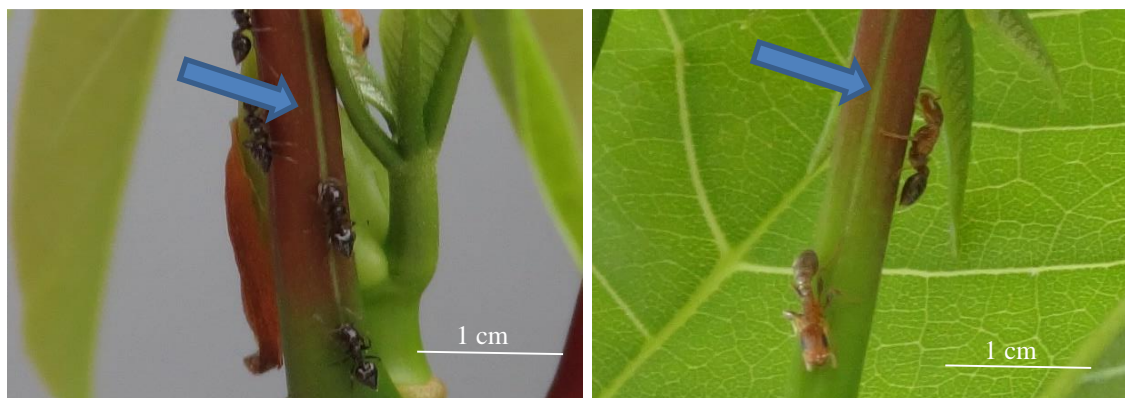
A população indígena usava a casca verde como vermífugo e anti-inflamatório (DÁVILA *et al.*, 2011) e mastigavam a folha como digestivo. Assim como feito com a seiva da *C. pentandra*, eles aplicavam a seiva da casca de *P. munguba* como colírio, para aguçar a vista, antes do uso da zarabatana. Somente os mais idosos lembram que a munguba fazia parte da “farmácia natural” da várzea. O papel de retenção de sedimentos pela espécie também foi destacado, e a população local afirma que “onde cresce a munguba há menos terra caída” (PEREIRA, 2015).

1.3.5 Nectários extraflorais

As flores noturnas sem nectários têm odor pouco atrativo (GRIBEL 1995). Pela observação da atividade de formigas, encontraram-se fendas nos pecíolos de folhas, onde houve exsudação de gotículas adocicadas. Formigas de diferentes espécies procuram os exsudatos dessas fendas ao longo dos pecíolos de folhas maduras palmadas (Figura 18).

Eles são morfológicamente pouco diferenciados, como se fosse a simples exposição do parênquima em rachaduras de 0,2mm com comprimento de até 7 cm, em folhas maiores.

Figura 18 - Frestas ao longo dos talos de novas folhas palmadas de *Pseudobombax munguba*; formigas dos gêneros *Crematogaster* e *Pseudomirmex* procuram o exsudato.



Fonte: Keppler, 2019

Os nectários foram identificados primeiro em folhas de regeneração de estaquia. Depois foram detectadas, também em mudas a partir de sementes. Folhas imaturas ainda não apresentam esses nectários. Mesmo assim, as mudas são visitadas por formigas, que coletaram a exsudação de hemípteros que, de preferência, sugam a seiva na parte apical. A infestação por hemípteros não se confirmou no habitat natural da várzea.

As formigas associadas à *P. munguba* se alimentam do néctar ao longo das fendas no pecíolo (Figura 18). Esses nectários extraflorais, sugeridos por GRIBEL (com. pes.), foram identificados pela primeira vez em 1995, em pecíolos de folhas de *P. munguba* mantida em câmara climática na universidade de Viena. Nesta câmara climática do referido Instituto de Botânica não houve acesso de insetos e, assim, fungos filamentosos cresceram nos exsudatos açucarados. As longas hifas chamaram a atenção, devido à aparência de rebarbas no ambiente artificial (observação pess.). MACHADO et al. (2008) descrevem a morfologia deste tipo de nectários ocios em Malvaceae - Bombacoideae, *Eriotheca gracilipes* (K.Schum.) A. Robyns, como rachaduras com células inchadas do parênquima.

1.3.6 Fibra - Envira

A casca de troncos e galhos da munguba, com até 5 cm de diâmetro, pode ser facilmente removida. O câmbio, uma camada fina de células frágeis, se rompe facilmente e solta o córtex do albarno (Figura 19). A primeira camada fibrosa, como uma cinta, envolve o cerne para dar estabilidade à madeira esponjosa repleta de água. Por fora, essa cinta é coberta pela feloderme, outra camada frágil que dá origem às células do córtex com cloroplastos.

Figura 19 - A casca verde de *Pseudobombax munguba* se solta facilmente do alburno (branco), dando acesso à camada de fibras embaixo do córtex (verde).



Fonte: Keppler, 2018

A população ribeirinha prefere a retirada da envira mais macia de árvores menores que 2 m de altura, porque a casca solta com facilidade. Os finos troncos até 2 m de altura são cortados, o que torna a exploração da fibra cortical destrutiva e suprime a regeneração da vegetação ciliar. Em exemplares adultos de *P. munguba* se retira a envira mais forte e em todos os galhos verdes, mas, com maior esforço e enfrentamento de formigas.

Por enquanto a utilidade de *P. munguba* se restringe ao aproveitamento dessa fibra cortical. A “envira“ possui extrema resistência, ... mais forte que cipó titica”, disse Sr. Galúcio (comunicação pessoal, Careiro AM 2018). Da envira foram confeccionadas cintas testeiras para carregar o paneiro (ariata). Ela é usada ainda como peconha para subir em árvores e para tecer os cabos de embarcação mais resistentes.

Na percepção da população da Reserva Extrativista de Mamirauá, a munguba, mesmo sendo lembrada apenas de ocorrência selvagem, tem algum valor pela utilidade da envira (ROCHA, 2004). Antes da época do nylon, a envira era usada para amarração de casas, fabricação de redes de dormir e, até para a confecção de linhas de pesca, com a aplicação de breu, uma cera impermeabilizante (FERREIRA com. pes.).

Uma iniciativa da Fundação Amazônia Sustentável – FAS de Manaus, em Beruri, baixo Purus, fomentou a elaboração de peças artesanais de envira, demonstrando a maleabilidade e estabilidade dessa fibra (Figura 20).

Figura 20 - Artesanato produzido a partir da fibra cortical de *Pseudobombax munguba*, pelo grupo de artesanato da FAS em Beruri-AM.



Fonte: Keppler, 2018

Hoje, a envira é usada em biocompósitos para aumentar a estabilidade de peças plásticas (DAHY, 2015, FONSECA *et al.*, 2018). PINHEIRO *et al.* (2014) sugerem a produção de biocompósitos com a fibra cortical da *P. munguba* no PIM, por ela conferir estabilidade a elementos de PBAT (polímero). Esses mesmos autores sugerem que a extração da envira deveria ser feita de maneira menos destrutiva, para permitir sua regeneração, pois ela é fortemente focada nas árvores juvenis, o que pode dizimar as populações naturais da planta. Adicionalmente, a envira poderia ser extraída da poda de árvores, pois, todo os galhos de *P. munguba* são envolvidos pela cinta destas fibras fortes, como se fosse um exoesqueleto para suprir a baixa resistência da madeira.

1.3.7 Madeira

A madeira leve e macia com densidade de 0.21-0.29 g/cm³ (CONSERVA, 2007), foi usada por madeireiros como flutuadores de toras de madeira-de-lei (Silva com. pes.). Quando obsoletas, as boias simplesmente eram jogadas à beira rio. Geralmente, o fogo acelerava o processo de decomposição. A rápida combustão e queima quase completa da madeira da munguba, tira o acúmulo de resíduos próximo às serrarias, mesmo quando ocorre um grande volume de descarte de flutuadores (Ferreira, com. pes.).

A população tradicional usava as toras da *P. munguba* para construir jangadas de estábulos flutuantes (marombas) durante a época de cheia. As árvores eram secas em pé, para proteger a madeira contra insetos e fungos durante a secagem. Na vazante, espécimes

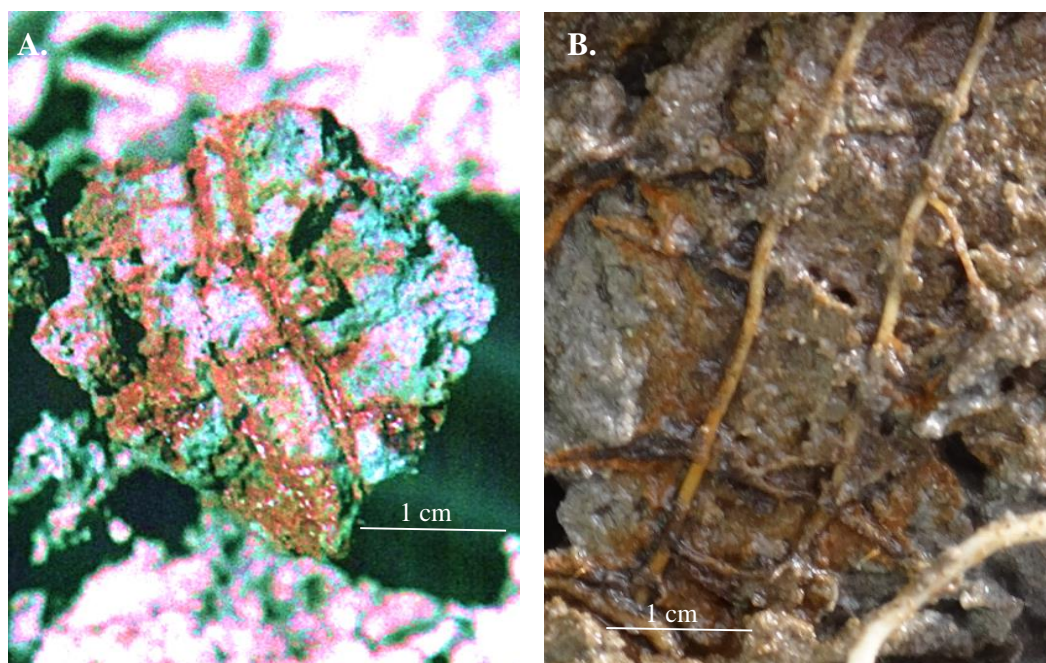
de *P. munguba* eram aneladas (circuncisão da casca em faixa de 20 cm) para cortá-las na época da enchente.

Na vazante, quando os flutuantes encalham no solo, a madeira da munguba é decomposta por cupins (Termitidae) e fungos diversos. Esse processo de decomposição junto ao estrume, resulta em uma massa fibrosa, chamada de “Paú”, que é usada como adubo para a produção de legumes e hortaliças. Essa madeira em decomposição é o principal substrato em canteiros suspensos (jirau). As análises de KANEKO (2006) mostraram que o paú da *P. munguba* fornece mais nutrientes, fósforo, cálcio, ferro e manganês, entre todos os substratos testados.

1.3.8 Liberação de oxigênio na raiz

No solo encharcado no fundo dos vasos do experimento de crescimento, foram encontradas galerias revestidas com óxido de ferro (Figura 21A). Esse revestimento de raízes com óxido de ferro foi visto em cinco amostras de sedimentos no lago Camaleão (3°13'38.16"S/59°55'23.06"O), a 20 m da beira e em 7 m de profundidade. Nessas amostras de 1993, identificou-se galerias radiculares de *P. munguba* (Figura 21B).

Figura 21 - Galerias radiculares de *Pseudobombax munguba* (ramificação de 90°), revestidas com óxido de ferro; A. amostra de solo do fundo do lago Camaleão, de 1993 e B. solo dos vasos do experimento de crescimento.



Fonte: Keppler, 2017

O fenômeno de produção de FeO_2 foi interpretado como resultante da liberação de oxigênio pelas raízes de *P. munguba*. Por esse motivo, as populações ribeirinhas conhecem a munguba como “árvore que come lodo”, uma vez que, em torno da árvore, observa-se acelerada decomposição da matéria orgânica.

RÄTSCH & HAASE (2007) comprovam a liberação de oxigênio pela raiz de *P. munguba* através de medições de oxigênio na rizosfera. A incessante procura de um aerênquima (tecido condutor de gás) levou à confirmação de lacunas de gás. Em análises microscópicas de 1993, não se conseguiu encontrar essas lacunas. Ao contrário, constatou-se, que os tecidos de árvores alagadas estavam repletos de água. Por outro lado, mesmo se tivesse um aerênquima, não se pode explicar o transporte por longa distância subaquática, de mais que 20 m, sem ser pressurizada em pneumatóforos (PAROLIN, 2012). Para tanto, acreditamos, que o transporte de oxigênio da *P. munguba* se dá na fase líquida, devido à ausência de lacunas gasosas em nossas investigações microscópicas.

O conhecimento tradicional dessa propriedade por populações indígenas se confirma pelo plantio de *P. munguba* em locais de Terra Preta de Índio - TPI (SILVA, com. pes.). Com base nisso, a liberação de oxigênio pela raiz da *P. munguba* foi aproveitada para depuração de efluentes domésticos em Estação de Tratamento Ecológico de Esgoto - ETEE (KEPPLER *et al.*, 2018). Para isso, o filtro de raiz, por onde o esgoto é conduzido em fluxo ascendente, foi plantado com *P. munguba*.

A liberação de oxigênio pela raiz provoca a imobilização de íons tóxicos no solo alagado. Nas áreas de várzea também é capaz de diminuir a emissão de metano (CH₄), produzido pela decomposição anaeróbia (RINGEVAL *et al.*, 2014). O metano, que agrega ao efeito estufa 21 vezes mais que o gás carbônico é oxidado para H₂O e CO₂, cuja ebulição relatamos acima. Desse modo, a munguba contribui para a mitigação da emissão de gases de efeito estufa em área alagável.

A oxigenação do solo e inibição de produção de metano é um serviço ambiental de *P. munguba*. As emissões de metano são consideradas significativas nas várzeas (JUNK, 1997). Portanto, a diminuição das emissões de metano pelo plantio de *P. munguba* é interpretada como um potencial ambiental da exploração comercial da paina da munguba em plantações de escala.

1.3.9 Estabilidade do solo

Pseudobombax munguba influencia a estabilidade do solo, pela sua capacidade de tolerar o assoreamento. Especialmente, espécimes frondosos em ilhas da várzea têm o papel de consolidação do solo, como se fosse um estaqueamento verde.

Na correnteza do rio Solimões foi encontrado um tronco de munguba com mais de 30 m de comprimento. A coroa de raízes superficiais se destacou em 15 m ou na metade do tronco. Essa observação se repetiu em encostas verticais, onde ficou exposto o tronco

subterrâneo de outra munguba, corroborando com a interpretação de consolidação através destas estacas vivas.

Por outro lado, a erosão de grande volume nas encostas sedimentares verticais, chamada “Terra Caída”, é um fenômeno comum. Durante 28 anos na Amazônia notamos dois fatos principais referentes à Terra Caída: O primeiro é que o sedimento aluvial silto-arenoso da várzea é de extrema erodibilidade e tende a se esparramar. Um solo assim forma rampas suaves, especialmente, com repetida inundação. O segundo fato é o modo da erosão, com a escavação na linha da água e queda de blocos verticais estáveis. Mas, de fato, o solo aluvial silto-argiloso se mantenha estável em 90°. SCHAEFER *et al.* (2017) atribuem essa estabilidade de solos ao teor de matéria orgânica do solo - MOS.

Ocorre que a paina de *P. munguba* sempre se incorpora nos sedimentos aluviais nas margens (Figura 16). Historicamente, o volume era muito maior, como narrou SIOLI e FERREIRA (com. pes.). Assim, presumimos que históricos volumes da fibra fina da paina da munguba possam ter proporcionado estabilidade aos solos da várzea (Figura 16).

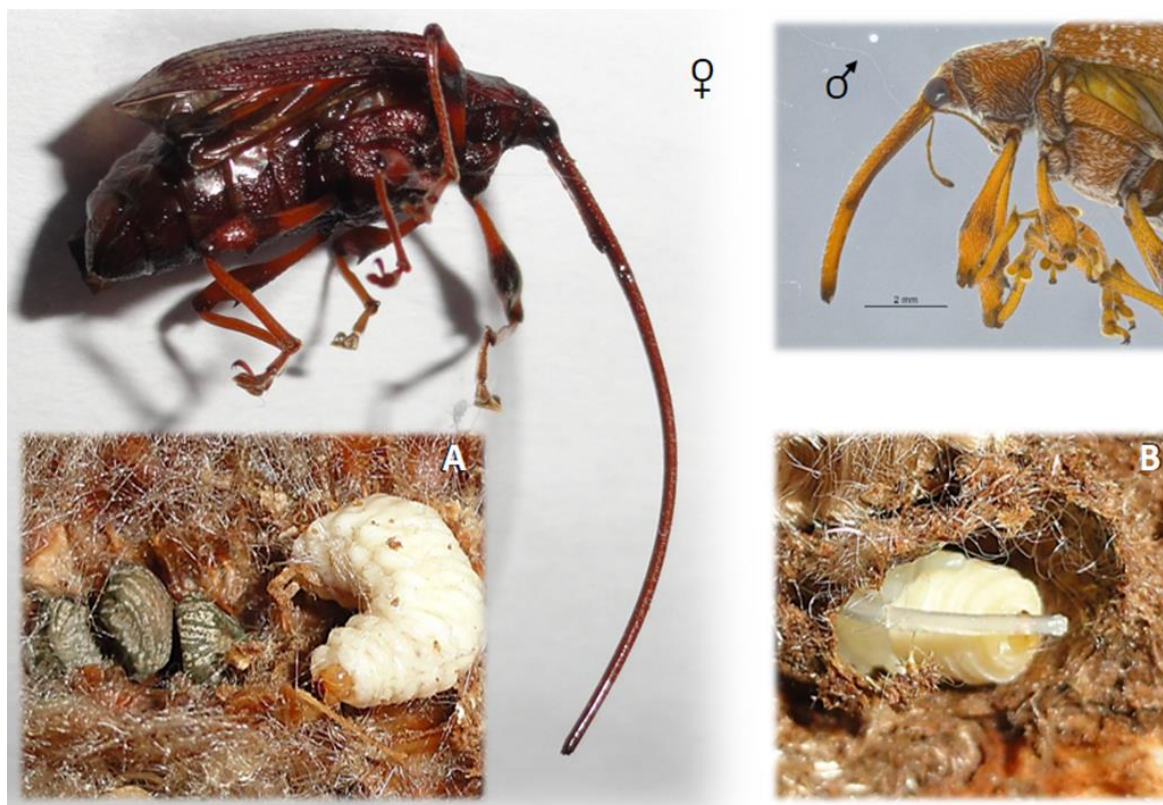
O possível controle de processos erosivos na várzea, seja pelo efeito de estaqueamento ou pela estabilização pela incorporação das fibras, deve ser visto como potencial ambiental. Especialmente em áreas plantadas com *P. munguba* é interpretada como mais um potencial ambiental da exploração comercial da paina da munguba.

1.3.10 *Loncophorus longinasus*

Em uma coleta no município de Manacapuru encontrou-se formigas do gênero *Pseudomyrmex* na superfície dos frutos. Até então, formigas não tinham sido descritas no pericarpo. Especificamente os frutos tinham manchas brancas redondas com depressão sutil e diâmetro de 3 mm. Dentro das depressões havia um a dois furos de 0,5 mm de diâmetro. Na parte interna dos cavacos, contudo, foram notados calos de defesa vegetal. Detectou-se galerias a partir dos furos na casca, que continuavam pela espiga de fibras condensadas, chegando até a estrutura central de inserção das sementes.

Para a extração da paina, o manto de fibras foi removido e ensacado, junto às sementes. As fibras desses frutos estavam emboladas com uma substância pegajosa e doce. Após cinco minutos dentro do saco, percebeu-se que besouros voaram da borda. Alguns desses besouros tinham probóscide 1,5 x mais compridas que o seu próprio corpo (Figura 22). Não resta dúvida que estes besouros se desenvolveram dentro do fruto.

Figura 22 - Fêmea e macho da espécie *Loncophorus longinasus*, associados ao fruto de *Pseudobombax munguba*, A. Larva, B. Pupa (KEPPLER e SILVA, 2019)



Fonte: Keppler, 2018

No fundo das galerias, onde formigas mortas foram encontradas, encontrou-se também um total de 41 larvas brancas (Figura 22A). Elas estavam localizadas nos pontos de inserção das sementes, na estrutura central. Nas mesmas posições, também 11 casulos ovais marrons, nos quais se encontravam as pupas. Dessas, 3 apresentaram probóscide comprida (Figura 22B).

Os adultos foram identificados no Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo como *Loncophorus longinasus* Costa Lima, 1955 (Coleoptera: Curculionidae). Essa ocorrência de *P. munguba* como hospedeira dos estágios imaturos de *L. longinasus* foi descrita por KEPPLER e SILVA (2019).

Foram identificados outros calos em cavacos de frutos de *P. munguba* na mata ciliar do igarapé da Vovó, no fundo do terreno da sede do IBAMA, Manaus (3°8'5.40"S/59°58'53.14"O), bem como em pastagem, 15 km a jusante do Novo Remanso, Itacoatiara (3°20'28.53"S/58°54'24.86"O). Como a presença das larvas diminui a qualidade da fibra da paina, de maneira que é preciso estar atento e monitorar a sua frequência e eventual controle, em caso de produção em plantios.

1.3.11 História natural

Na época da conquista da Amazônia por Pedro Teixeira, a vegetação ciliar dos rios formava um contínuo de difícil acesso à margem (MINDLIN, 1889). Muitas árvores cresciam dentro do canal principal com alagação permanente (TOCANTINS, 1963). Devem ter sido exemplares frondosos com copas densas, na sua maioria da espécie *Hura crepitans*, *Vitex cymosa*, *Macrobium acaciifolium* e, principalmente, *P. munguba* (HARALD SIOLI com. pes.).

Os guerreiros indígenas usavam essas árvores como posto de defesa contra os invasores brancos (RODRIGUES 1684; HARALD SIOLI com. pes.). A vegetação densa obstruía o acesso à beira e servia de esconderijo aos índios que, mesmo sem chance contra as armas de fogo, ofereciam uma resistência numerosa e invisível. Muitos invasores brancos morreram nos incontáveis assaltos a partir da mata ciliar (MEDINA 1894). Por isso, as margens dos grandes rios sofreram supressão e limpeza, desde os primórdios da conquista da Amazônia (RODRIGUES 1684; TOCANTINS, 1963).

O arqueólogo Dr. Carlos Augusto da Silva, do CCA/PPG-CASA afirma que “... em tempos pré-colombianos, comunidades indígenas plantaram muita munguba” (com. pes.). Ele confirma que a existência da munguba plantada é um indicador de terra preta de índio - TPI. Existem agrupamentos mono-específicos de exemplares frondosos de *P. munguba* “Mungubais” nas florestas inundadas da várzea. Hoje, a árvore munguba e seus serviços ambientais, apesar de tão comuns na várzea, são pouco percebidos pela população ribeirinha.

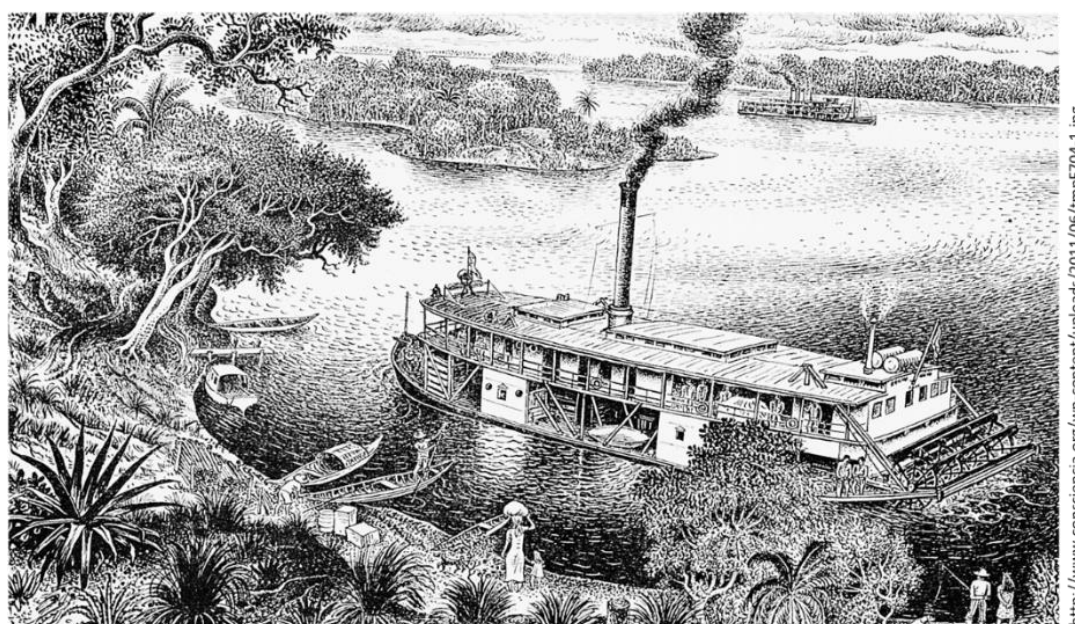
Para possibilitar a penetração do rio Amazonas, os primeiros navios de guerra atiraram com canhão nas árvores gigantes (JIMENEZ DE LA ESPADA 1889, HARALD SIOLI com. pes.). “Respingavam índios e espirrava o seu sangue para todos os lados”. Daí a fama que os portugueses só sabiam atirar em árvores (HARALD SIOLI com. pes.).

Mas, os tocos rebrotavam e criavam copas densas, novamente usadas para a defesa indígena. Essas eram ainda mais difíceis de acertar com o canhão. Isso levou à necessidade de intensificar a supressão da vegetação regenerada. Mesmo assim, permaneciam tocos que, durante a cheia, se tornavam perigos invisíveis para a navegação (ISAIAS OLIVEIRA com. pes.; SEBASTIÃO FERREIRA com. pes.).

Na época da borracha, as embarcações (gaiolas) regionais precisavam navegar próximo à beira, porque tinham propulsão menos forte (Figura 23). Elas receberam o seu nome “Gaiola” devido à roda d’água de empuxo que, quando colocada em pé para a manutenção, parecia uma gaiola de papagaio (ISAIAS OLIVEIRA, com. pes.).

Colisões com galhos e tocos debaixo da superfície da água, oriundos de troncos cortados da mata ciliar provocavam estragos frequentes (ISAIAS OLIVEIRA, 2011). Por isso, no âmbito da melhoria da navegabilidade em 1866, quando o rio Amazonas foi aberto para a navegação internacional, houve a maior campanha de limpeza e supressão da vegetação ciliar (DEAN, 1987). A frequência de barcos começou a ficar muito densa. SEBASTIÃO FERREIRA (com. pes) narrou que nos dias de maior movimento se brincava, que podia atravessar o rio a pé, apenas se pulando de barco em barco.

Figura 23 - Gaiola a vapor, como transporte regional durante a época da borracha.



Outro fato é que na época dos vapores muita mata ciliar ao longo dos rios foi transformada em lenha (ROCHA, 2004). Ser lenhador era uma profissão estratégica, como hoje ser dono de posto de combustível (SEBASTIÃO FERREIRA com. pes.; ISAIAS OLIVEIRA com. pes.). Eram as primeiras lojas de conveniência, onde os navios atracavam para trocar mantimentos vindos da Europa pelos tesouros naturais da mata (SEBASTIÃO FERREIRA com. pes.).

O rio Madeira recebeu o seu nome pelo fornecimento do combustível de qualidade para os vapores ingleses, a fim de aguentarem os trechos internos, até os altos cursos dos rios da Amazônia ocidental (MARTINS, 2007). Com essa razão, a vegetação do baixo rio Madeira, até a sua foz com o rio Amazonas é formada por capoeira de *Cecropia* sp. e disjuntos espécimes de *P. munguba*.

Pelos relatos de SEBASTIÃO FERREIRA (com. pes.), a frequência de *P. munguba* era tão grande que, na época de sua dispersão, a visibilidade diminuía. Em momentos de ventania, chegava a impossibilitar a navegação. Era tanta paina, que as margens estavam

recobertas com tapetes de fibras. Peixes ficavam presos no tapete flutuante ao procurar as sementes dentro e acima da pluma, de modo que era possível pegá-los com a mão. Dessa situação, veio a fama da fartura da Amazônia Central, durante o início da época da vazante. A esse respeito, MENICUCCI (2007) e GRIBEL (1995) destacam a importância da produção de alimento de peixes pela *P. munguba*.

Como já mencionado, a lenha leve da munguba é considerada de péssima qualidade, por causa do seu baixo valor calorífero. Sua queima rápida e quente não gera brasa e deixa apenas uma rala cinza branca (SEBASTIÃO FERREIRA com. pes.).

Conta OLIVEIRA (2011), que na rota de escoamento da borracha de Manaus a Liverpool, a fornalha dos navios era de carvão mineral, com rendimento bem maior do que de madeira. Esses vapores a carvão encontraram na lenha da munguba um valor especial. A contínua queima do carvão mineral criava uma crosta de escória na superfície dos costados, como se fosse de vidro. Quando caía em placas, causava um súbito hiperaquecimento, com sérias consequências de brusca efervescência, que podiam levar até à explosão da caldeira. Porém, percebeu-se que a queima intensa da munguba retirava essa crosta, sem deixar resíduo. Assim, a lenha leve dessa espécie era carregada em grande volume para efetuar a obrigatória limpeza da caldeira (ISAIAS OLIVEIRA com. pes.).

Curioso que poucos procuram as causas históricas do meio ambiente atual. Mas, as ocorrências do passado formaram o que estamos presenciando hoje. Toda a exuberância da Amazônia que se apresenta para o homem moderno, resulta dos escombros do passado. Qualquer coisa que pesquisemos nessa paisagem recente é resultado da influência do homem num ambiente histórico, com raros registros.

Os conquistadores tiraram os índios, os lenhadores a mata ciliar e os comerciantes a inocência da Amazônia. Como consequência temos milhares de quilômetros de terra sem ninguém, margens sem mata ciliar, terra caída, assoreamento dos rios, florestas sem fauna (desertos verdes) e os espertalhões que ganham com as dificuldades dos outros. Dessa forma, eles trabalham contra qualquer possível solução.

O mistério da floresta:

*Esconde-se sob o manto verde da **floresta amazônica** a verdade sobre mundos e civilizações distintos, convivendo num mesmo espaço, porém em diferentes tempos e dimensões da matéria e energia, seres de planos existenciais diversas, coexistindo num mesmo recanto da mata, a maioria, sem jamais cruzarem os seus caminhos.*

Oliveira (2011)

1.4 Conclusão

A espécie *Pseudobombax munguba* (Mart.&Zucc.) Dugand se apresenta como árvore de destaque da várzea inundada, sem folhas e com grandes frutos vermelhos. Mesmo sendo frequente na Amazônia central, a árvore é pouco estudada pela ciência.

A primeira descrição de *Bombax munguba*, que foi aceita como sendo de *Pseudobombax munguba*, difere em alguns caracteres, especialmente em respeito a detalhes da flor e do fruto.

A adaptação da munguba passou por temporadas áridas e úmidas, por secas e inundações. Desse modo constata-se uma extrema resiliência, que permite a tolerância da espécie a inundação permanente com temporadas de total submersão bem como completo ressecamento do solo, com rachaduras profundas.

A longos trechos dos rios de água barrenta, a mata ciliar foi totalmente retirada, na incessante procura de lenha para as inúmeras máquinas de vapor. Mesmo com lenha de péssima qualidade, a madeira da munguba encontrou o uso na limpeza de caldeiras.

Existem evidências que índios pré-colombianos plantavam *P. munguba* em áreas de terra preta e usavam derivados da espécie na medicina ancestral. Estes conhecimentos sobre a munguba foram perdidos na cultura dos povos atuais, junto à preocupação com as atividades da produção moderna.

Por não oferecer lucro aparente, a eficaz dispersão da *P. munguba* é percebida pela população tradicional como moléstia em lavouras e pastagens. Mas a apresentação de potencial lucro pela exploração de múltiplos derivados e seu fornecimento como matérias primas, estimula o interesse da população:

1. Fibras da paina, com volume e qualidades para fins diversos;
2. Sementes, como fonte de óleos e ração animal proteica;
3. Cavacos da cápsula, como substrato de carvão ativado;
4. Fibras corticais, como base de sacaria, cordas e biocompósitos;
5. Flores, como fonte de substâncias bio-ativas (mucigel);
6. Madeira, para produção de celulose e papel;
7. Raízes como aerador do substrato, mesmo embaixo da água;
8. Madeira, como estaqueamento verde para controlar a erosão.

Todos estes derivados da munguba precisam de pesquisa e desenvolvimento, a fim de transformá-los em valor comercial, no mercado da Nova Bioeconomia.

CAPÍTULO II

QUALIDADES DAS FIBRAS DA PAINA DE *Pseudobombax munguba*

Resumo

O sucesso econômico da exploração comercial da paina de *Pseudobombax munguba* e sua transformação em produto, depende das suas qualidades e da demanda do mercado e do atendimento aos seus requisitos. Para tanto, a fibra beneficiada foi apresentada ao mercado de fibras alemão, após pedido de registro pela UFAM/PROTEC, como “Amazon-Kapok”. Na oportunidade de um Doutorado-Sanduiche na Alemanha, foi feito o levantamento de cinco empresas-montadoras, atacadistas e lobistas, para entender a dinâmica do mercado. As características do Amazon-Kapok foram analisadas, de acordo com os requisitos levantados em entrevistas livres. Foram analisadas as propriedades físicas e biológicas dessas fibras, através de microscopia eletrônica e ensaios químicos. Ensaio físico-químico e testes com microrganismos patogênicos foram encomendados em institutos alemães de análise específica (DITF, Fraunhofer e Laboratório de Hohenstein). O mercado alemão demanda cada vez mais produtos biológicos para diversos fins, haja vista as tendências de salubridade ambiental. Pela falta de mão de obra simples para a manufatura, os mercados sofisticados demandam produtos semiacabados, para montagem direta em equipamentos de maior valor agregado. As imagens microscópicas mostram que se trata de fibras ocas e frágeis com 30 a 50 mm de comprimento, com diâmetro de 15-16 μm e parede de 0,5-0,7 μm de espessura em três camadas. Com densidade específica de 0,02 g/cm^3 , o Amazon-Kapok é a matéria biogênica mais leve do mundo. A sua condutividade térmica de $\lambda=0,0337$ ($\text{W/m} \times \text{K}$) é parecida ao material sintético de alto custo. O Amazon-Kapok é antibacteriano, sem apresentar citotoxicidade. Detectou-se rica flora micótica acompanhante, que não cresce quando em contato com a fibra. Em ensaios de preparação de mantas, foi escolhida a matriz termoplástica de 30% de poliéster, atendendo ao limite europeu de conteúdo sintético permitido na mercadoria “produto natural”. Conclui-se, que o Amazon-Kapok é matéria prima promissora para produção de mantas biogênicas para utilidades como isolamento, filtragem e absorção.

Palavras chaves: Paineira, isolamento térmico, fibras naturais, beneficiamento.

FIBER QUALITY OF THE PAINA OF *Pseudobombax munguba***Summary**

The economic success of the commercial exploitation of the fruit fibers of *Pseudobombax munguba* and its transformation into a product depends on the market demand and the quality of attendance to its requirements. For this purpose, the processed fiber was presented to the German fibermarket, after registration by UFAM / PROTEC, as “Amazon-Kapok“. On the occasion of a Sandwich Doctorate in Germany, a survey was carried out of five assembly companies, wholesalers and lobbyists, to understand the dynamics of the market. The characteristics of Amazon-Kapok were analyzed according to the requirements raised in free interviews. The physical and biological properties of these fibers were analyzed through electron microscopy and chemical tests. Physico-chemical tests and exams with pathogenic microorganisms were ordered from German specific analysis institutes (DITF, Fraunhofer and Hohenstein Laboratory). The German market increasingly demands natural products for different purposes, given the trends in environmental health. Due to lack of simple labor, for manufacturing, the sophisticated markets demand semi-finished products for direct assembly in equipment with higher value added. The microscopic images show that these are hollow and fragile fibers with 30 to 50 mm in length, with a diameter of 15-16 μm and a wall of 0.5-0.7 μm thick, in three layers. With a specific density of 0.02 g/cm^3 , Amazon-Kapok is the lightest biogenic material in the world. Its thermal conductivity of $\lambda = 0.0337$ ($\text{W}/\text{m} \times \text{K}$) is similar to high-cost synthetic material. Amazon-Kapok is antibacterial, without cytotoxicity. A rich accompanying mycotic flora was detected, which does not grow when in contact with the fiber. In blanket preparation tests, 30% of polyester thermoplastic matrix was added, meeting the European limit of synthetic content allowed in the “natural products” merchandise. In conclusion, Amazon-Kapok is a promising raw material for the production of biogenic blankets for uses such as insulation, filtration and absorption.

Key words: Paineira, thermal insulation, natural fibers, processing.

2.1 Introdução

O espetáculo de tufos de algodão da árvore munguba suspensos no ar ocorre durante o início da vazante (julho a setembro) dos rios barrentos (HOEHNE, 1927; MENICUCCI, 2007). Pela dispersão das sementes na várzea da Amazônia Central, o acontecimento se repete a cada ano (GRIBEL, 1995; GUEDES de CARVALHO, 2006; MENICUCCI, 2007). HOEHNE (1927) refletindo sobre o potencial das paineiras, descreve a dispersão pela pluma vegetal:

“Em agosto e setembro, o ar se enche de alvos flocos e pardas fibras, que são espalhados pelas paineiras e imbirussús... Nos cerradões, nas caatingas, nas florestas serranas, no litoral, do sul a norte de nosso paiz, encontramos os representantes das Bombacáceas. De todos os recantos nos sorriem as suas lindas flores, nos acenam as digitadas folhas, como se chamar quizessem a nossa atenção sobre si ...”

A potencial utilidade desse tipo de paina se apresenta pelo comodato Kapok da Ásia, de diferentes variedades de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. Na Amazônia, essa espécie é conhecida como sumaúma ou samaúma.

Em tempos do empenho global da diminuição de emissões de gases de efeito estufa – GEE, um dos esforços é a minimização do consumo de energia. Nesse sentido escreve DULAC (2020):

O resfriamento é a aplicação em edifícios que cresce mais rápido, haja visto que a sua demanda de energia mais que triplicou entre 1990 e 2018, para cerca de 2.000 terawatt / hora (TWh). Embora estejam disponíveis aparelhos de ar condicionado com boa eficiência, a maioria das pessoas compra aparelhos de ar condicionado duas a três vezes menos potentes que necessário. Para alinhar o resfriamento ao SDS (Cenário de Desenvolvimento Sustentável), é necessário estabelecer padrões para melhorar o desempenho em mais de 50% até 2030.

Muito dessa energia é consumida para condicionar o ar dos espaços internos dos prédios de toda sorte. Aquece-se nos lugares no clima frio e refrigera-se os cômodos internos no clima quente. Através do condicionamento do ar é criado um gradiente de temperatura entre interno e externo. O isolamento preserva a temperatura interna, sendo capaz de economizar 60% do consumo de energia ao longo do tempo (HOLM *et al.*, 2016).

NURUDDIN *et al.* (2014) estudaram na Malásia a aplicação de Kapok da Ásia, em camadas de 05 e 10 cm de espessura abaixo do telhado, como isolamento térmico contra temperaturas acima de 50°C. Eles encontraram uma qualidade de isolamento, comparável aos melhores isolantes poliméricos.

A condutividade térmica do Kapok da Ásia foi medida por LOUPPE *et al.* (2008), sendo 0.034 a 0.035 W/m*K. Com isso, o Kapok da Ásia tem as melhores propriedades entre as fibras naturais e concorre com matérias sintéticas (VOUMBO *et al.*, 2010).

Países europeus dão maior importância para a preservação da temperatura interna por meio de isolamento térmico, como consta nas normas específicas (ISO-EC 6946). A Alemanha tem o seu próprio ordenamento de preservação de calor por barramento – “Wärmedämmschutzverordnung”, obrigando o revestimento térmico de edificações, nas faces expostas ao frio (HOLM *et al.*, 2016).

A camada isolante sempre deve ser posta ao lado da temperatura mais baixa, pela ocorrência de condensação. Para tanto, os materiais devem ser resistentes à água e inibir o crescimento de bactérias e fungos. Por outro lado, não devem atrair insetos, roedores e aves, para manter a salubridade do ambiente. Produtos poliméricos e minerais causam polêmica, devido à liberação de gases e poeiras, que podem provocar alergias. Nesse respeito, procura-se o material biogênico que reúna o atendimento a todos os requisitos.

2.1.1 Fibras naturais

O algodão, a fibra do fruto do algodoeiro (gênero *Gossypium*: Malvaceae) é conhecido a milênios. A planta foi domesticada no sul da Arábia há mais que 4.000 anos. Na América do Sul, já aos 4.500 anos a.C., a civilização dos Incas no Peru, tem utilizado as fibras do algodão (VAINSENER, 2020). O algodão é bem conhecido e apresenta a estrutura básica de todas as painas. Devido à elevada umidade, a produção em escala na Amazônia não se mostrou viável, mesmo havendo espécies nativas de *Gossypium* (VAINSENER, 2020).

O Kapok, a fibra do fruto da sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) é conhecido na América Latina desde os tempos pré-colombianos (SIGRIST, 2017). Os Incas e Astecas tiveram uma relação mística com a gigante rainha da floresta e usavam as propriedades medicinais de sua raiz, casca, folhas e flores (GUEDES, 2006). As fibras do fruto foram usadas para enchimento de colchões e travesseiros. Pela sua flutuabilidade, foi usada também, em coletes salva-vidas e flutuadores diversos pela população ribeirinha (MENICUCCI, 2007).

WICKHAM (1872) sabia que sementes da seringueira (*Hevea brasiliensis*) só se tornavam viáveis, se pudessem germinar na sombra da sumaúma (*C. pentandra*). Obviamente, ele levou na sua viagem a Londres, além de 70 mil sementes de seringueira, muitas plântulas de sumaúma que foram levadas a Kew Gardens em Londres. Depois de crescerem, foram replantadas na Malásia, junto às mudas de seringueiras, para manter sobre essas a benéfica sombra natural, imprescindível para o seu bom desenvolvimento (DEAN, 1987).

A história do Kapok se iniciou quando os primeiros agricultores ingleses se deram conta das qualidades desta fibra de extrema leveza e isolamento térmico. Como a densidade nas plantações era muito grande, os malaios simplesmente rolaram o tapete de fibras com 20 a 30 cm de espessura, retiraram as sementes e detrito e o mandaram para Inglaterra, quando ainda não havia produção de látex.

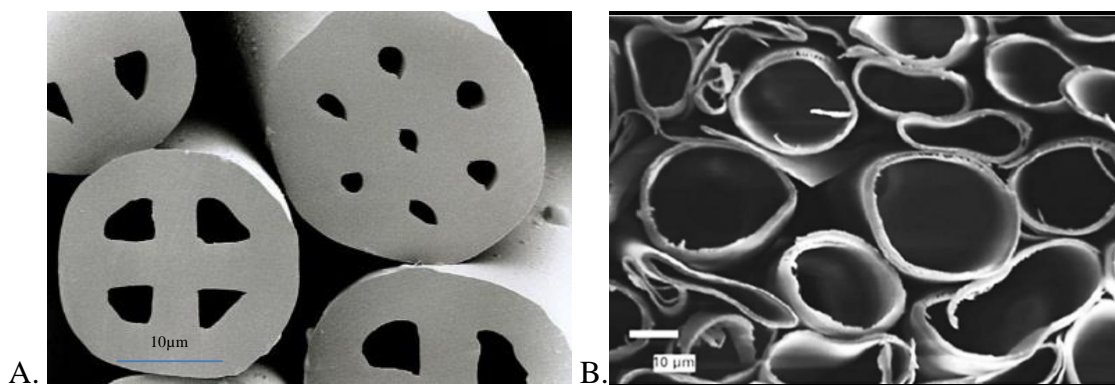
Hoje são conhecidas diversas variedades de Kapok de *Ceiba* spp. e outras espécies pertencentes da subfamília Bombacoideae. A sua leveza se deve ao oco central da sua fibra, diferentemente da fibra maciça do algodão. Conseqüentemente, o algodão enverga e é mais resistente à tração, mas, menos isolante (GUEDES, 2006). Não há exploração comercial de Kapok na Amazônia, mesmo com a produção desta fibra *in natura*.

Até hoje, a principal fibra produzida na Amazônia é a juta (*Corchorus capsularis* L.). De acordo com HOMMA (2010), as primeiras experiências com o plantio de juta por colonos japoneses, na Vila Amazônia próximo a Parintins, foram feitas nos anos 30. O cultivo da malva, por sua vez, se iniciou dez anos depois, tendo a vantagem de usar uma espécie autóctone da terra firme, fora do alcance da inundação (NODA, 2010). Como consta em HOMMA (1996), existe uma tendência de produção de um produto extrativista para o cultivo da espécie em plantio industrial.

A produção da juta, importantíssima na economia da Amazônia Central, nos anos de 1960-1970 sustentou mais de 25.000 famílias de pequenos agricultores (NODA, 2010). Mas, até hoje, o processo continua como há 100 anos atrás, com os juticultores “rezando pela moderação da cheia, se arriscando dentro da água até o peito e respirando a poeira da fibra quando seca” (Sebastião Guerreiro com. pes.).

CARUS *et al.* (2008) contam que, com a descoberta de fios sintéticos mais resistentes, os mercados de fibras naturais enfraqueceram a partir da década de 70. Os polímeros, ganharam os mercados do mundo. Microfibras de diversos polímeros (com diâmetro menor que 10µm) mostram propriedades isolantes. A fibra sintética Hollofil[®] da empresa DuPont imita até o oco do Kapok da Índia (Figura 24).

Figura 24 - Imagem electro-microscópica de fibras isolantes A. Poliéster, Hollofil® e B. a fibra da paina da árvore *Bombax ceiba*, conhecida como Kapok da Índia.



https://www.cafepress.com/+sem_of_dacron_polyester_filling_hollofil_stad.769673267

https://www.researchgate.net/publication/263454799_Acetylated_Modification_of_Kapok_Fiber_and_Application_for_Oil_Absorption

A partir de 1990, registrou-se aumento de alergias em consequência do contato com derivados de petróleo (solventes - amaciantes de polímeros) (NASSAR, 2004). Hoje, as populações de países com economias avançadas querem se distanciar do plástico (DAHY, 2015). O reconhecimento de múltiplos impactos ao meio ambiente pelos sintéticos e, principalmente à saúde, levou à atual renascença do mercado de fibras naturais (CARUS *et al.*, 2008; BICALHO, 2009; DAHY, 2015; “Jute statt Plastik”, 2016).

Especialmente a demanda de fibras naturais isolantes térmicas, como as do Kapok é crescente (CARUS *et al.*, 2008; THE EUROPEAN MARKET, 2017). Mas, os fornecedores asiáticos não conseguem suprir a demanda (DNFI, 2016). Para tanto, considerando o renovado interesse do hemisfério norte em fibras naturais, o mercado de Kapok é muito promissor (CARUS *et al.*, 2008; HEUZÉ e TRAN, 2015; GLOBAL NEW LIGHT, 2016). O preço da commodity é elevado, sendo negociado o Kapok no mercado eletrônico por 6,50 – 8,00 US\$/kg, devido ao apelo comercial da fibra como ecologicamente correta, antibacteriana e hipoalérgica (HEUZÉ e TRAN, 2015; BUSINESS WIRE, 2015). Há outras painas tropicais, de interesse econômico, como o Kapok da espécie *Bombax ceiba* L., uma fibra mais bege, de excelente qualidade da Índia.

O mercado europeu em febre pelo BREXIT (saída da Grã-Bretanha da União Europeia), mostra uma acelerada procura por produtos tropicais de novos fornecedores, não ligados a ela, pois havia condicionado sua permanência na UE, ao livre comércio com os Estados ligados ao tratado do Commonwealth. Com isso, produtos tropicais da América do Sul haviam perdido competitividade no mercado europeu. Fibras, frutas e pescados da África ou da Ásia estão disponíveis nas feiras alemãs, mas mercadorias da Amazônia raramente são encontradas. Portanto, o BREXIT, abre novas perspectivas para América do Sul e, particularmente o Brasil, como fornecedor de produtos tropicais, como indica a previsão TOKARNIA (2020).

A comercialização da paina de *C. pentandra* na Amazônia ganha nova força nesse cenário. Porém, mesmo sendo autóctone da Amazônia, a sua paina (fibra do fruto) não é explorada (SOUZA *et al.*, 2005). Nos interiores, os utensílios de cama de Kapok foram rejeitados por serem “quentes” e, por conta da falta de utilidade local, não ocorreu a exploração comercial de painas da Amazônia.

2.1.2 A paina da munguba

A árvore munguba (*Pseudobombax munguba* (Mart. & Zucc.) Dugand Malvaceae, Bombacoideae), da várzea Amazônica, produz uma paina similar ao Kapok da sumaúma (*Ceiba pentandra* Gaertn.; Malvaceae, Bombacoideae). A abundância dessa espécie e sua produtividade anual de paina e em maiores frutos é promissora. A sua exploração em escala é um importante requisito para atender ao mercado global da “Biobased Industry” (PAMPLONA e CACCIAMALI, 2017).

A transformação do potencial socioeconômico e ambiental da exploração comercial da paina da munguba em benefício monetário depende da demanda do mercado. O mercado troca mercadorias ou transforma mercadorias em valores (MARX, 2013). Para cada produto existem requisitos específicos, que são expectativas de cunho qualitativo, quantitativo e logístico. Quanto melhor atendidos esses requisitos, maior a disposição de pagar para um determinado bem ou serviço e mais elevada a expectativa de receber (MARX, 2013).

HONG *et al.* (2005) descrevem múltiplas utilidades do Kapok do Vietnã (de *C. pentandra*), mas alertam que a coleta dos frutos é repleta de perigos e a extração das fibras não é fácil. E alegam que os trabalhadores se encontram na extrema pobreza.

No caso da concorrência com o Kapok asiático, haverá a competição de melhor adequação aos requisitos dos clientes. Para tanto, esse capítulo trata do levantamento dos requisitos do mercado alemão e as correspondentes análises, com a finalidade de exaltar as qualidades comparativas da paina da munguba.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Análise de requisitos do mercado

Como mercado de análise foi escolhida o da Alemanha, pela origem germânica do autor e suas facilidades de comunicação, a curto prazo de seis meses no âmbito de um Projeto de Doutorado-Sanduiche no Exterior, CAPES/PDSE. O levantamento dos requisitos do mercado alemão foi feito por meio de contatos diretos com usuários de fibras naturais e/ou sintéticas.

Para apresentar o volume de, pelo menos 40 L das fibras em questão, a partir da paina de *P. munguba*, foi feito um experimento com o extrato das fibras de 100 frutos. Esses frutos foram colhidos em 2017, na margem esquerda do canal de Careiro da Várzea (Local “Pedro Braga” 3°13'46.14"S/ 59°38'59.96"O), embalados e acondicionados para viagem por um só trabalhador, em 5 horas de trabalho. Os frutos foram levados ao pátio de casa particular, para secagem e extração da paina. O conteúdo foi colocado em saco de rafia e pesado (Balança Britânia®-BCZ5).

Para separação das sementes e expansão das fibras, foi utilizado um protótipo de máquina de turbulência eólica, construída de modo artesanal (descrição posterior). O material resultante está em fase de registro como “Amazon-Kapok”, pela Pró-reitoria de Tecnologia e Inovação - PROTEC da Universidade Federal do Amazonas – UFAM (Figura 25). O material Amazon-Kapok é restrito às fibras da paina de *Pseudobombax munguba* e será usado para diferenciá-las das fibras do Kapok da Ásia das fibras da paina de *Ceiba* spp.

Figura 25 - Logomarca do Amazon-Kapok que é a fibra extraída e beneficiada, a partir do fruto de *Pseudobombax munguba*.



Para entender os requisitos do mercado referentes ao fornecimento e qualidade esperada de fibras isolantes, tomou-se como referência a indústria-têxtil alemã, que é representada pelo DITF (Deutsche Institute für Textil- und Faser-technologie). Especial ênfase foi dada para o sistema “Fair Trade” instituído no Mercado Verde (Bioökonomie) alemão, de acordo com a “Economia Ecológica” de MONTIBELLER *et al.* (2012).

Foi apresentado o Amazon-Kapok a empresas de construção civil, fornecedores automobilísticos, têxtil-outdoor e tecnologia de filtração. Foi investigada a forma de aquisição e atuais volumes recebidos e preços praticados, além de procurar entender os requisitos específicos de qualidade, para .

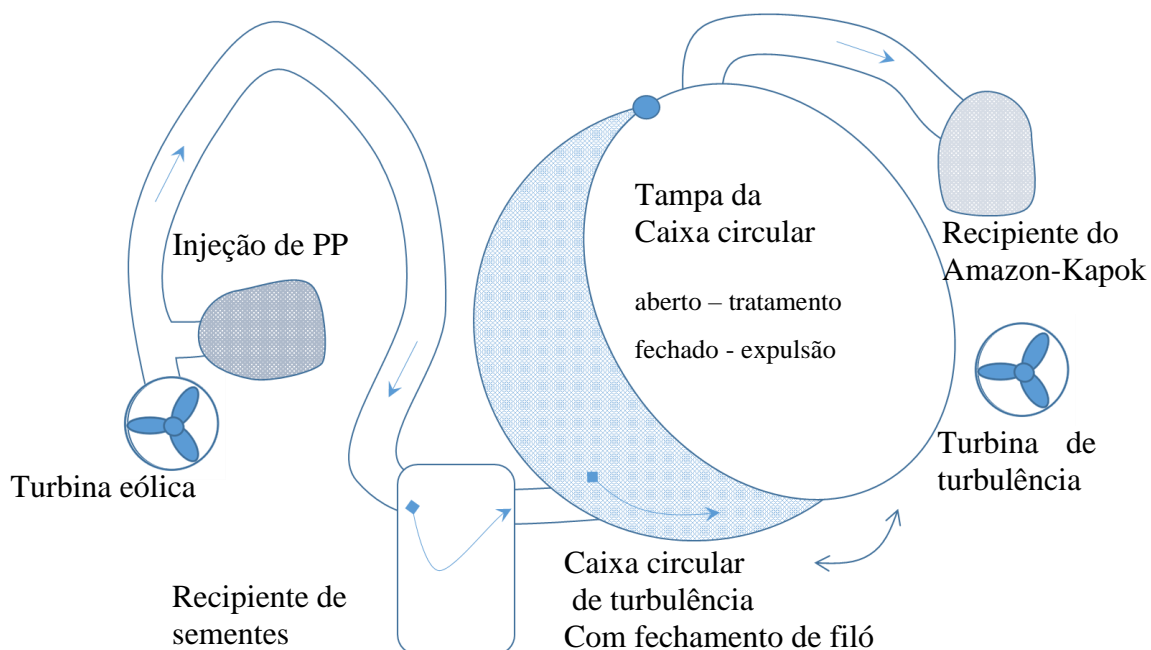
As análises das propriedades físicas, químicas e biológicas do Amazon-Kapok, foram realizadas em ensaios e testes normativos com validade em toda Europa, em institutos reconhecidas na Alemanha, conforme será apresentado em tópico subsequente.

2.2.2 Beneficiamento

O conteúdo fibroso extraído do fruto que contém as sementes, chamou-se de Paina Primária (PP). As fibras ainda têm o ordenamento da condensação no fruto. Ao ressecarem, as fibras exercem uma pressão lateral, se soltam em tufo e levam as sementes. Elas se expandem do estado condensado, naturalmente aumentando o seu volume mais do que cinco vezes. Para acelerar esse processo de expansão das fibras, desenvolveu-se uma máquina de beneficiamento da PP, que efetua a separação das sementes e a secagem e extração das fibras com maior eficácia (Figura 26).

O protótipo da máquina de turbulência eólica foi montado literalmente “no fundo do quintal” (Figura 27). Ela consiste em caixa circular de 1000 L, com tubo (200 mm) de entrada perpendicular ao fundo. Neste é conectada a turbina eólica, para a geração de movimento atmosférico circular-turbulento. A caixa foi colocada em posição diagonal, sem tampa, apenas coberta por um filó de Nylon de 0.3 mm. O saco da PP foi colocado na lateral da peça T de injeção (200 mm), onde a turbina foi conectada na entrada reta. Antes do tubo de entrada, a PP passa por um duto rugoso para retenção de sementes (sanfonado de alumínio de 200 mm). O jato da turbina transportou a PP da injeção ao longo do duto rugoso, que é conectado no tubo de entrada, perpendicular ao fundo da caixa redonda (Figura 27).

Figura 26 - Esquema de equipamento de turbulência eólica para beneficiamento da paina de *Pseudobombax munguba*, sendo a transformação das fibras em Amazon-Kapok.



Fonte: Keppler, 2020

Figura 27 - Protótipo de máquina de turbulência eólica artesanal para transformação da paina de *Pseudobombax munguba* em Amazon-Kapok.



Fonte: Keppler, 2018

Uma vez carregando a caixa até a metade com fibras soltas e ainda com algumas sementes, desconectou-se o ducto rugoso do tubo de entrada e colocou-se a turbina. Começou-se o tratamento com jato contínuo, para circular as fibras com maior intensidade. Após 5 min aplicou-se o contra-jato diagonal através de ventilador pela tela (filó) (somente no protótipo - Figura 27). Na máquina definitiva a ser construída, uma conexão perpendicular fixa é planejada, com outra turbina, no sentido contrário à rotação.

A retirada do Amazon-Kapok, após 15 a 20 min. de turbulência eólica, foi feita pelo tubo de saída (200 mm) na lateral superior. A tampa foi colocada para forçar a correnteza pela saída no tubo, onde era conectado um saco de fibra (filó, neste caso verde), para amparar o Amazon-Kapok. A partir do filó, o Amazon-Kapok foi transferido para a embalagem final, em sacos de ráfia.

2.2.3 Avaliação física e química

Densidade específica

A determinação da densidade de fibras naturais é complexa, pois tem que ser considerado todo volume de porosidade dentro e no entorno da fibra, além da matéria sólida. Dessa maneira, a medição do peso específico não é simples. Como a orientação das fibras e a sua densidade dependem da pressão aplicada ao material, a hipótese da densidade em pressão zero é irrealista.

Não foi encontrada nenhuma metodologia apropriada e satisfatória para a medição da densidade de fibras a granel. Para tanto, desenvolveu-se a técnica de medição da densidade específica de fibras, com definida pressão em 5 g/cm² e 10 g/cm² (51 e 102 Pa respectivamente).

Usou-se dois copos de vidro (300 mL) com encaixe para empilhamento. O fundo dos copos era redondo e plano. No copo da amostra, o volume em altura de 5 mm acima do nível do encaixe total foi marcado com marcador permanente. A marca foi completada em toda a volta do copo. Determinou-se o volume, através de enchimento com água, até esta marca (em 165 g ou 165 mL). O peso (CV) do copo vazio foi determinado.

A pesagem do copo de compactação (CP) foi acertada em 400 g (com água). A área de 38,48 cm² foi calculada a partir do diâmetro do fundo do copo. Neste caso, a pressão resultante foi de 10,39 g/cm² ou 104 kg/m² = 102 Pa.

O copo da amostra (CV) foi enchido com fibras (A), o mais uniformemente possível e a carga (CP) posicionada acima das fibras. Através da retirada de volume ou adição de mais fibras, a alíquota foi completada até onde o fundo do copo de compactação acertava a marca no copo da amostra.

Todo o conjunto do copo de compactação, junto ao copo com a amostra sob pressão (CP + CV + A) foi pesado em balança de precisão Sartorius® - ED2201. A subtração do peso do copo vazio e do copo de carga resulta no peso da fibra. Esse peso da fibra (g) foi dividido pelo conhecido volume da amostra (165 cm³), para calcular o peso específico em g/cm³ ou kg/m³.

Em comparação com as fibras do Amazon-Kapok (produção própria), foram usadas alíquotas (sob pressão até a marca) de fibras de algodão, lã de ovelha e Kapok da Ásia. Todas as fibras foram adquiridas a granel, do Kapok Kontor (Heuberger Hof 1, 72108 Rottenburg am Neckar, Alemanha), embaladas em sacos de polietileno (500 g cada).

Caraterização química

Uma amostra de fibras de 500 mL com 8 g foi encaminhada ao Laboratório de Química do Instituto Fraunhofer IAP (Geiselbergstraße 69, 14476 Potsdam/Berlin), para efetuar a análise dos componentes químicos do Amazon-Kapok. As amostras foram submetidas ao procedimento de digestão para diminuir os bio-polímeros nos seus constituintes singulares. Assim, açúcares, aminoácidos e compostos mais complexos foram detectados em análise química e através do uso de equipamentos de espectrofotômetro de absorção atômica (Sigma-0208AAS-AT, RS1425000), HPLC (THERMOFISHER U3000 HPLC, system Troostwijk) e espectrofotômetro UV (Vis da Analytik, Jena).

Os procedimentos de análise utilizados estão baseados nos descritos pela National Renewable Energy Laboratory - NREL (<https://www.nrel.gov>). O Laboratório NREL recomenda os métodos analíticos de biomassa-padrão. Os seguintes métodos de análise foram aplicados (veja “português” embaixo):

- Summative Mass Closure - Laboratory Analytical Procedure - NREL/TP-510-48087
Review and Integration: Feedstocks
 - “Aproveitamento de massa total - Procedimento analítico de laboratório - Revisão e integração: matérias-primas“
- Preparation of Samples for Compositional Analysis - NREL/TP-510-42620
 - “Preparação de amostras para análise composicional“
- Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass - NREL/TP-510-42618
 - “Determinação de carboidratos estruturais e lignina em biomassa“
- Determination of Extractives in Biomass - NREL/TP-510-42619
 - “Determinação de Extratos de Biomassa“
- Determination of Total Solids in Biomass and Total Dissolved Solids in Liquid Process Samples - NREL/TP-510-42621
 - “Determinação de sólidos totais em biomassa e total dissolvido - Sólidos em amostras de processo líquido“

- Determination of Ash in Biomass - NREL/TP-510-42622
 - “Determinação de cinzas em biomassa“
- Determination of Protein Content in Biomass - NREL/TP-510-42625
 - “Determinação do teor de proteínas em biomassa“

A determinação de proteínas foi feita pela análise CHNS, de uma técnica de combustão, usando um FlashEA 1112, com analisador elementar da série CHNS/O (Thermo Finnigan) para medir o teor de nitrogênio. A partir disso, o teor de proteínas foi calculado de acordo com a AOAC (1995), pelo habitual fator de conversão de nitrogênio em proteína: 6,25 (Kjeldahl).

A extração de materiais não estruturais foi feita para remover e quantificar a porção extraível da biomassa, tais como ceras, resinas, lipídios e gorduras, somados de acordo com NREL / TP-510-42619, Concentração do extrato em evaporador rotativo a vácuo a uma temperatura do banho de 60°C e detecção gravimétrica dos componentes extraídos.

Hidrólise por ácido sulfúrico

Pela falta de massa, a hidrólise modificada foi realizada com ácido sulfúrico em duas etapas, análoga a NREL / TP-510-42618 (corresponde ao método de teste TAPPI T 249 cm-00) da seguinte forma:

- 1ª etapa: 1h de tratamento com 72% de H₂SO₄ a 30°C
- 2ª etapa: diluição para 4% - controle adicional da temperatura por 1 hora a 120 ° C em autoclave
- Após o resfriamento do lote de hidrólise, ocorreu uma filtração a vácuo. Soluções da hidrólise foram obtidas através de filtração em filtro de porcelana (porosidade: 8 µm).
- Segue a análise das partes solúveis e insolúveis em ácido.

A parte insolúvel em ácido obtida na hidrólise do ácido sulfúrico foi seco a 105 ° C e quantificado. Foram determinadas as partes das cinzas e o conteúdo de proteína e subtraídas do total.

Foi realizada a determinação quantitativa dos monossacarídeos formados pela hidrólise, utilizando cromatografia de troca aniônica de alto desempenho detecção amperométrica, com HPAE-PAD – Sistema de cromatografia iônica: ICS-5000 (Dionex).

Os parâmetros formam:

| | |
|-----------------------------|---|
| Coluna de separação: | coluna de proteção CarboPac PA20 (3x30 mm) e CarboPac PA20 (3x150 mm) |
| Eluente: | método multi-gradiente de NaOH |
| Caudal: | 0,4 mL/min |
| Deteção: | Amperometria pulsada integrada (iPad) |
| Eletrodo de trabalho: | Au |
| Eletrodo de referência: | Ag/AgCl |
| Forma de onda: | Carboidratos (quad padrão) |
| Temperatura da coluna: | 34°C |
| Temperatura do detector: | 34°C |
| Temperatura do AS: | 10°C |
| Volume de injeção: | 10 µL |

O teor de celulose foi calculado a partir da quantidade de glicose. Os outros monossacarídeos como ramnose, arabinose, galactose, xilose, manose, ácidos urônicos e grupos acetil foram somados para hemicelulose.

Para a determinação dos grupos acetila o sistema HPLC Detector de índice de refração RI foi equipado com a coluna Phenexex Rezex ROA - Organicacid H + (8%) a 65°C e trabalhado com como eluato de ácido sulfúrico 5 mN. Além disso, a lignina solúvel em ácido foi quantificada usando espectrofotômetro UV/Vis da Analytik Jena, por absorção em 240 nm.

Composição estrutural

A análise estrutural da celulose foi realizada na Seção de Biopolímeros do Instituto Fraunhofer – IAP/Berlin, através de análises de difração de raio X e ressonância nuclear.

Difração de raio X - Ampla

As gravações dos planos de raios-X foram feitas em 40 mA e 40 kV (gerador de raios-X "Kristalloflex 760" da Bruker-AXS) com tecnologia de transmissão vertical. Usou-se radiação monocromática de Cu-K α (comprimento de onda λ 0,15418 nm, filtro de níquel). A distância do filme de amostra foi de 55 mm. As intensidades de difração foram registradas pelo uso de filme plano de raios-X (Biomax, Kodak). O tempo de exposição foi de 2 horas. As medições repetidas no Amazon-Kapok foram realizadas com um tempo de exposição de 3 horas.

Para preparar a medição isotrópica em um difratômetro de dois circuitos, as fibras usadas foram trituradas e depois colocadas em suporte de amostra de 2 mm de espessura entre dois filmes de PET com orifício de 2,5 cm de diâmetro.

Os difratogramas estavam na faixa de ângulo de 2θ de 4° - 104° (tamanho do passo $\Delta 2\theta = 0,2^\circ$, tempo de medição/ $\Delta 2\theta$: 55 s). A amostra também girou durante a medição a 15 rpm em torno da amostra normal. Toda a faixa angular foi medida três vezes para aumentar a acurácia (tempo total de medição: ~ 23h).

No experimento, a celulose do Amazon-Kapok foi analisada junto à do algodão, de difrações já conhecidas. Um difratograma da celulose de fibras de madeira de angiospermas (WEHO500), do arquivo do IAP, foi sobreposta, para fins de comparação.

Espectrometria Ressonância Nuclear

Para uma amostra de fibra de munguba em comparação com fibras de algodão, nas condições padrão do ^{13}C -CP / MAS NMR (CP = Cross Polarization, MAS = Magic Angle Spinning e NMR = Nuclear Magnetic Resonance) foi corrido o espectro de ressonância nuclear da celulose. As medições foram realizadas no espectrômetro INOVA 400 a uma frequência de medição de 100,6 MHz e uma frequência de desacoplamento de 399,9 MHz, no tempo de aquisição de 0,02 s e uma largura de espectro de 35 kHz. A largura do pulso foi de 5 μs e o tempo de contato de 1 ms. Com um atraso de relaxamento de 5 s, aproximadamente 10.000 exames foram acumulados.

Caraterização microscópica

Amostras de Amazon-Kapok foram encaminhadas para a Seção de Biopolímeros do Instituto Fraunhofer – IAP/Berlin, para microscopia eletrônica.

No Instituto Fraunhofer – IAP/Berlin, foi feita a preparação das fibras para a microscopia eletrônica de varredura MEV. Para a investigação das superfícies as fibras foram vaporizadas com uma camada de carbono. Para a microscopia, as seções transversais da quebra criogênica (Cryobreak) foram fixadas em uma base de carbono de modo vertical. O acabamento eletrônico foi por vaporização das fibras com platina para aumentar os reflexos e minimizar eventuais cargas elétricas pelo feixe de elétrons.

Carbonização

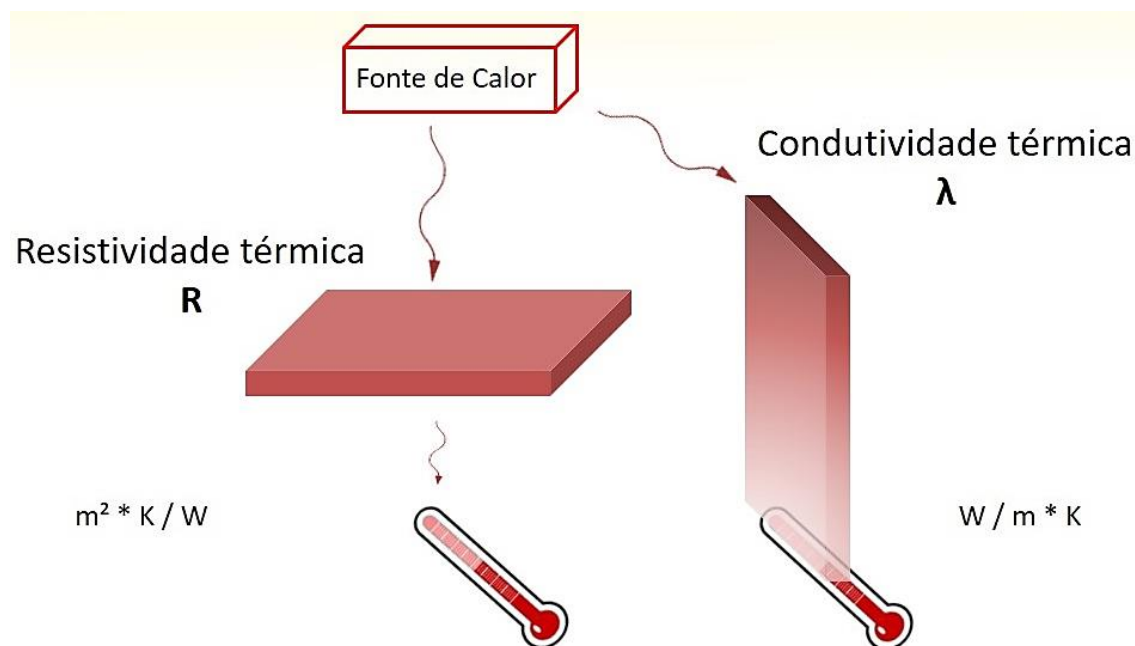
Uma amostra de fibras do Amazon-Kapok foi encaminhada para a Seção de fibras de carbono e novos materiais, do DITF (Institutos Alemães de Tecnologia de Têxteis e Fibras), (Körschtalstraße 26, 73770 Denkendorf/Alemanha), para efetuar a carbonização, com a finalidade de encontrar a superfície específica e estabilidade da estrutura carbonácea.

As fibras foram pirolisadas em TGA (Análise Termo Gravimétrica), a 5 K/min em corrente de gás inerte (Ar), de 25 a 1000°C. Foi usado equipamento, Mettler Toledo®; thermobalance (model TGA/SDTA 851°). Antes e após a pirólise, as fibras foram visualizadas em Microscópio Eletrônico de Varredura - Zeiss Auriga Cross Beam®.

Isolamento térmico

Baixa condutividade térmica é a mais importante característica de material isolante térmico segundo ABDULKAREEM *et al.* (2016). Para tanto, uma amostra de 300 g (5 L) de Amazon-Kapok foi entregue à empresa FIBER ENGINEERING Ltda. (Schoemperlenstraße 11C, 76185 Karlsruhe/Alemanha), para determinação da condutividade e resistividade térmica (Figura 28).

Figura 28 - Esquema de propriedades isolantes; resistividade e condutividade térmica, referentes às qualidades de mantas do Amazon-Kapok.



Fonte: Keppler, 2017

Primeiro tinha que ser produzido uma manta coesa. A empresa escolheu a mistura com 30% poliéster, uma matriz termoplástica, para solidificar as mantas pela termo-fusão das fibras sintéticas. A legislação Europeia permite até 30% de polímeros, em materiais com selo “produto natural”.

Para a medição foi usado um Heat Flow Meter (HFM, 200®) da empresa LINSEIS, de acordo com a Norma ISO 8301:1991. Foram usados como corpos de prova, segmentos de mantas com diferentes espessuras e compostos.

Absorção de óleo

Foi feito um breve ensaio de absorção de óleo, com a aplicação de um tufo de Amazon-Kapok na superfície d'água em copo de vidro, de 8 cm de diâmetro e conteúdo de 250ml de água, com 1 ml de óleo de cozinha. O óleo de cozinha foi medido em seringa e aplicado por jato único, se dividindo em três manchas. As fibras foram colocadas antes de coalescência.

2.2.4 Análise de atividades biológicas

No Laboratório de Microbiologia do Instituto de Ciências Agrárias Tropicais da Universidade Hohenheim, Hans-Ruthenberg (Garbenstr. 13, 70599 Stuttgart/ Alemanha), as fibras do Amazon-Kapok foram expostas a microrganismos, em testes com três organismos (Quadro 1).

Quadro 1 Organismos usados no teste comparativo e sua caracterização.

| No. Catálogo DSMC | Nome científico | Espécie em outras coleções |
|---------------------------|---------------------------------|---|
| DSM-10235 | <i>Escherichia coli</i> | ATCC 53868, K12 DH5, NCIMB 13174 |
| DSM-2155 | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | ATCC 7754, CBS 1368, IFO 1346, NBRC 1346, NCYC 79, NRRL Y-977 |
| DSM-1862 | <i>Aspergillus oryzae</i> | ATCC 46244, CMI 283877, IMI 283877, NRRL 3485 |

A especificação dos microrganismos foi:

1. BACTERIA

Nome: *Escherichia coli* (Migula 1895) Castellani and Chalmers 1919

País: origem nacional desconhecida

Data da coleta: antes 21.08.1995

Restrições do Protocolo Nagoya: Restrições desconhecidas para essa cepa.

História: - NCIMB <- ATCC <- Cold Spring Harbor Laboratories

Condições de cultivo: 37°C

2. FUNGI – Levedura

Nome: *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen

Sinônimos:

Saccharomyces aceti Santa Maria

Saccharomyces capensis van der Walt & Tscheuschner

Saccharomyces chevalieri Guilliermond

Saccharomyces hienipiensis Santa Maria

Saccharomyces italicus Castelli

Saccharomyces norbensis Santa Maria

Saccharomyces oleaceus Santa Maria

Isolado de: Fleischmann's yeast, bread

País: origem nacional desconhecida

Data da coleta: antes 22.08.1990

Restrições do Protocolo Nagoya: Restrições desconhecidas para essa cepa.

História: <- CBS <- ATCC <- R. Williams (Fleischmann baker's yeast)

Condições de cultivo: 25°C

3. FUNGI - FILAMENTOSO

Nome: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn

Sinônimos: *Aspergillus sojae* (Yakawa) Ohara

País: origem nacional desconhecida

Data da coleta: antes 12.06.1980

Restrições do Protocolo Nagoya: Restrições desconhecidas para essa cepa.

História: <- O. Meyer <- K.H. Steinkraus

Condições de cultivo: 30°C

Os microrganismos foram adquiridos da coleção oficial do Leibniz-Institut – DSMZ – (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH,

Alemanha). Foram feitos ensaios comparativos ao Amazon-Kapok (produção própria, no Brasil), com algodão, lã de ovelha e Kapok asiático. Estas fibras naturais foram adquiridas em embalagens (sacos de polietileno 2 L), do varejo no Kapok-Kontor (Heuberger Hof 1, 72108 Rottenburg am Neckar, Alemanha).

Os organismos foram recebidos em estado liofilizado. Antes da sua aplicação foram reativados em Erlenmayer (300 mL) com 150 mL de solução nutritiva autoclavada (SYSTEC DB-23, em 121°C e pressão de 2 bar, durante o ciclo de 15 min), com extrato de levedura 5 g, Tryptone 10 g, NaCl 5 g, Glucose 10 g por litro de água destilada, em Erlenmayer de 300 mL. Os recipientes foram incubados a 29° C, durante 24 h, em agitador (60 rpm) (ES-Cientific Shaker).

Foram feitos dois ensaios, com uma repetição. No primeiro ensaio, todas as fibras foram submetidas a uma esterilização em três ciclos criogênicos (24/24 hs) de congelamento a -10°C e subsequente aquecimento a +35°C, para diminuir ou extinguir eventuais microrganismos termo-sensíveis. Depois desse tratamento, as fibras foram mantidas no congelador a -10°C, até o dia do experimento. Antes de posicionar as fibras na placa, elas foram expostas a temperatura ambiente (24°C), durante 4hs. No segundo ensaio, as fibras foram esterilizadas na autoclave (SYSTEC®; DB-23), em 121°C e pressão de 2 bar, durante o ciclo de 15 min.

Foram preparadas 130 placas Petri com 20 mL de Agar nutritivo, em banca estéril (NordicSafe; ESCO, Class II BSC) em bico de Bunsen a gás. O Agar foi composto de extrato de levedura 5 g, Tryptone 10 g, NaCl 5 g, Glucose 10 g. No primeiro teste foram adicionadas 20 g e, no segundo, 10 g de Agar por litro de água destilada.

Concomitantemente, as culturas liofilizadas de *E. coli*, *S. cerevisiae* e *A. oryzae*, foram recuperadas e multiplicadas em meio líquido da mesma composição nutritiva. Após 24hs, quando a turbidez e, com isso a concentração dos microrganismos, tinha aumentado visualmente, foi feita a semeadura nas placas de Agar de todas as referidas espécies na banca estéril (NordicSafe; ESCO, Class II BSC).

Nos ensaios microbiológicos, foram avaliados blocos ao acaso, com sete repetições por combinação de cada tipo de fibra, com microrganismo. Adicionou-se duas repetições de controle com os microrganismos sem as fibras e das fibras sem microrganismos. O desenho experimental foi um total de 90 placas de Petri de teste com três organismos e 10 placas de Petri de controle, totalizando 100 placas no total (Tabela 1). No segundo ensaio, com todas as fibras esterilizadas em autoclave com 5 placas, junto à repetição dos testes do primeiro ensaio com Amazon-Kapok e Kapok da Ásia em 5 placas. A inclusão de 20 placas controle, totalizando 110 placas no total (Tabela 2 e Tabela 3)

Com uma pipeta (Eppendorf - Research plus), foram aplicados 0,5 mL de suspensão de cada microrganismo por placa e distribuídos com alça de platina. A seguir, foi colocado um tufo de cada fibra específica, com sete repetições. No segundo ensaio foram 5 repetições, com aumento do número de tratamentos (Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3).

A incubação foi feita em incubadora (VWR, INCU-Line Cool) a 30°C, sem ventilação. Após sete dias, as placas foram vedadas lateralmente com Parafilme®. A avaliação das placas ocorreu após de 24, 72 e 190hs, quando os controles mostraram nítido crescimento dos microrganismos testados.

Os testes com fibras de esterilização branda foram repetidos para Kapok e Amazon-Kapok junto ao segundo ensaio e as duas fibras na mesma placa, para ver a ação cruzada entre os dois organismos (Tabela 3).

Tabela 1 Desenho experimental 01: Ensaio comparativo de quatro fibras com esterilização branda (/b), com *E. coli*, *S. cerevisiae* e *A. oryzae*.

| Organismo \ Fibra | Algodão/b | Lã/b | Kapok/b | Amazon/b | sem |
|--------------------------|------------------|-------------|----------------|-----------------|------------|
| <i>E. coli</i> | 7 | 7 | 7 | 7 | 2 |
| <i>S. cerevisiae</i> | 7 | 7 | 7 | 7 | 2 |
| <i>A. oryzae</i> | 7 | 7 | 7 | 7 | 2 |
| sem | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Tabela 2 Desenho experimental 02: Ensaio comparativo de quatro fibras com esterilização autoclavada (/a), com *E. coli*, *S. cerevisiae* e *A. oryzae*.

| Organismo \ Fibra | Algodão/a | Lã/a | Kapok/a | Amazon/a |
|--------------------------|------------------|-------------|----------------|-----------------|
| <i>E. coli</i> | 5 | 5 | 5 | 5 |
| <i>S. cerevisiae</i> | 5 | 5 | 5 | 5 |
| <i>A. oryzae</i> | 5 | 5 | 5 | 5 |
| sem | 2 | 2 | 2 | 2 |

Tabela 3 Desenho experimental 02: Repetição de Kapok e Amazon-Kapok com esterilização branda (/b), com *E. coli*, *S. cerevisiae* e *A. oryzae*.

| Organismo \ Fibra | Kapok/b | Amazon/b | sem |
|--------------------------|----------------|-----------------|------------|
| <i>E. coli</i> | 5 | 5 | 2 |
| <i>S. cerevisiae</i> | 5 | 5 | 2 |
| <i>A. oryzae</i> | 5 | 5 | 2 |
| sem | 2 | 2 | 2 |

Teste antibacteriano

Ensaio com microrganismos patogênicos e culturas celulares de maior complexidade foram licitadas e encaminhadas ao Instituto de Fibras e Têxteis em Hohenstein (Hohenstein Laboratories GmbH & Co. KG - Schloßsteige 1, 74357 Bönningheim/Alemanha).

Antes dos ensaios, as fibras do Amazon-Kapok foram esterilizadas por autoclavagem simples. Os ensaios de atividade antibacteriana foram conduzidos de acordo com as normas internacionais vigentes: DIN EM ISO 20743 (2013), com as bactérias *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 e *Klebsiella pneumonia* ATCC 4352, do Leibniz-Institut – DSMZ – (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, Alemanha).

Três repetições de 5 g do Amazon-Kapok foram colocadas em contato com o volume de 20 mL de solução de *Staphylococcus aureus* ou *Klebsiella pneumonia* com conhecida densidade celular. Foi feita eluição imediata (0 min) e eluição após 18 hs em agitador mecânico. Uma alíquota do eluato foi semeada em diferentes placas de Petri, para contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) após 24hs. Como controle foram usadas fibras neutras de Polietileno Standard (PES) que reconhecidamente não interagem com as bactérias.

A diminuição de colônias expostas ao Amazon-Kapok, em comparação à fibra neutra, demonstra o efeito antibacteriano – A:

Equação 1

$$A = (\log_{10}Control_{18h} - \log_{10}Control_{0h}) - (\log_{10}Sample_{18h} - \log_{10}Sample_{0h})$$

Os resultados foram expressos em \log_{10} , onde a diminuição de UFC com $\log_{10} \geq 2$ são interpretadas como ação antibacteriana significativa e diferenças com $\log_{10} \geq 3$ como ação antibacteriana forte.

Teste de Citotoxicidade

O ensaio de Cytotoxicidade foi feito de acordo com a norma DIN EM ISO 10993-5 (2009-10^A), com a cultura celular de camundongo L929 com alta taxa de proliferação, (ATCC Nr. CCL1, NCTC Klon 929). O meio de cultura foi DMEM, com 10% FCS: Fa. Sigma. No cálculo (Equação 2), a Densidade Óptica a 350 μm - DO₃₅₀ do meio de cultura corresponde ao valor V0.

Nesse ensaio trata-se de uma lavagem da amostra com um “Extrato de Suor” - ES (suor sintético da empresa LCTech GmbH, com pH 4.5, aminoácidos, minerais e

metabólitos). As fibras foram lavadas com ES, de acordo com DIN EM ISO 105-E04, durante 24 hs em 37°C, sob leve agitação. Depois, a solução de lavagem foi neutralizada com KOH 10% a pH 7,3-7,4 e esterilizada por microfiltração. A DO₃₅₀ da solução de suor pura é o valor do controle.

Alíquotas da lavagem foram aplicadas a culturas de células e comparadas ao meio de cultura, para ver a inibição do crescimento. As células foram incubadas por 68-72 horas, com ES da lavagem, em 4 níveis de diluição. Após incubação, as suspensões celulares foram examinadas pelo seu teor de proteína, através de BCA, como medição de título celular (SMITH *et al.*, 1985). A resultante Densidade Ótica 350 µm – DO₃₅₀ das suspensões celulares com ES pós-lavagem foram comparadas com o Controle com ES puro e a IC% (IC = Inibição do Crescimento) calculada:

Equação 2

$$IC\% = 100 - 100 * (DO_{350}Lavagem - DO_{350}V0) / (DO_{350}Controle - DO_{350}V0)$$

A menor DO, pela inibição do crescimento de células vivas com solução de lavagem acima de 30%, em comparação com o tratamento com ES, indica citotoxicidade.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Análise dos requisitos do mercado

O mercado de isolamento térmico inexistente na Amazônia, bem como na maioria de regiões com clima tropical. Não é colocado isolamento termoacústico em prédios ou casas particulares, pela fama de oferecer abrigos para insetos, roedores, pássaros ou fungos. Especialmente nos espaços internos há preocupação com a qualidade do ar interno. Por isso, tapetes de lã e o assoalho de madeira são substituídos por placas de cerâmica ou porcelanato.

As empresas contatadas na Alemanha mostraram interesse na fibra natural em si, mas não querem o produto a granel. As empresas foram 1. Mercedes Benz S.A. em Böblingen/Stuttgart; 2. Porsche, Stuttgart; 3. VAUDE, Tettngang; 4. Bosch, Stuttgart-Feuerbach; 5. Schlaich Bergermann/Partner, Stuttgart, bem como BioPro Baden Württemberg, Stuttgart; FiberTech, Karlsruhe; DITF, Denkendorf e Kapok-Kontor em Rottenburg.

Economias avançadas se interessam por maiores escalas. A Mercedes Benz perguntou quando seria possível fornecer 100 toneladas desse material. Também questionou o preço de € 20/kg e perguntou qual a garantia de continuidade. Nesse sentido

informou sua insatisfação a respeito do trabalho com a fibra do coco, sendo um comércio de baixo potencial de escala. No final, deixou claro que as empresas alemãs não querem saber de eventuais riscos ambientais e dos embaraços comerciais subsequentes.

No momento, Mercedes Benz importa da Ásia 30% e do leste Europeu 40% dos têxteis internos dos automóveis, como produtos semiacabados, para montagem direto nos carros na linha de fabricação.

O contato com Porsche foi por telefone e muito curto, logo passando a oferta para os fornecedores de peças têxteis internas. A empresa deixou claro, o seu desinteresse de negociar com mais um fornecedor externo.

Pela empresa VAUDE, de equipamentos de trilha (outdoor), como casacos, luvas e botas de frio e sacos de dormir, o contato explicou que estava usando Kapok e sugeriu encaminhar a fibra a granel aos seus fornecedores da China, Tailândia e Malásia. Eles usam as fibras do Kapok para o estofamento a granel. Esta empresa familiar também estava envolvida na produção no Sudeste asiático.

As empresas Bosch e Schlaich-Bergemann mostraram total desinteresse em produto a granel, pedindo amostras em forma de mantas, para poder fazer os primeiros testes. A consolidação das primeiras mantas foi alcançada pela empresa Fibertech, com estrutura física de trabalho com fibras naturais. Eles misturaram 30% de fibras termoplásticas ao Amazon-Kapok para a fusão sob aplicação de calor e pressão, para produzir a consistência de feltro.

O órgão governamental BioPro – Baden Württemberg mostrou muito interesse em apoiar o material para a Bioeconomia, mas necessitavam de vínculo a uma Universidade estadual. No DITF, o material foi examinado e julgado de interesse, especialmente com a perspectiva de aumento da demanda nos carros elétricos, cuja produção está sendo intensificada.

O Kapok-Kontor, que vende as fibras no atacado, recebe as fibras de Kapok de Sri-Lanka, onde familiares têm negócios de produção e beneficiamento de fibras. São volumes pequenos, pois, não se consegue escala para uma aplicação industrial. A qualidade das fibras chamou a atenção, pela sua compactação em lâminas, nos fardos de 100 kg.

Em geral, as montadoras na Alemanha preferem produtos e processos conhecidos, pelo fato que qualquer alteração de insumo provoca custos de ajustes na linha de produção. Mudanças ocorrem por razões comerciais, quando um novo produto promete maiores lucros ou outro perdeu a sua lucratividade. Via de regra, alterações substanciais

são provocadas apenas por decisões capitalistas. Mas, a troca de matéria-prima, como p.e. a substituição de fibras sintéticas por fibras naturais, é um processo de longo prazo.

Decisões políticas, de caráter compulsório, atingem segmentos inteiros e não prejudicam apenas um ou outro empreendimento. Desse modo, a legislação ambiental alemã demanda a redução de emissões de gás carbônico e o uso de matéria-prima biogênica. Mas, ainda há resistência em nível europeu. Muito é feito nos setores de geração eólica, hídrica e solar. Mas também, e não menos importante, é dada ênfase na redução do consumo de energia.

A parte mais óbvia de conservação de energia trata do isolamento térmico, que se tornou obrigatório, pelo ordenamento alemão de economia de energia (“Energiesparverordnung - DIN 4108”, com o capítulo de preservação de calor e economia de energia em prédios (“Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden”).

Resultados científicos recentes demonstram que os materiais isolantes sintéticos emanam solventes que degradam a qualidade do ar e a salubridade nos espaços internos (SPRITZENDORFER, 2019; KHAMMAS, 2020). Há um forte movimento para substituir isolamento térmico de materiais sintéticos por matéria biológica. É um mercado competitivo e exigente no que se refere à qualidade de novos materiais e contenção de custos. Com a finalidade de contrapor as mudanças ambientais globais, a Nova Bioeconomia ganha importância (ANDRADE, 2017). Para fazer jus ao novo senso ecológico, torna-se moderno o uso de fibras naturais.

No que se refere ao mercado Fair Trade, ele ainda é pouco difundido entre empresas de transformação. 30% de empreendimentos que se preocupam com Fair Trade são diretamente envolvidos com a comercialização no atacado ou varejo. Ficou nítido, que a principal responsável pela realização do comércio justo é a decisão do consumidor final. Ele aceita ou não pagar o preço para obter o selo “Fair Trade”.

Referente ao Amazon-Kapok, os requisitos qualitativos mais importantes foram de ordem física, no que se refere à sua condutividade térmica. Do ponto de vista químico-biológico, o mercado requer produtos biodegradáveis, mas duráveis. Interesse específico foi no sentido das propriedades do Amazon-Kapok, de ser disponível, hidrofóbico, isolante térmico e antibacteriano.

Os resultados mostram a importância da sondagem e análise dos requisitos do mercado alemão. É importante considerar a visão do mercado (WEISS *et al.*, 2017), esquecida em muitos projetos de cadeias produtivas na Amazônia. Eles exigem requisitos de ordem física, química e biológica que determinam a demanda do mercado, mesmo que um material apresente múltiplas utilidades.

Dessa forma, identificou-se a restrita viabilidade econômica da exportação de fibras naturais a granel. Nas indústrias alemãs existem limites de rentabilidade de processos de manufatura, devido à escassez da mão de obra simples ou pouco qualificada para a transformação de matéria prima em massa. Processos em menor escala encontram resistência.

Os fatores determinantes para o Amazon-Kapok são, em primeiro lugar, o seu custo, em comparação a produtos semelhantes. Em todas as entrevistas, a questão dos custos foi a preocupação primária. Mas, como um produto inovador pode ser competitivo? Muito tem a ver com a atual situação política, bem como com condições e fatores determinantes para a aceitação de um novo material.

Nesse respeito, a ênfase em ecoeficiência e a procura de meios de controle das alterações climáticas fez com que a Alemanha escolhesse a Bioeconomia como palavra de ordem. Como comprovam as demonstrações internacionais contra as queimadas na Amazônia, em agosto de 2019, a comprovada influência dos seus serviços ambientais está ganhando importância.

Esta recente percepção da dependência climática do mundo pode ser aproveitada para reivindicar a abertura de mercados para produtos naturais, em troca da manutenção da floresta em pé.

No campo de energia aposta-se em água, vento e sol, além dos meios de economia, através da diminuição de desperdício. Cobra-se cada vez mais eficácia do isolamento de espaços com aparelhos de ar-condicionado, para melhor manter a discrepância das temperaturas interna e externa (KHAMMAS, 2020).

Devido à mencionada contaminação do ar interno por solventes orgânicos oriundos de plásticos, a substituição do material sintético por biogênico será de grande monta, da mesma forma como foi a substituição do Asbesto durante os últimos anos. Nesse respeito, é importante garantir a disponibilidade em escala industrial do material substituto, que tenha propriedades isolantes termoacústicas comparáveis às dos polímeros derivados do petróleo.

Atuais demandas em fibras naturais têm os seus fornecedores e logísticas definidos. O Kapok é fornecido por países do Sudeste Asiático em baixo custo. A embalagem é preparada em fardos prensados de um metro cúbico de ~100 kg. Toda a cadeia de fornecimento está adaptada para receber esta matéria-prima de um fornecedor definido.

Além disso, a maioria das indústrias até externalizam a sua manufatura em países de baixo custo, mesmo sem promover a melhoria da qualidade de vida neles devido ao trabalho mal pago. Se essas empresas aproveitadoras deixam o local, a população morrerá

de fome. Por outro lado, o espírito protecionista internacional do mundo globalizado dificulta a introdução de novos fornecedores.

Atualmente, as economias avançadas se aproveitam das condições de pobreza de países asiáticos como fornecedores de produtos e insumos baratos, gerando milhares de postos de trabalho com remuneração mínima adequada. Não são empregos, pois empregados têm direitos. Menos direitos trabalhistas, menos requisitos ambientais e menor carga tributária, transformam estes locais mais populosos da terra em paraísos de manufatura (HELTMANN, 2017).

Ainda que as economias avançadas demandem produtos e insumos com valor agregado, os fornecedores competem entre si, permanecendo a questão do menor custo, que rege o mercado globalizado. Difícil é cogitar o Amazon-Kapok disputar a economia com o Kapok da Ásia, que coincide com condições de produção desumanas, gerando situações de escravidão moderna. A concorrência com os materiais sintéticos também é desleal, devido aos seus custos baixíssimos.

Ouvimos o discurso de preservação ambiental e substituição dos polímeros por matéria natural. Mas, atrás disso, continua a pressão pelo mais barato. A aceitação alemã de chamar de produto natural mesmo a mistura com 30% de sintéticos, é nesse sentido. Prevalece o mais barato, esquecendo o discurso ecológico. Vale inovar, pois, na concorrência conta somente o menor preço. Dizem que seria impossível inventar outras regras.

O Commonwealth, onde se incluem os países de antigas colônias tropicais da Grã-Bretanha, se beneficiava de incentivos fiscais de exportação à Europa. A América Latina tinha perdido competitividade para vender seus produtos na Europa. Portanto, o BREXIT, o abandono da União Europeia pela Grã-Bretanha pode restaurar uma competição mais justa do Commonwealth com os países da América do Sul.

O BREXIT é um pesadelo para o mercado europeu, pelas necessárias modificações e adaptações. Depois da vitória dos Conservadores na eleição parlamentar em dezembro 2019, a realização dessa separação torna-se mais dinâmica. Com o BREXIT, a UE perde o seu fornecedor de produtos manufaturados baratos.

A nova Bioeconomia trata de uma combinação de cadeias de valor. A produção primária, beneficiamento e fornecimento de matéria-prima é distinta do processo de manufatura e montagem. Ainda há aquele intermediário da logística (armazenamento, transporte e distribuição) que, finalmente transforma a mercadoria em valor monetário. Junto ao retorno financeiro, as cadeias de valor formam ciclos produtivos interdependentes, interligadas pelos requisitos dos consumidores finais.

No mesmo momento, a União Europeia decidiu promover a E-mobilidade. Um novo mercado se cria na indústria automobilística. A meta da União Europeia é de diminuir em 37,5% a emissão de CO₂ dos carros novos até 2030. Nesse âmbito está sendo promovido a E-mobilidade, obrigando a indústria automobilística a produzir cada vez mais automóveis de propulsão elétrica (FREY, 2011).

No entanto, esses carros têm que manter o conforto térmico nos invernos frios, da mesma forma como os veículos convencionais. Só que, carros elétricos não contam com o calor residual do motor a combustão. Portanto, para aquecer a cabine deve ser usada energia, em concorrência à propulsão. Com a finalidade de controlar esse consumo, precisa de isolamento eficaz e cada vez mais leve (FREY, 2011).

Uma propaganda de 1962 demonstra que já houve a ideia de produzir mantas termoacústicas com Kapok (Figura 29). Nesse caso se trata de mantas isolantes com Kapok asiático há 57 anos. Naquela época, o fornecedor não teve sucesso, provavelmente, devido à gratuidade do aquecimento do carro com o calor residual do motor a combustão. Para outras aplicações, era difícil garantir a disponibilidade da matéria-prima de elevado custo.

Figura 29 - Propaganda de CEIBALINE de 1962, uma manta termoacústica a partir do Kapok da Ásia, para isolamento de carros de passeio.

MOTOR SPORT 142 MARCH 1962

Ceibaline

your car (IT'S SELF-ADHESIVE)
—and drive in a quietness you never knew before!

BELOW THE DASHBOARD
reduces engine noise and vibration.

UNDER THE BONNET
cuts condensation, makes starting easier.

IN THE BOOT
reduces engine, transmission and road noise.

UNDER THE MATS
softens tread, insulates against transmission noise.

CEIBALINE!
—the new Kapok lining material will insulate your car against engine and transmission noises, drumming and other distractions, as well as giving protection against condensation.

Here is the ideal do-it-yourself kit for the up-to-date car owner, to provide a new protection against noise, vibration and draughts, and greatly improve the comfort and pleasure of driving.
Self-adhesive CEIBALINE fits under carpets, in the boot, below the dashboard or under the bonnet—wherever it is needed. You can cut it with ordinary scissors—using your car mats or a piece of brown paper as a template.

ONLY 84/-

Ceibaline

Order from Muller's, or from your local garage. For dealer and full particulars, write to:
KAPOK LTD - INSULATION DIVISION - NORTH ACTON ROAD - LONDON - N.W.10 - Telephone ELGAR 8888

CEIBALINE ACOUSTIC AND THERMAL INSULATION IS MADE FROM FLAME-PROOF, HYGIENIC KAPOK FIBRES—THE BEST AND MOST ECONOMICAL INSULATOR FOR YOUR CAR

<https://www.ebid.net/uk/for-sale/ceibaline-acoustic-thermal-insulation-1962-original-magazine-advert-ref-821-87848765.htm>

Nos anos 60, coincidia com o início do sonho de consumo de soluções plásticas devido à sua resistência a microrganismos e elevado isolamento térmico, além da sua infinita disponibilidade. Polímeros foram considerados mais modernos. A preocupação com as consequências da economia de petróleo era nula, pois, ninguém imaginava os efeitos maléficos.

2.3.2 Beneficiamento da Paina

Após separação manual das sementes da paina primária (PP) extraída do fruto, as fibras ainda demonstram um certo ordenamento de sua condensação dentro do fruto (Figura 30).

Figura 30 - Kapok – as fibras da paina de *Pseudobombax munguba*, após separação manual das sementes, sem expansão eólica (ordenado).



Fonte: Keppler, 2017

Mesmo assim, a PP já têm a maciez e leveza do Amazon-Kapok. Esta ordem pode ser quebrada através de tratamento de turbulência eólica, onde as fibras são aceleradas em corrente de ar e aumentam o seu volume em ca. 10 vezes. As fibras resultantes ficam expandidas com comprimento de 35 a 50 mm. Pelo tratamento cria-se 10% de fragmentos com comprimento menor, de 15 a 30 mm. O conjunto de fibras se apresenta homogêneo (Figura 31).

O beneficiamento de um saco de rafia de 50 L, com paina primária - PP a partir de 100 frutos, com peso total de 6873 g resultou em volume de 10 sacos de ~40 L e peso médio de Amazon-Kapok de 307 ± 42 g.

Figura 31 - Amazon-Kapok – as fibras finas beneficiadas de *Pseudobombax munguba*, após separação mecânica das sementes e expansão eólica.



Fonte: Keppler, 2018

O peso médio de PP por fruto foi de $68,7 \pm 7,96$ g. A máquina teve uma recuperação de 6055,00 g, somando uma perda total de 818,0 g ou 11,9%. Esse desfalque é oriundo de perdas de fibras e sementes no processo e, em primeiro lugar, da emanção de umidade e substâncias voláteis não especificadas.

No final do beneficiamento, foi produzido por fruto $25,1 \pm 4,19$ g de Amazon-Kapok e $35,5 \pm 4,52$ g de sementes, somando $60,6 \pm 7,01$ g. Isto corresponde a 88,10% da PP, inicialmente aplicada (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultados do beneficiamento da paina da árvore *Pseudobombax munguba*; PP = paina primária, AK = Amazon-Kapok, Sem. = sementes, f. = fruto, dp = desvio.

| n = 100 | média | dp |
|---------------|-----------|--------|
| PP/f. (g) | 60,55 ± | 7,014 |
| AK/f. (g) | 25,07 ± | 4,186 |
| Sem./f. (g) | 35,48 ± | 4,516 |
| Sem. contagem | 1612,73 ± | 205,29 |
| AK/PP (%) | 36,40 ± | 0,04 |

O principal resultado do beneficiamento foi a produção de Amazon-Kapok, de 2.507 g, junto a 3.548 g de sementes, a partir de 100 frutos. A PP fresca dos 100 frutos que pesou 8,24 kg logo após a extração. Esse peso diminuiu a 6,87 kg em 15 dias de

estocagem em local protegido ao ar livre. Isso representa uma perda por evaporação de 16,67%.

O beneficiamento da paina é o processo decisivo para a produção do Amazon-Kapok. Especialmente importante é a expansão da fibra, que compreende a volatilização do produto biogênico líquido e soltura das fibras. A máquina desenvolvida neste trabalho é inédita, para o beneficiamento de paina e aguarda patente.

O tratamento dado ao Kapok da Ásia, com separação mecânica das sementes é copiado do tratamento de algodão e danifica as fibras delicadas. Depois, a elevada pressão para a produção de fardos traz mais prejuízos ao material, levando à formação de estruturas laminares de difícil soltura. Esse fato foi confirmado pelo gerente do Kapok-Kontor, em Rottenburg (Alemanha), Sr. Denis Seehaver.

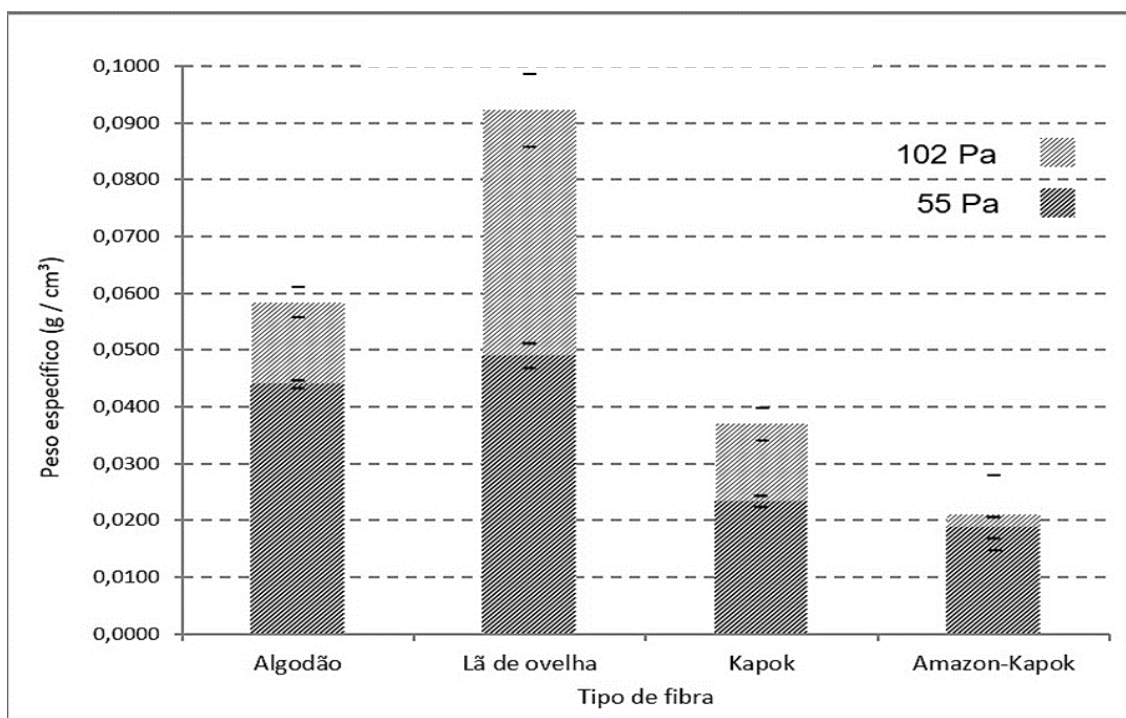
2.3.3 Avaliação física e química

As fibras do Amazon-Kapok aparecem em enorme volume e representam massa pequena, o que levou à falta de material para determinações gravimétricas, como p. e. a cinza. Outro inconveniente foi a hidrofobicidade das fibras, que inibiu o pleno contato de líquidos e dificultou os ensaios, no processo de digestão.

Densidade específica

A densidade específica do Amazon-Kapok, sob leve pressão de 0,56 kP, foi de 0,0188 g/cm³ ou 18,8 kg/m³. Dobrando a pressão para 1,04 kP, a densidade foi medida em 0,0211 g/cm³ ou 21,1 kg/m³. Em comparação, lã de ovelha era a fibra mais pesada, com 0,0491/0,0922 g/cm³ 49,1/92,2 kg/m³, algodão com 0,0441/0,0584 g/cm³ 44,1/38,4 kg/m³ e Kapok asiático com 0,0234/0,0370 g/cm³ ou 23,4/37,0 kg/m³ (Figura 32).

Figura 32 - Densidade específica de quatro fibras naturais; algodão, lã de ovelha, Kapok e Amazon-Kapok, sob leve pressão de 55 e 102 Pa.



Fonte: Keppler, 2019

A diferença da densidade específica dos maços de fibras com pressão de 55 e 102 Pa do Amazon-Kapok foi de 10,84%, Kapok asiático 36,60%, algodão 24,45% e lã de ovelha 46,79%.

Foi observado que os pelos da lã de ovelha carregavam a pressão de 5,66 g/cm² enquanto as outras fibras mostraram considerável adensamento. O Kapok asiático fornecido em fardos pressurizados tinha criado estruturas laminares, com dificuldades de se soltar em fibras livres. Somente o algodão e o Amazon-Kapok tiveram a propriedade de formar recheios homogêneos.

Caraterização química

Mesmo encaminhado um grande volume, a massa entregue era insuficiente para resolver todas as análises pretendidas. Especialmente as cinzas, que não foram determinadas por causa de sua massa final, praticamente indetectável. A medição das cinzas precisava o dobro da massa fornecida. Mesmo assim, as mais importantes análises foram feitas com sucesso.

Em comparação ao teor de celulose das fibras de algodão de 94% (Tabela 5), percebe-se que as fibras do Amazon-Kapok são compostas de apenas 38,3% celulose e hemiceluloses (30,1%) menos rígidos. Isto resulta em fibras com menor força a tração. O maior conteúdo de lignina do Amazon-Kapok (20%), em comparação do algodão (0,8%), proporciona maior rigidez. A quantidade de ceras do Amazon-Kapok (3%) explica a

repelência da água, quando o algodão (0,6%) molha e precisa ser tratado para se tornar extremamente hidrofóbico.

Tabela 5 - Composição de fibras de algodão e Amazon-Kapok (%).

| Compósito | Algodão | Amazon-Kapok |
|------------------|----------------|---------------------|
| Celulose | 94,0 | 38,3 |
| Proteínas | 1,3 | 3,8 |
| Cinzas | 1,2 | n.d. |
| Hemiceluloses | 0,9 | 30,1 |
| Lignina | 0,8 | 20 |
| Ceras | 0,6 | 3 |
| Não dosada | 1,2 | 4,8 |
| TOTAL | 100 | 100 |

O Amazon-Kapok é uma fibra natural com 64,4% de açúcares estruturais (Tabela 6), quando algodão tem 94%. Da massa total 20% são ligninas e 3% foram atribuídos aos compostos solúveis em etanol (ceras). A fração de proteínas é de 3,8 % e a massa não dosada de 4,8%, que se explica pelas partes voláteis e cinzas, que não foram determinadas, por causa da falta de material.

A composição dos açúcares estruturais é de 38,3% de glucanos, que foram atribuídos à celulose I (Tabela 6). As hemiceluloses foram calculadas a partir do xilano e dos outros açúcares em menor participação, galactano e rhamnano. arabinanos não foram determinados. A parte de acetilados, de 5,5% e os ácidos urônicos com 0,7% caracterizam a hemicelulose (Tabela 6).

Tabela 6 Constituição de açúcares estruturais de Amazon-Kapok.

| Açúcares estruturais | Massa [%] |
|-----------------------------|------------------|
| Glucano | 38.3 |
| Xylano | 22.5 |
| Arabinano | 0.2 |
| Galactano | 0.5 |
| Mannano | n.d. |
| Rhamnano | 0.7 |
| Acetylados | 5.5 |
| Ácidos Urônicos | 0.7 |
| Soma | 30,1 |
| TOTAL | 68.4 |

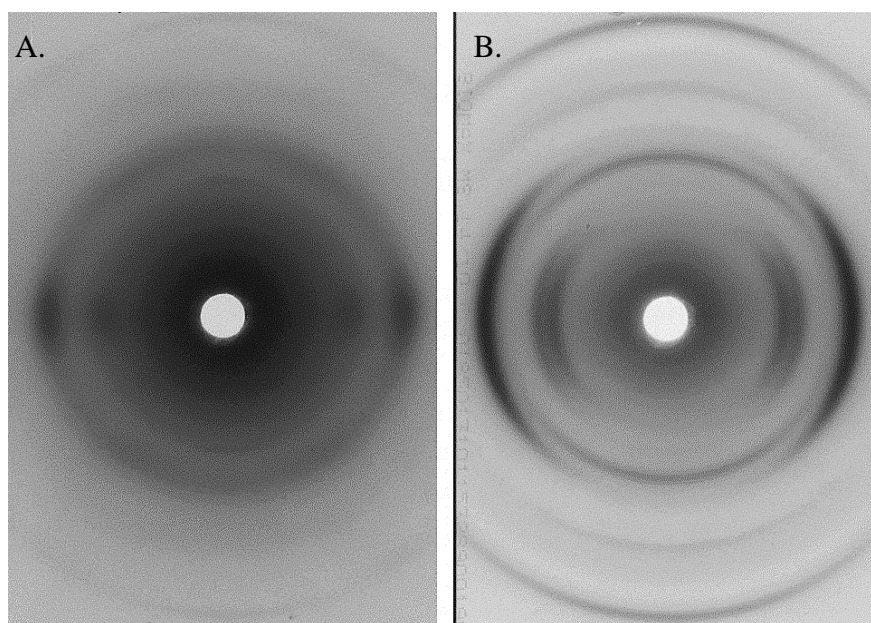
Através da composição de açúcares foi quantificado a celulose e hemiceluloses (Tabela 6). Destaca-se na hemicelulose o elevado teor de xilano (22,5%), que foi

identificado também na análise do Kapok da Ásia. Em geral, identificamos similaridade com diversas análises de diferentes tipos de Kapok (CHAIARREKIJ *et al.*, 2012, DRAMAN *et al.*, 2014, PURNAWATI *et al.*, 2018). Para tanto, se justifica o nome Amazon-Kapok, para essa paina de uma árvore pertencente à mesma subfamília (Bombacoideae) das outras paineiras.

Difração de raio-X

A difração de raio-X, revela a estrutura molecular da celulose como biopolímero e indica o grau de sua cristalização ou estabilidade. Isto é importante, caso o Amazon-Kapok venha a ser aproveitado, como fonte de celulose, para sínteses de outros materiais. Dependendo da densidade eletrônica os feixes de raio-X são desviados em ângulos, de acordo com a sua estrutura molecular. O melhor exemplo é a descoberta da Alfa-hélice do ADN.

Figura 33 - Imagens de difração raio-X; A. Amazon-Kapok e B. fibras de algodão.



Instituto Fraunhofer - IAP, Prof. Fink., 2018

A intensidade dos anéis de difração do Amazon-Kapok é significativamente menor que a do algodão. Ambas as fibras (Amazon-Kapok e algodão) apresentam cristalização na estrutura da celulose-I (Figura 33).

Os reflexos são menos nítidos (especialmente em (1-10) e (110)). A dispersão amorfa do Amazon-Kapok é maior à do algodão, devida ao grau mais baixo de cristalinidade que se reflete na dispersão mais fraca das áreas cristalinas perceptíveis.

As posições angulares de 2θ dos reflexos principais também diferem. Em (1-10) e (110) os planos de rede estão em $\sim 15,7^\circ$ e $17,4^\circ$, ângulos 2θ ligeiramente mais altos que nas fibras de algodão ($\sim 14,9^\circ$ ou $16,6^\circ$).

O reflexo principal (020), por outro lado, é algo menor no ângulo de 2θ e mudou em $22,2^\circ$ (fibra de algodão $\sim 22,7^\circ$). Esta observação pode ser explicada pela baixa resolução dos reflexos das fibras do Amazon-Kapok. Então, sobreponha p. ex. os planos de rede (1-10) e (110) a $14,9^\circ$ e $16,6^\circ$ (no algodão), para formar um máximo médio de $15,7^\circ$. Nas áreas cristalinas, as fibras do Amazon-Kapok são melhor orientadas, comparadas às do algodão, como mostrados pela distribuição da intensidade azimutal dos reflexos equatoriais da difração (Figura 33).

As fibras do Amazon-Kapok mostram menor tamanho de cristalitos, devido aos máximos de intensidade equatorial muito difusos nos planos de rede (1-10) e (020) e possuem uma extensão azimutal menor que as fibras do algodão. No caso das fibras de algodão, elas são de alta intensidade e de boa resolução, mas mostram uma distribuição azimutal muito mais ampla além do equador.

Para caracterizar a orientação com mais detalhes, foram realizadas varreduras azimutais dos anéis de difração feitas com a ajuda do programa de edição de imagem "Image J" e plotado pelo programa Origin. A Figura 34 mostra estas varreduras.

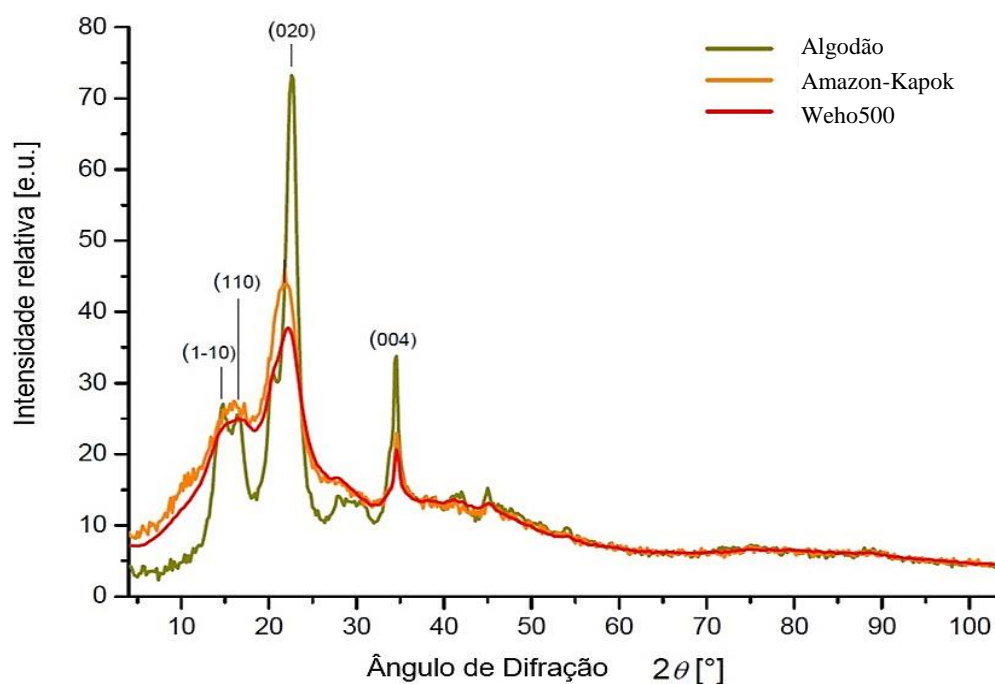
Para avaliar melhor o grau de cristalinidade, as difratogramas de raio-X foram corrigidas para extinguir difração parasitária, absorção, polarização e difração Compton e normalizadas em unidades de elétrons (e.u.). As difratogramas foram calculadas e corrigidas (sem dedução do fundo amorfo).

O tamanho dos cristalitos do Amazon-Kapok apenas pode ser detectado com certa incerteza, devido à baixa resolução e intensidade dos reflexos. Desse modo estima-se os tamanhos dos cristalitos das reflexões laterais de ~ 3 nm e, portanto, menores que os das fibras de algodão (4 – 5 nm).

A cristalinidade e o tamanho dos cristalitos se refletem na rigidez do tipo de celulose. Para tanto, infere-se que a celulose do Amazon-Kapok é mais elástica, adaptando-se às solicitações pelas forças dos ventos e correnteza da água. O algodão, pela sua dispersão mecânica, apresenta maior rigidez e estabilidade.

O Amazon-Kapok mostra uma curva de dispersão semelhante à fibra de Weho500 (palha). A indexação os reflexos modificados (1-10), (110), (020) e (004) da celulose-I são parecidas (Figura 34). Também é possível ver a dispersão amorfa muito alta de até $2\theta \sim 23^\circ$ menor intensidade e resolução de difração, comparada com a fibra de algodão (Figura 34).

Figura 34 - Difratoograma de raio-X corrigida de Amazon-Kapok, algodão e Weho500.



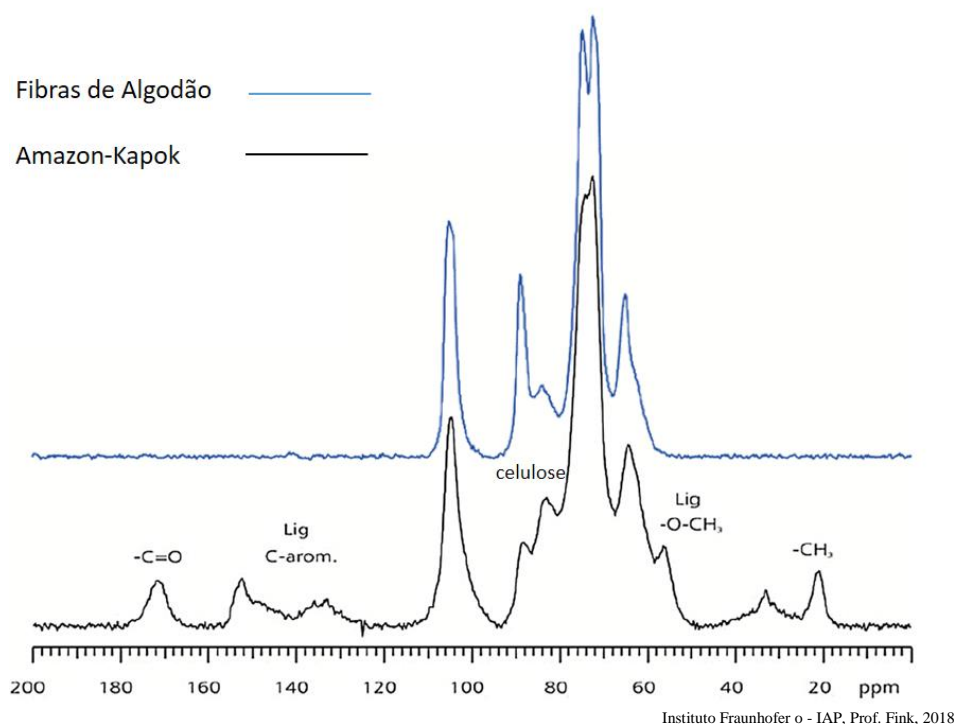
Instituto Fraunhofer - IAP, Prof. Fink, 2018

O percurso da difração da celulose do Amazon-Kapok apresenta intensidades muito similares às da celulose da madeira standardizada (WEHO 500) e em comparação com a celulose do algodão mostra diferenças na cristalinidade. Essa similaridade deve estar ligada à estrutura celular oca das fibras do xilema (madeira) e do Amazon-Kapok. A celulose das fibras do algodão, que são estruturas criadas a partir do tegumento da semente, se diferencia da celulose do Amazon-Kapok.

Não foi possível determinar o grau de cristalinidade do Amazon-Kapok de acordo com o método Ruland-Vonk, porque as fibras do Amazon-Kapok não consistem de celulose pura, mas contêm outros polímeros amorfo, como lignina e hemiceluloses, cuja dispersão amorfa não pode ser determinada. Estimado a partir da altura do pico do reflexo principal (020), o grau de cristalinidade das fibras de munguba é de ~ 25%.

Espetro de Ressonância nuclear

O espectro do Amazon-Kapok é muito complexo. O componente principal é a Celulose I, mas com uma cristalinidade significativamente menor que no algodão. Os sinais adicionais na faixa de 120 a 160 ppm (carbonos aromáticos) e a de 56 ppm (-OCH₃-Grupos) estão claramente atribuídos a lignina. Os sinais a 172 ppm (-C = O) e 21 ppm (-CH₃) são atribuídos a grupos acetil, provavelmente da hemicelulose (xilana). Também poderia ter ocorrido acetilação subsequente, no entanto não seria distinto no espectro (Figura 35).

Figura 35 - Espectros ^{13}C -CP / MAS de fibras de algodão (acima) e Amazon-Kapok.

Os sinais (picos) mais expressivos em 64, 70-75 e 104 ppm são atribuídos às moléculas do solvente da medição. Eles foram desconsiderados na leitura do espectro.

A composição do algodão (linha superior) mostra a celulose I, com a característica divisão da linha C-4 em uma fração cristalina a 89 ppm e uma parte amorfa a 84 ppm. Além da celulose I, não podem ser reconhecidas outras substâncias no espectro das fibras do algodão.

O espectro do Amazon-Kapok é mais complexo. O componente principal também é a celulose I, mas, com uma cristalinidade significativamente menor. Os sinais adicionais na faixa de 120 a 160 ppm (carbonos aromáticos) e 56 ppm (-OCH₃- Grupos) são atribuídos a lignina (Figura 35). Os sinais a 172 ppm (-C = O) e 21 ppm (-CH₃) são de grupos acetilados de hemiceluloses.

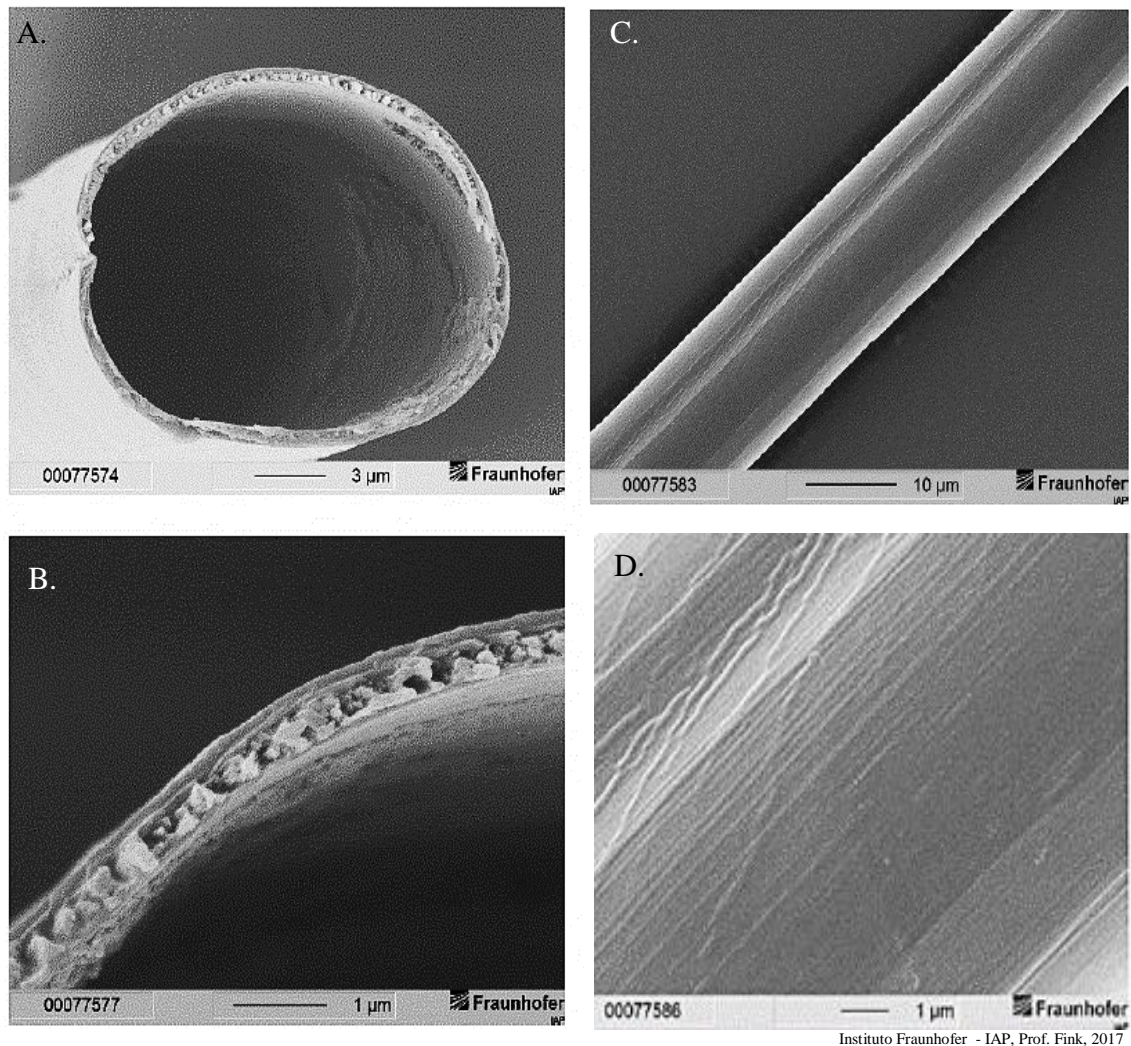
Para a medição da viscosidade com um viscosímetro capilar, tentou-se suspender o Amazon-Kapok em Cu-Etileno Diamina (CED). No entanto, as fibras mostraram forte hidrofobicidade e repulsa à solução aquosa de CED, impossibilitando a medição da viscosidade.

Caraterização microscópica

A microscopia eletrônica revela a morfologia dos filamentos das fibras do Amazon-Kapok. A estrutura da fibra com comprimento de 35 a 50 mm e diâmetro de 14-16 μm é oca (Figura 36A). Ela é similar à Fibra do Kapok da Ásia, com porosidade intrínseca de mais que 80% (ARUMUGAM, 2014 ASTRAL, 2019). A parede de fibra é constituída

por três camadas, com espessura total de 0,7 μm . Distingue-se a camada lisa externa de material plástico, provavelmente de ceras de 0,2 μm . Existe nítida separação da camada fibrosa central de 0,35-0,4 μm e de um revestimento liso interno de 0,15 μm , provavelmente de hemiceluloses (Figura 36B).

Figura 36 - Imagens eletro-microscópicas de varredura (MEV), de fibras da paina de *Pseudobombax munguba*. A. Face de cria-fratura da fibra, B. Cria-fratura da parede, C. Sulco na parede lisa e D. Estrutura superficial na cera externa.



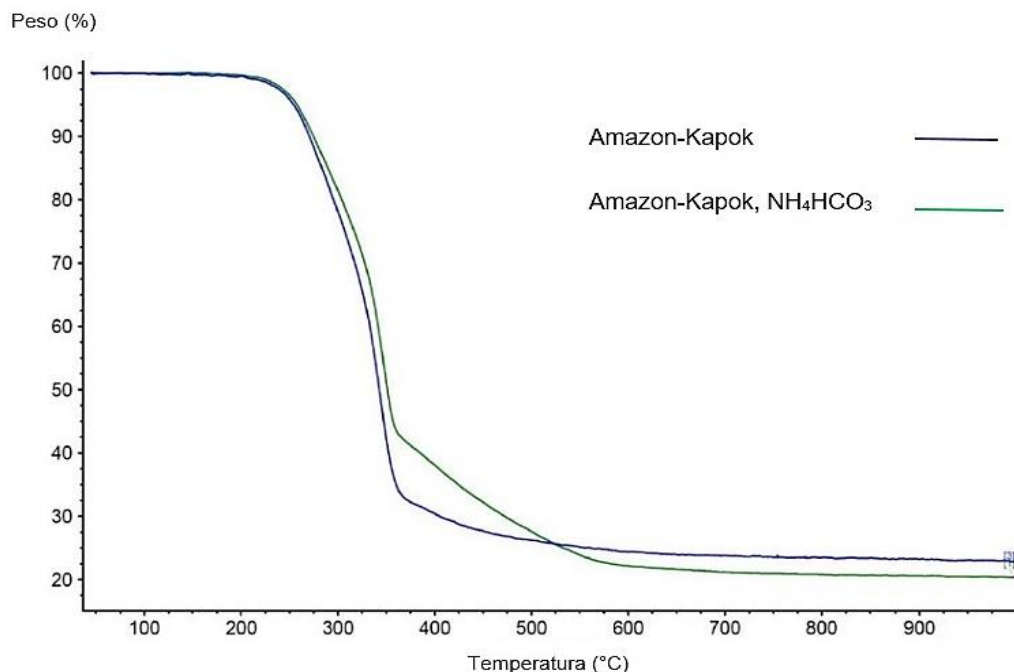
Instituto Fraunhofer - IAP, Prof. Fink, 2017

A parede da fibra do Amazon-Kapok apresenta um sulco (Figura 36C), que parece ser oriundo de sua gênese. Além disso, a superfície externa é levemente rugosa, (Figura 36D). Uma rugosidade similar é conhecida nas cutículas vegetais, que são revestimentos de ceras, para fins de impermeabilização. Essa camada externa é responsável pela hidrofobicidade da fibra (MATTHES e STREICHER, 1913, DRAMAN *et al.*, 2014).

Carbonização

A estrutura oca e a espessura da cera de 200 nm (Figura 36B), junto ao conteúdo de lignina de 20% (Tabela 5), chamou a atenção e o interesse na estrutura resultante da carbonização.

Figura 37 - Diagrama termogravimétrico do Amazon-Kapok puro (*Pseudobombax munguba*) e com tratamento de bicarbonato de amônio (abaixo).



DITF, Dr. Frank, 2018

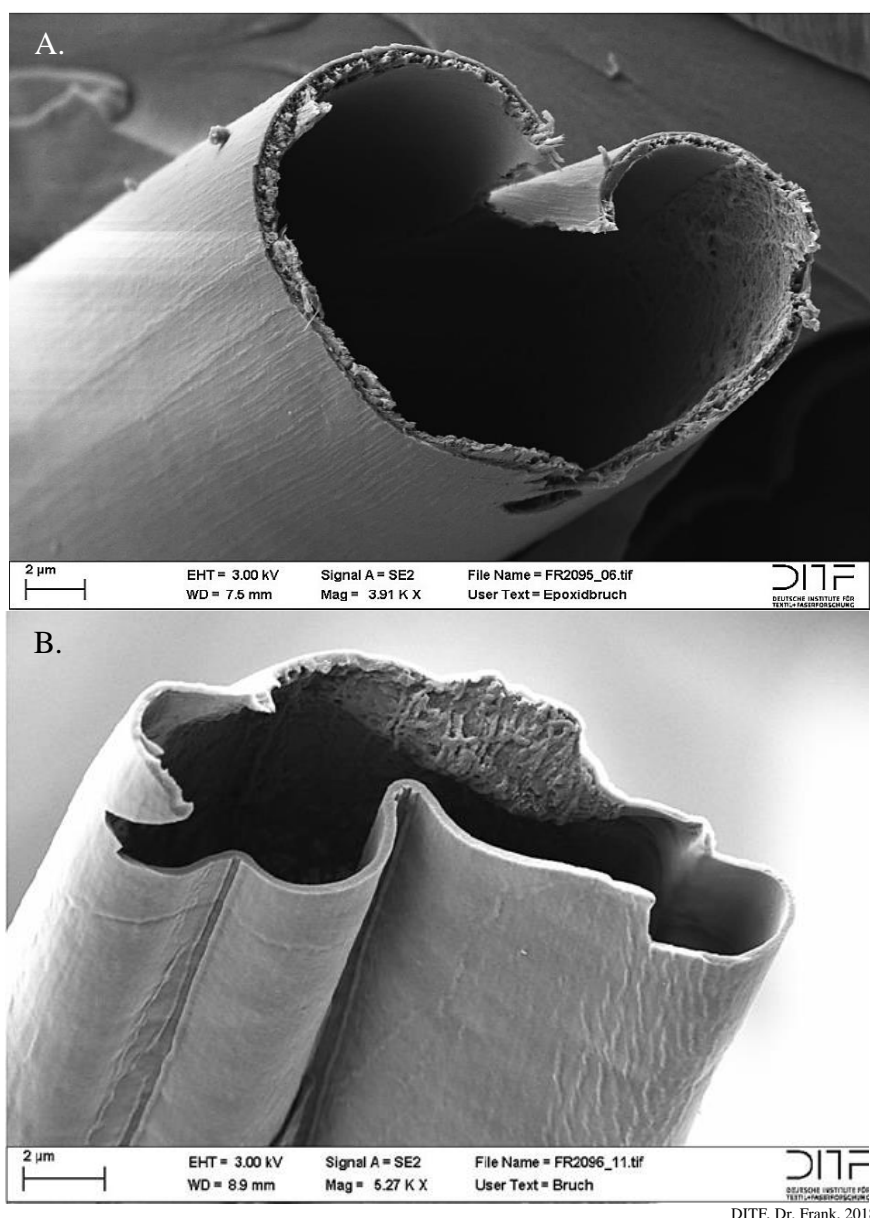
A análise termogravimétrica (TGA) comprovou uma estabilidade térmica do Amazon-Kapok, até 250°C. Após a súbita perda de massa até 32,5%, em 350°C, segue uma diminuição do peso, até 21% em 600°C (Figura 37). Isso está de acordo com TGAs efetuadas com Kapok da Ásia (DRAMAN *et al.*, 2014, PURNAWATI *et al.*, 2018).

O tratamento, com bicarbonato de amônio como acelerador de carbonização teve pouco efeito. Pelos cálculos teóricos da massa de carvão pós-pirólise, a partir do teor de carbono, foi de 44%. No entanto, os resultados reais contam com massa residual de apenas 21%, o que apresenta a metade da massa esperada (Figura 37). Nesse respeito, foi alegado que compostos voláteis foram sintetizados, que emanaram a partir de 350°C.

As imagens eletro-microscópicas do Amazon-Kapok, com outro processo preparatório, confirmam os resultados de fibra oca, com diâmetro de 14-15 µm e parede de três camadas; superfície externa com rugas longitudinais, envolvendo uma camada fibrosa mais espessa que, por dentro, tem acabamento liso de menor espessura (Figura 38A).

Após a carbonização do Amazon-Kapok, a estrutura oca é preservada, com espessura de parede de 1 µm, de carvão endurecido e quebradiço (Figura 38B).

Figura 38 - Imagens eletro-microscópicas de varredura (MEV), de fibras da paina de *Pseudobombax munguba*. A. Epóxi-fratura da fibra, B. Epóxi-fratura da fibra carbonizada.



O vão central de 13-16 µm sob leve pressão de 100 Pa, provoca baixa densidade específica das fibras do Amazon-Kapok de 0,02 g/cm³. A mesma densidade foi determinada para fibras soltas em amostras de Kapok asiático, para ensaios de atenuação acústica por XIANGA *et al.* (2013). Pela nossa metodologia, a densidade específica de fibras de algodão, com 0,05 g/cm³, é 2,5 x maior. Para fins de comparação, encontrou-se somente dados referentes à massa total, que trata apenas do peso da parede. A partir do peso conhecido dos fardos prensados, VOUMBO *et al.* (2010) estimam a densidade das fibras do Kapok da Ásia em 5-40 kg/m³.

O procedimento de pesagem sob baixa pressão aqui descrita é um método novo. Portanto, o mesmo deverá ser melhorado com a finalidade de sua descrição científica e adoção como procedimento normativo.

A composição estrutural por difração de raio-X da palha de aveia, descrita por MWAIKAMBO e ANSELL (2002) é a que mais se assemelha à do Amazon-Kapok. PURNAWATI *et al.* (2018), com fibras de Kapok e Balsa da Malásia, tiveram resultados similares de difração de raio-X, apesar do pico em 004 do algodão, que, visível no Amazon-Kapok, não mostrou significância.

Análises do Kapok da Ásia não deixam dúvidas pela heterogeneidade dessas fibras. CHAIARREKIJ *et al.* (2012) apresentam maiores conteúdos, com 65-70% de celulose I e 10% de hemiceluloses, pois direcionam as fibras para a mistura com a massa de papel. Outros encontram teores de 50% de celulose I e, em torno e 30% de hemiceluloses (DRAMAN *et al.*, 2014). Os mesmos autores reportam que a cor das fibras do Kapok da Malásia é marrom amarelado, semelhante às do Kapok filipino. No entanto, a cor do Kapok vietnamita é amarela-pálida, indicando distintos conteúdos de moléculas estruturais (BYDOON *et al.*, 2017). Os resultados de PURNAWATI *et al.* (2018) das fibras do Kapok de *Ochroma pyramidale* são similares às fibras do Amazon-Kapok.

A diferença da celulose-I do Amazon-Kapok em comparação ao algodão é a sua menor cristalinidade e rigidez. No entanto, a elasticidade dos compostos estruturais das paredes das fibras do Amazon-Kapok é maior que a da fibra do algodão, pela presença de 20% de lignina e grupos acetilados 30,1% (Tabela 5). A suposta elasticidade desaparece frente à mínima espessura das paredes que juntas somam 1,4µm, em comparação com a fibra de algodão de 12 a 45 µm.

No que se refere à carbonização do Kapok da Malásia, DRAMAN *et al.* (2014) apresentam um diagrama termogravimétrico muito parecido, com a súbita perda de massa até 350°C para 35%, seguida por diminuição do peso mais lenta, até 21%, no final da aplicação térmica de 600°C, parecido do Amazon-Kapok.

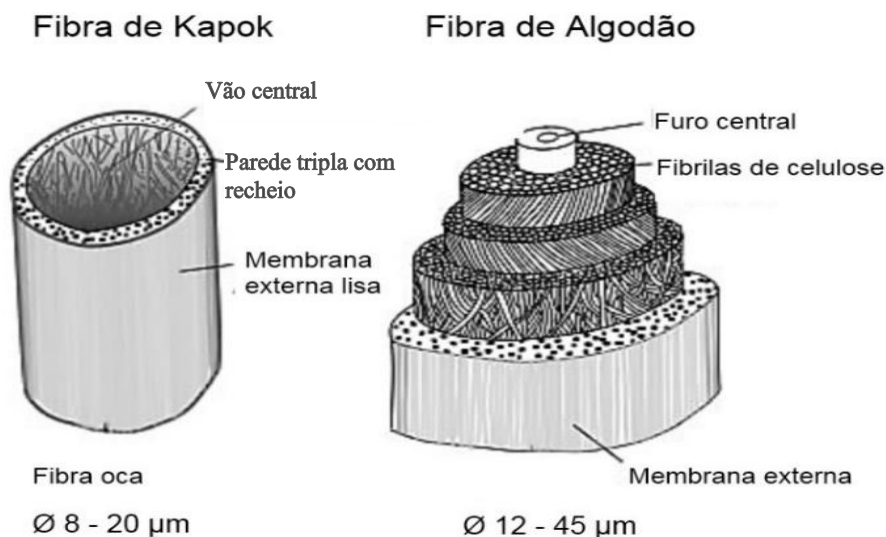
A estrutura molecular e microscópica confere ao Amazon-Kapok uma certa estabilidade biológica. A sua recalcitrância resulta em uma persistência dessa fibra natural, que a ela confere real possibilidade de agregação à estabilidade do solo, como sugerido no primeiro capítulo, em 1.3.1.10.

A manutenção da estrutura rígida em estado carbonizado é algo especial. Dessa forma, resulta um material de carbono com extrema porosidade, útil para o isolamento térmico de temperaturas extremas (Dr. Frank, DITF com. pes.). Por outro lado, seria um meio com extrema extensão superficial carbonácea. Temos a perspectiva de produção de material super-condutivo.

O grupo de pesquisas de novos materiais biogênicos da Universidade de Hohenheim, na Alemanha, investiga a superfície porosa do carvão ativado do Amazon-

Kapok, como material de recheio de cilindros de gás hidrogênio e estocagem em temperatura ambiente (TITIRICI *et al.*, 2015).

Figura 39 - Estruturas básicas de fibras naturais, pelos exemplos do Kapok e algodão.



Isolamento térmico

Em amostras de Amazon-Kapok é possível perceber a extrema maciez das fibras e o efeito isolante térmico, pela imediata sudorese na mão nela introduzida. No entanto, a medição das propriedades isolantes térmicas é realizada em corpos coesos (ROSHAN, 2019). Assim, consolidou-se o Amazon-Kapok em mantas com a matriz de poliéster (Figura 40). Mas, como PRACHAYAWARAKORN *et al.* (2013) apresentam, há possibilidade de usar consolidação termoplástica através de “goma de tapioca”, amido da mandioca (*Manihot esculenta*), para produzir mantas 100% biogênicas.

As mantas de Amazon-Kapok com matriz de 30% de poliéster têm uma condutividade térmica média de $\lambda = 0,0337$ [W/(m*K)], mais alta que as mantas de viscose da Rhodia, com $\lambda = 0,0327$. A fibra oca de poliéster, especialmente desenvolvida pelos DITF, para fins de isolamento térmico, apresentou uma condutividade térmica maior, de $\lambda = 0,0374$ (Tabela 7).

Figura 40 - Manta (40 mm) da paina de *Pseudobombax munguba*, consolidada com 30% de poliéster, ao lado de fibras não tratadas (esquerda).



Fonte: Keppler, 2019

Tabela 7 Resistividade (R) e condutividade (λ) térmica de mantas do Amazon-Kapok, em comparação com duas fibras sintéticas.

| Material | Espessura | Peso <small>(amostra)</small> | R | λ |
|-------------------------------|-----------|-------------------------------|----------------------|-----------|
| | mm | g | m ² x K/W | W/(m x K) |
| Amazon-Kapok/Poliéster (30%) | 25,4 | 113,4 | 0,749 | 0,0339 |
| Amazon-Kapok/Poliéster (30%) | 40,8 | 167,0 | 1,214 | 0,0336 |
| Viscose – Microfibra (Rhodia) | 27,7 | 438,5 | 0,847 | 0,0327 |
| Poliéster – Fibra oca (DITF) | 29,0 | 259,8 | 0,778 | 0,0374 |

A maior resistividade térmica de $R = 1,214 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$ foi medida na manta de Kapok/Poliéster com espessura de 40,8 mm e a menor na manta Kapok/Poliéster de 25,1 mm, com $R = 0,749 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$. Isso mostra que espessura é um parâmetro primordial.

Observou-se, que o peso das duas amostras de mantas do Amazon-Kapok foi significativamente menor (113,4 e 167,0 g/amostra) do que o peso das mantas de fibras sintéticas. A maior densidade foi da Viscose, com 438,5 g/amostra.

A condutividade térmica (λ) do Kapok asiático foi analisada por VOUMBO *et al.* (2010) e AYUGI *et al.* (2011). Eles obtiveram o valor de $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$, pouco acima dos resultados apresentados com 30% de poliéster.

ABDULKAREEM *et al.* (2016) constatam que uma combinação do Kapok da Ásia com outros produtos biogênicos isolantes, como melado de açúcar diminuiria a condutividade térmica. Medidas próprias com mantas de Amazon-Kapok com 30% de poliéster resultaram

em $\lambda 0,034 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. As fibras ocas do Amazon-Kapok e do Kapok da Ásia tiveram o mesmo desempenho. O valor abaixo de $\lambda 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ é a mais baixa condutividade térmica medida em fibras naturais. Assim, o Amazon-Kapok tem menor condutividade que isopor, que é de $\lambda 0,032 - 0,040$ (OEBBEKE, 2019). Portanto, do ponto de vista das propriedades físicas, o Amazon-Kapok representa uma alternativa de origem biológica para a substituição de polímeros isolantes.

A condutividade térmica, medida na manta, mesmo sendo baixa, parece determinada pelo poliéster. Não resta dúvida, que a fibra do Amazon-Kapok, em forma pura tem condutividade menor. Isto já pode ser sentido, pela sensibilidade térmica da mão, dentro da massa das fibras. Para isto, faz-se necessário que mantas com matriz de origem biogênica sejam elaboradas, a fim de manter a baixa propriedade isolante do Amazon-Kapok.

Há uma enorme oferta natural de paina nas várzeas amazônicas que, por não ser usada por ninguém, adquiriu a fama de ser poluente. Um morador do Careiro da Várzea se lembrava que “... houve tentativa de gringos em produzir essa fibra como “False Kapok” (Kapok falso).” Vendo os entraves legais para dificultar a extração de produtos naturais da Amazônia, os americanos largaram a atividade e preferiam atribuir má fama às fibras. Mas, mesmo antes, a população já tinha estabelecido o paradigma, de que se tratava de fibra com inferior qualidade.

Mas, por não encontrar nenhuma serventia para as propriedades das fibras, a coleta do fruto da munguba e a extração da paina, não fazem parte da cultura dos ribeirinhos. Entretanto, ela poderia ser utilizada no isolamento térmico contra o calor da radiação sobre a cobertura metálica das moradias, aquecida pelo sol tropical e isolamento acústica contra o ruído do impacto das chuvas, eventos que interferem na qualidade de vida intradomiciliar nas habitações do interior.

Ainda não se cogitou qualquer isolamento termoacústico embaixo do “zinco” das coberturas tradicionais. Quando revelada a ideia de usar mantas isolantes a partir da paina da munguba, a resposta é que, se prestasse, alguém já teria feito. Isso demonstra como é difícil quebrar paradigmas centenários em sociedades tradicionais (JACINTHO SETTON, 2002).

Nesse respeito, NURUDDIN *et al.* (2014) indicam a aplicação eficaz de Kapok da Ásia como isolamento termoacústico em telhados de lugares de clima quente. Análises de XIANGA *et al.* (2013) apresentam bom desempenho do Kapok asiático na atenuação do ruído que deve ser similar ao do Amazon-Kapok. A manufatura de mantas acústicas de Kapok é cogitada por ARUMUGAM (2014).

Ocorre que, no calor tropical-úmido, a propriedade isolante térmica é percebida como desagradável - “esquenta demais”. Uma grande desvantagem frente ao enchimento sintético que deixa a sensação refrescante e é preferido entre os ribeirinhos. Mesmo em edifícios urbanos, nenhum isolamento é colocado nos telhados e fachadas. Certamente esse revestimento permitiria mitigar o impacto do calor externo e diminuir o consumo de energia para o ar-condicionado. Também poderia ser incrementada a atenuação de ruídos vindo dos espaços externos ou entre compartimentos internos.

Antigamente eram confeccionados da paina da munguba coletes salva-vidas e boias, devido à boa flutuabilidade das fibras e repelência à água. Mas, atualmente, a ampla disponibilidade de isopor deixa apenas uma vaga lembrança dos velhos costumes. Mesmo assim, existe nos Estados Unidos uma empresa que, ainda hoje, produz coletes salva-vidas a partir do Kapok da Ásia (ASTRAL 2019).

Esse sucesso do uso do Kapok da Ásia como recheio de coletes salva-vidas nos EUA poderia ter um paralelo no Amazon-Kapok, o que permitiria a venda de salva-vidas para turistas nacionais e internacionais. Assim, os compradores usariam coletes personalizados no lugar dos coletes alaranjados de difícil higienização, e levariam para casa uma lembrança funcional, servindo de colete “aquecedores-de-alma”, nas frias regiões do planeta.

2.3.4 Análise de atividades biológicas

Microbiologia

Todas as placas com organismos puros mostraram denso crescimento e boa distribuição. Os controles de fibras de lã e algodão sem microrganismos tiveram contaminantes de leveduras, provavelmente do ambiente de armazém. Encontrou-se acima do meio de cultura, bolores com forte crescimento, junto às fibras do Amazon-Kapok *in natura*. Da mesma forma, o Kapok da Ásia *in natura* apresentou forte contaminação com uma levedura de rápido crescimento. Aparentemente, essa levedura acompanha o Kapok da Ásia adquirido.

O primeiro experimento mostrou que após esterilização branda, as fibras de lã e algodão se apresentavam isentas de microrganismos. Essas fibras não mostravam reação com os microrganismos aos quais foram expostas (*E. coli*, *S. cerevisiae* e *A. oryzae*). Os microrganismos também não tiveram reações quando em contato com as fibras de lã e algodão. As fibras do Kapok e Amazon-Kapok, mesmo após esterilização branda, continuaram a apresentar no meio de cultura forte crescimento de leveduras ou bolores, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8 Resultados - desenho experimental 01 (n=7): Ensaio comparativo de quatro fibras com esterilização térmica (/b), junto a *E. coli*, *S. cerevisiae* e *A. oryzae*.

| Fibra Organismo | Algodão/b | Lã/b | Kapok/b | Amazon-K./b | sem |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--|--------------|
| <i>E. coli</i> | Bactérias e fibras puras | Bactérias e fibras puras | Bactérias e fibras com levedura forte | Bactérias e fibras com bolor forte | <i>E. c.</i> |
| <i>S. cerevisiae</i> | Levedura e fibras puras | Levedura e fibras puras | Levedura fraca fibras com levedura forte | Levedura forte fibras com bolor suprimido | <i>S. c.</i> |
| <i>A. oryzae</i> | Tufos de <i>A. o.</i> e fibras puras | Tufos de <i>A. o.</i> e fibras puras | Supressão de Tufos e fibras / levedura forte | Tufos de <i>A. o.</i> e fibras com bolor forte | <i>A. o.</i> |
| sem | Fibras puras | Fibras puras | Fibras com levedura forte | Fibras com bolor muito forte | 0 |

As placas com algodão e lã estavam limpas em ambos os ensaios, sem interação com os organismos (Tabela 8, Tabela 9). Esse resultado se refere a apenas três dias de observação. Assim, não é possível afirmar se ocorreu qualquer dano às fibras a partir dos organismos (bactéria, levedura e mofo) em tempo de exposição maior.

O Amazon-Kapok apresentou bolor que foi extinguido por autoclavagem, mesmo que continuasse vivo com a esterilização criogênica (Tabela 9 e Tabela 10). A levedura acompanhante do Kapok da Ásia, de rápido crescimento, não foi suprimida pelo tratamento de esterilização criogênica e permanecia após a autoclavagem (Tabela 9).

Tabela 9 Resultados - desenho experimental 02 (n=5): Ensaio comparativo de quatro fibras autoclavadas (/a), junto a *E. coli*, *S. cerevisiae* e *A. oryzae*.

| Fibra Organismo | Algodão/a | Lã/a | Kapok/a | Amazon-K./a | sem |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------|
| <i>E. coli</i> | Bactérias e fibras puras | Bactérias e fibras puras | Bactérias e fibras com levedura forte | Bactérias e fibras puras | <i>E. c.</i> |
| <i>S. cerevisiae</i> | Levedura e fibras puras | Levedura e fibras puras | Levedura e fibras com levedura | Levedura forte fibras puras | <i>S. c.</i> |
| <i>A. oryzae</i> | Tufos de <i>A. o.</i> e fibras puras | Tufos de <i>A. o.</i> e fibras puras | Supressão leve Tufos e fibras / levedura forte | Tufos de <i>A. o.</i> e fibras puras | <i>A. o.</i> |
| sem | Fibras puras | Fibras puras | Fibras com levedura forte | Fibras puras | 0 |

Tabela 10 Resultados - desenho experimental 02: Ensaio de repetição de Kapok e Amazon-Kapok, junto a *E. coli*, *S. cerevisiae* e *A. oryzae*.

| Fibra Organismo | Kapok | Amazon-Kapok | sem |
|----------------------------------|--|--|--------------|
| <i>E. coli</i> | Bactérias e fibras com levedura forte sem interação | Bactérias e fibras com bolor forte sem interação | <i>E. c.</i> |
| <i>S. cerevisiae</i> | Levedura e fibras com levedura forte | Levedura forte fibras com bolor leve | <i>S. c.</i> |
| <i>A. oryzae</i> | Supressão de Tufos de <i>A. o.</i> e fibras com levedura forte | Tufos de <i>A. o.</i> e fibras com bolor forte | <i>A. o.</i> |
| sem | Fibras e levedura muito forte | Fibras com bolor muito forte | 0 |

Uma flora de no mínimo 4 diferentes espécies de *Mucor* (Zigomiceto), se revelou nas placas de Amazon-Kapok, mesmo com esterilização criogénica. Os esporos desses fungos estavam em estágio dormente entre as fibras e cresceram em contato com o meio nutritivo (Figura 41).

Figura 41 - Fungos - Bolors (Zygomycetae: Mucorales) encontrados após incubação de fibras do Amazon-Kapok (oval azul) por 72 hs a 30°C, no meio especificado.



Fonte: Keppler, 2019

As placas com algodão e a lã mostraram pleno crescimento de *E. coli*. A atividade biológica do Amazon-Kapok (com fungo) foi tão fraca, que não era possível observar uma área de supressão. O mesmo ocorreu com o Kapok asiático que, com a levedura associada pouco influenciou o crescimento da bactéria *E. coli*. No segundo experimento, com as fibras esterilizadas, a bactéria apresentou inibição pela levedura associada ao Kapok da Ásia (Figura 42).

Figura 42 - Área de supressão de *E. coli* (setas vermelhas), pela levedura acompanhante das fibras do Kapok da Ásia (oval azul).



Fonte: Keppler, 2019

A levedura acompanhante do Kapok da Ásia mostrou um clareamento nos seus limites de crescimento. Essa levedura superou a esterilização criogênica e apresentou crescimento ainda mais vigoroso.

As fibras do Amazon-Kapok pareciam sem efeito nas bactérias *E. coli*. Olhando mais de perto, no entanto, percebeu-se áreas de acumulação onde as fibras tocaram o meio de cultura (Figura 43).

Figura 43 - Acúmulos de bactérias (*Echerichia coli*), em locais de contato do meio de cultura com as fibras do Amazon-Kapok autoclavado (setas vermelhas).



Fonte: Keppler, 2019

Esses acúmulos não foram encontrados nos pontos de contato com todas as outras fibras. Existe uma atração das células bacterianas pela fibra. Mas, o crescimento celular continua no meio nutritivo, formando estas aglomerações.

Com o *S. cerevisiae* não foi possível detectar interação com algodão e lã de leve esterilização. Os bolores associados ao Amazon-Kapok mostraram forte inibição pela presença de *S. cerevisiae*. A levedura associada ao Kapok da Ásia se sobrepõe à levedura inoculada. Quanto à repetição, os resultados da supressão do bolor do Amazon-Kapok e dominância da levedura do Kapok da Ásia se confirmaram, porém, menos expressivos.

Não houve nenhuma interação de fibra com *A. oryzae* como apresenta o Amazon-Kapok após autoclavagem (Tabela 9). As fibras do Amazon-Kapok até foram incorporadas no micélio do mofo e não sofreram nenhum dano pelo fungo, como demonstrou a sua fácil retirada e superfície intocada.

Todas as colônias fúngicas de *A. oryzae* cresceram normalmente, apenas competindo pelo espaço no Agar (Figura 44).

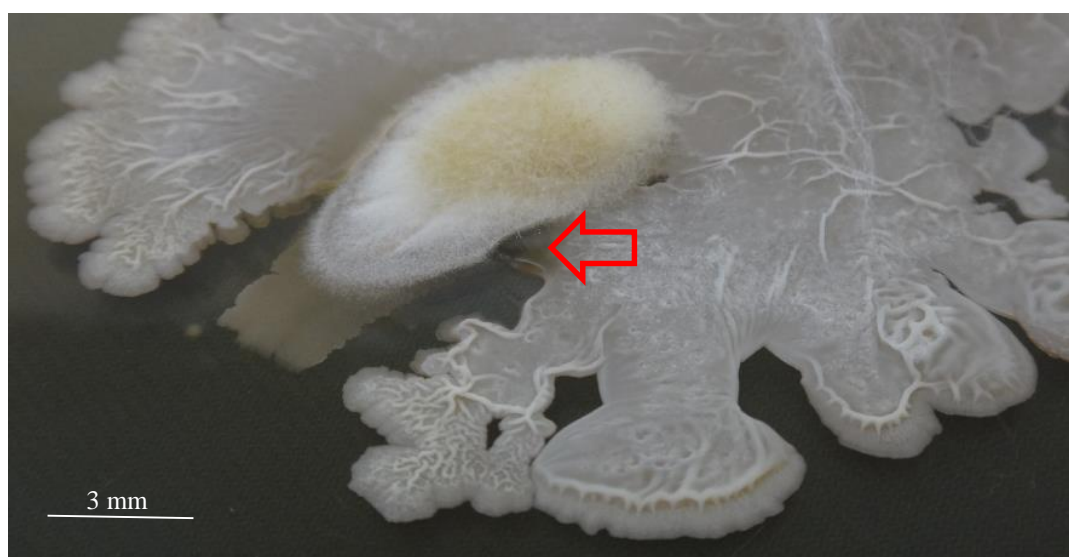
A. oryzae foi suprimido pela levedura acompanhante do Kapok da Ásia. As colônias foram literalmente devoradas pela levedura e minguaram. No mesmo momento, houve crescimento mais vigoroso da levedura (Figura 45).

Figura 44 - Colônias de *Aspergillus oryzae*, competindo pelo espaço de Agar, com as colônias de bolores do Amazon-Kapok (oval azul).



Fonte: Keppler, 2019

Figura 45 - Colônia de *Aspergillus oryzae* sendo devorada pela levedura do Kapok da Ásia, que libera enzimas de ataque (seta vermelha).



Fonte: Keppler, 2019

A repetição do experimento de Kapok da Ásia e Amazon-Kapok com esterilização criogênica em Agar menos denso revelou resultados iguais, com menor intensidade.

Teste antibacteriano.

Foram reportadas dificuldades de contato referentes à hidrofobicidade das fibras, durante a fase o tratamento com as bactérias. Pela Norma DIN EM ISO 20743 (2013), a redução de crescimento de *S. aureus* na intensidade de \log_{10} 2,41 cfu (unidades formadoras de colônias – “colony forming units”), é considerada significativa. Pela Norma DIN EM ISO 20743 (2013), a redução de crescimento de *K. pneumoniae*, na intensidade de \log_{10} 2,98 cfu é considerada significativa. Dessa sorte, foi atestado, através do boletim de teste (19.8.3.0018 de 04 de março de 2019) da empresa Hohenstein Laboratories GmbH & Co. KG (ANEXO I), significativa atividade antibacteriana contra bactérias gram-positivas e gram-negativas, como resultado do teste com as espécies patogênicas *S. aureus* e *K. pneumoniae* (Tabela 11 e Tabela 12).

Tabela 11 – Redução do crescimento de colônias - cfu de *Staphylococcus aureus*, após incubação de 18 horas junto às fibras de Amazon-Kapok.

| Amostra | Média de três repetições | | | Crescimento log ₁₀ cfu |
|----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| | tempo (h) | absoluto | log ₁₀ cfu | |
| Controle (PES) | 0 | 6,64x10 ⁴ | 4,82 | 2,81 |
| | 18 | 4,24x10 ⁷ | 7,63 | |
| Amazon-Kapok | 0 | 5,77x10 ⁴ | 4,76 | 0,40 |
| | 18 | 1,44x10 ^{5*} | 5,16 | |
| Redução (C-A) | | | | 2,41 |

* Foi encontrada variabilidade acima de 2 log₁₀, entre os valores medidos no tratamento *S. aureus* x Amazon-Kapok, respectivamente 1,88x10⁴ / 4,09x10⁵ / 3,77x10³. Para tanto, a indicação do Desvio Padrão foi suprimida.

Tabela 12 – Redução do crescimento de colônias - cfu de *Klebsiella pneumoniae*, após incubação de 18 horas junto às fibras de Amazon-Kapok.

| Amostra | Média de três repetições | | | Crescimento log ₁₀ cfu |
|----------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| | Tempo (h) | absoluto | log ₁₀ cfu | |
| Controle (PES) | 0 | 4,32x10 ⁴ | 4,64 | 3,03 |
| | 18 | 4,72x10 ⁷ | 7,67 | |
| Amazon-Kapok | 0 | 3,95x10 ⁴ | 4,60 | 0,05 |
| | 18 | 4,50x10 ^{4*} | 4,65 | |
| Redução | | | | 2,98 |

* Foi encontrada variabilidade acima de 2 log₁₀, entre os valores medidos no tratamento *K. pneumoniae* x Amazon-Kapok, respectivamente 1,34x10⁵ / 3,38x10² / <20. Para tanto, a indicação do Desvio Padrão foi suprimida.

Os técnicos do laboratório de Hohenstein relataram problemas com a forte hidrofobicidade das fibras do Amazon-Kapok, responsável pela dificuldade de garantir o contato homogêneo a toda a superfície externa. De acordo com PINHO *et al.* (2011), o resultado positivo no ensaio de inibição do crescimento pós-contato da suspensão bacteriana com o Amazon-Kapok confere propriedades antibacterianas às fibras.

Citotoxicidade

Houve dificuldades em conseguir lavagem homogênea com a solução do Extrato de Suor - ES, devido à hidrofobicidade das fibras do Amazon-Kapok. Mesmo assim, ocorreu com a lavagem elevação de pH de 5,5 para 6,2 e aquisição de odor vegetal. Foi detectada Inibição do Crescimento (IC) de células clones abaixo de 10%, que, de acordo com a metodologia, demonstra ausência de citotoxicidade pelo ES pós-lavagem (Tabela 13).

Tabela 13 – Densidade Ótica - DO [360nm] de células L929 em suspensão com aditivo de produto citotóxico (controle positivo), somente com meio de cultura (controle negativo) e Extrato de Suor puro (controle real), comparado com quatro concentrações de ES pós-lavagem das fibras de Amazon-Kapok.

| | | média | | s | Inibição (%) |
|--|-------|--------|---|--------|---------------|
| Valor 0 (exclusivamente meio de cultura) | | 0,1623 | | | |
| Controle positivo | | 0,2827 | ± | 0,0051 | 91 |
| Controle negativo | | 1,5741 | ± | 0,0536 | |
| Controle real | | 1,4398 | ± | 0,0433 | |
| | | | | | limite |
| Suspensão com 4 concentrações de ES pós-lavagem | 33,3% | 1,3826 | ± | 0,0855 | 6 |
| | 22,2% | 1,3326 | ± | 0,0763 | 8 |
| | 14,8% | 1,3638 | ± | 0,0760 | 6 |
| | 9,9% | 1,3437 | ± | 0,0780 | 8 |
| | | | | | ≤ 30% |

Constatou-se a ausência de citotoxicidade do Amazon-Kapok pela medida de inibição do crescimento celular L929 com ES pós-lavagem abaixo de 30%, informado através do boletim de teste (19.8.5.0039 de 04 de março de 2019) da empresa Hohenstein Laboratories GmbH & Co. KG (ANEXO II).

Propriedades biológicas

As floras fúngicas acompanhantes do Kapok da Ásia e do Amazon-Kapok eram desconhecidas. Os fungos encontrados (leveduras e bolores) permanecem sem identificação. Mas, sabe-se que eles crescem somente em contato com meio nutritivo. Foi observado em 1-2% dos frutos, que a parede da cápsula estava colonizada por bolores. O manto de fibras condensadas, no entanto, mesmo empoeirado com esporos, permaneceu sem sinal de crescimento fúngico.

Os fungos se desenvolvem rapidamente quando encontram fontes acessíveis de carbono e umidade. Portanto, a incidência de esporos desses fungos no Amazon-Kapok deve ser considerada quanto ao seu manuseio. Dessa forma, o presente resultado é uma alerta de necessária proteção respiratória quanto ao trabalho com as fibras. Entende-se

também, que junto ao beneficiamento, as fibras da paina deverão ser esterilizadas para evitar a dispersão aérea desses esporos.

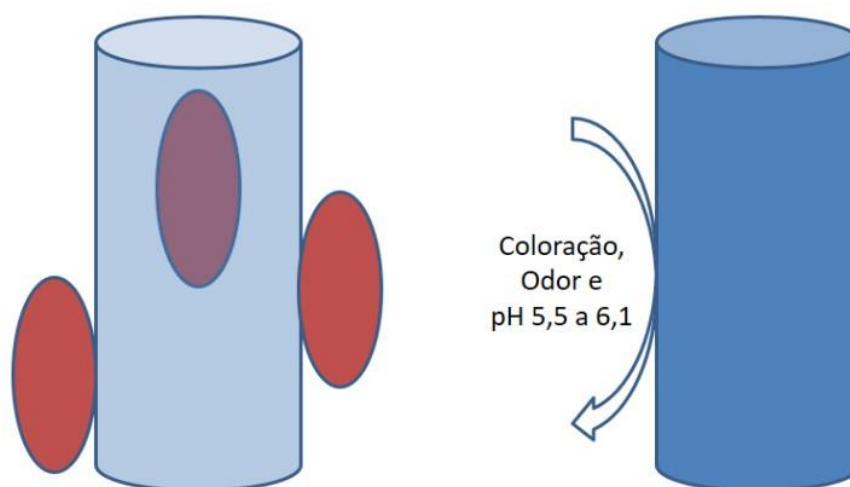
No caso do Amazon-Kapok, certamente se trata dos mesmos bolores que, de quase imediato, colonizam os cavacos da cápsula e promovem a sua decomposição. A estrutura central, o lugar de desenvolvimento das sementes, fica livre da colonização desses fungos durante todo o tempo que permanece na árvore. A sua abscisão ocorre somente depois que toda a paina se dispersou. Os propágulos desses Zigomicetos devem aderir às paredes hidrofóbicas das fibras, sendo imobilizados (Figura 46).

As propriedades antibacterianas das fibras do Amazon-Kapok contra bactérias gram-positivas e gram-negativas foram comprovadas, por meio do ensaio de absorção (ANEXO I). Porém, o ensaio de contato direto de *E. coli* com as fibras em meio de cultura mostrou a ausência de supressão e de substâncias antibióticas hidrossolúveis. Ao contrário, as bactérias se acumularam nos pontos de contato com as fibras (Figura 43). Esse acúmulo das células bacterianas se explica pela atração da membrana celular de microrganismos por superfícies hidrofóbicas, como descrito por PROBST *et al.* (2012), para recobrimentos sintéticos de ferimentos.

Mesmo sem substância antibiótica, a propriedade hidrofóbica das fibras pode ter esse efeito antibacteriano, através de imobilização por adesão, como descrito em LI *et al.* (2019). Contudo, se ainda possui componentes lipofílicos com ação antibiótica, isso não foi esclarecido. Mas, ocorre que as fibras são revestidas com uma substância líquida volátil que resseca durante o beneficiamento. Com nenhuma outra fibra foi observado coisa parecida.

Observou-se que *in natura* o Amazon-Kapok se apresenta totalmente neutro e inodoro. Mesmo assim, na lavagem com a solução de suor artificial, houve reações com substâncias das fibras, sendo que a solução apresentava coloração esverdeada e aumento do pH de 5,5 para 6,1 e cheiro vegetal. Interpretamos a constatação da propriedade antibacteriana e falta de substâncias citotóxicas como consequência da hidrofobicidade do revestimento de cera. Bactérias e propágulos de bolores ficam imobilizadas no espaço oco da fibra e nas paredes, tendo na solução de lavagem apenas alguns íons e substâncias atóxicas (Figura 46).

Figura 46 - Esquema da imobilização de bactérias e esporos fúngicos pela aderência à superfície hidrofóbica da fibra e do resultado negativo de substâncias citotóxicas.



Fonte: Keppler, 2019

Com a combinação das propriedades antibacteriana e não-citotóxica, pode ser cogitado o uso do Amazon-Kapok para fins medicinais. Por exemplo, vítimas de queimaduras fortes precisam manter a temperatura do corpo. Muitas vezes necessitam de lençol hidrofóbico especial, que não gruda aos ferimentos. Tendo o efeito de comprovado isolamento térmico junto à hidrofobicidade em manta estéril de fibras naturais certamente seria interessante.

Durante o beneficiamento com a turbina houve um corte acidental dos dedos da mão esquerda. Para a limpeza do ferimento, através do estímulo do fluxo do sangue, foi feita uma sucção com a boca, quando se sentiu um sabor amargo das fibras. A partir disso, decidimos recobrir os ferimentos com Amazon-Kapok, em vez da gaze de algodão. Como resultado, houve uma rápida regeneração dos tecidos e ausência de infecção.

Estas substâncias, provavelmente são as mesmas encontradas no Kapok da Ásia, analisadas por MATTHES e STREICHER (1913). VIGNESH e LAGA (2015) atribuem às substâncias amargas a propriedade repelente biótica.

Aproveitamento da Hidrofobicidade

Colocando a mão dentro do Amazon-Kapok ocorre perceptível ressecamento da pele, pela imediata retirada de gorduras. Quando as fibras absorvem a gordura, elas aumentam a sua aderência e formam nódulos.

As fibras apresentam extrema hidrofobicidade, similar à do Kapok da Ásia, devido a sua camada externa de ceras (DONG, 2015). A superfície do Amazon-Kapok atrai faces alifáticas, como foi demonstrado em relação às células bacterianas e óleo de cozinha. A absorção ocorreu de imediato e sem agitação. O tufo usado para o experimento, não tinha 2 mg e absorvia 2 g de óleo, sendo uma proporção de 1:1000 (Figura 47).

Figura 47 - Embolado de Amazon-Kapok na superfície d'água, após absorção de óleo de cozinha pela superfície hidrofóbica das fibras, com gotícula d'água.



Fonte: Keppler, 2019

A recolhimento de derramamento de petróleo e seus derivados é assunto atual, principalmente, no tempo de expansão da indústria petrolífera. Hoje existem barreiras e mantas absorventes, de materiais sintéticos diversos, porém pouca disponibilidade de material natural alternativo (COELHO *et al.* 2014). Para contenção e recolhimento de derramamentos de petróleo no rio Solimões/Amazonas, o Amazon-Kapok pode ser útil em forma de mantas e barreiras absorventes. Há muitos trabalhos sobre a aplicação do Kapok da Ásia como absorvente de petróleo e os resultados são promissores (HORI *et al.*, 2012; ZHANG *et al.*, 2016).

SUN *et al.* (2018) mostram a absorção de aerossóis em papel filtrante com fibras de Kapok da Ásia. O Amazon-Kapok poderia ser usado em filtros absorventes, como mantas de menor densidade. No que se refere à absorção de metais pesados, WANG *et al.*, 2016 fizeram testes com mercúrio sendo imobilizado pelo Kapok da Ásia com tratamento superficial. ZHUA *et al.* (2014) analisaram o uso das fibras do Kapok da Ásia para a imobilização de bactérias fotossintéticas e aproveitamento da energia produzida, apresentando outra utilidade para a hidrofobicidade.

2.4 Conclusão

No âmbito da Nova Bioeconomia, os mercados internacionais estão à procura de novas matérias-primas biogênicas, para substituir os materiais sintéticos.

Os principais requisitos do mercado alemão ao Amazon-Kapok é a compatibilidade do preço com o Kapok da Ásia, e que os valores do isolamento térmico propiciado sejam iguais ou melhores que os do isopor. Não há interesse no comodato de fibras a granel, devido à falta de mão de obra simples para a manufatura, mas são precisas mantas deste material, para diversas finalidades. Fundamental é a disponibilidade de escala garantia futura.

Existe uma nova metodologia de separação das sementes e expansão das fibras, através do tratamento em máquina de turbulência eólica, para transformação da paina primária em Amazon-Kapok.

Os resultados qualitativos das fibras ocas do Amazon-Kapok reforçam a viabilidade da exploração comercial da paina da munguba da Várzea. O Amazon-Kapok, mesmo similar ao Kapok da Ásia, apresenta superior qualidade pelo menor peso específico e maior isolamento térmico. Além disso, foram comprovadas as qualidades do Amazon-Kapok, assim como:

- a. Flutuabilidade e hidrofobicidade;
- b. Estabilidade estrutural em nível molecular e microscópico;
- c. Rigidez da estrutura carbonizada;
- d. Propriedade antibacteriana sem apresentar citotoxicidade;
- e. Recalcitrância química e biológica;
- f. Absorção de óleos e aerossóis alifáticos;
- g. Consolidável em mantas com matriz termoplástica e
- h. Repelência de insetos, roedores e aves.

A produtividade do beneficiamento é de 25 g por fruto, sendo necessário um total de 40 frutos por kg de Amazon-Kapok ou 800 frutos por m³ sob leve pressão de 100 P. Se uma árvore média tem 50 frutos, serão necessárias 40 árvores. 1 tonelada então, terá um volume de 50 m³ ou mais que a metade de um container de 12 pés (85 m³).

O Amazon-Kapok, mesmo sendo antibacteriano e repulsa animais, é contaminado por propágulos fúngicos, que emergem em meio nutritivo, da mesma forma como no Kapok da Ásia. Para tanto, o Amazon-Kapok deve ser esterilizado, para remover os bolores, que podem provocar danos aos materiais no entorno.

CAPÍTULO III

POTENCIAL DE ESCALA DA PAINA DE *Pseudobombax munguba*

Resumo

O Amazon-Kapok é a fibra beneficiada do fruto da árvore munguba (*Pseudobombax munguba*). Ele é potencial matéria-prima para a produção de mercadoria de exportação. É um negócio que gerará trabalhos no interior e promete novos empregos no Polo Industrial de Manaus. Contudo, para participar do mercado globalizado, se torna imprescindível atender a indicadores de escala. Nesse sentido, foram feitas análises como a coleta de frutos e extração da paina primária pela população. A partir de uma amostra de 250 sementes, as taxas de germinação e crescimento foram determinadas. Foram feitas observações e testes de regeneração e proliferação vegetativa. A prospecção de áreas de plantio se deu através da estimativa da área degradada na várzea. Na coleta de quatro horas, com 9 pessoas sem qualquer experiência, coletou-se 1029 frutos, medindo $10,41 \pm 2,15$ cm de diâmetro a $19,26 \pm 7,76$ cm de comprimento. O maior fruto tinha $14,20 \times 29,82$ cm (diâmetro x comprimento). Desses frutos, 70% abriram espontaneamente, para a extração de 99,3 kg de paina primária. Na germinação foi atingida uma taxa de 74 a 76%, que pelo enorme número de sementes, somaria mais que 1000 mudas por fruto. Entretanto, há intensa predação natural de sementes e mudas de *P. munguba*. Portanto, mais promissor que o plantio de mudas a partir de sementes é a reprodução por estaquia que em terra apresentou 70% de regeneração e 100% em água sob pleno sol. Identificou-se áreas baixas da várzea como ideais para o plantio e produção racional da paina primária da munguba. É preciso resolver a questão fundiária nas áreas alagáveis para poder convencer investidores. Afinal, os serviços ambientais de *P. munguba*, por meio de seu plantio irão contribuir para o controle de erosão e assoreamento, sequestro de carbono e mitigação das emissões de metano. Por outro lado, o refugo de sementes da plantação elevará o nível trófico da várzea da Amazônia Central, podendo trazer de volta a histórica fartura em piscosidade.

Palavras chave: germinação, estaquia, serviços ambientais.

SCALE POTENTIAL OF *PSEUDOBOMBAX MUNGUBA* FIBERS**Summary**

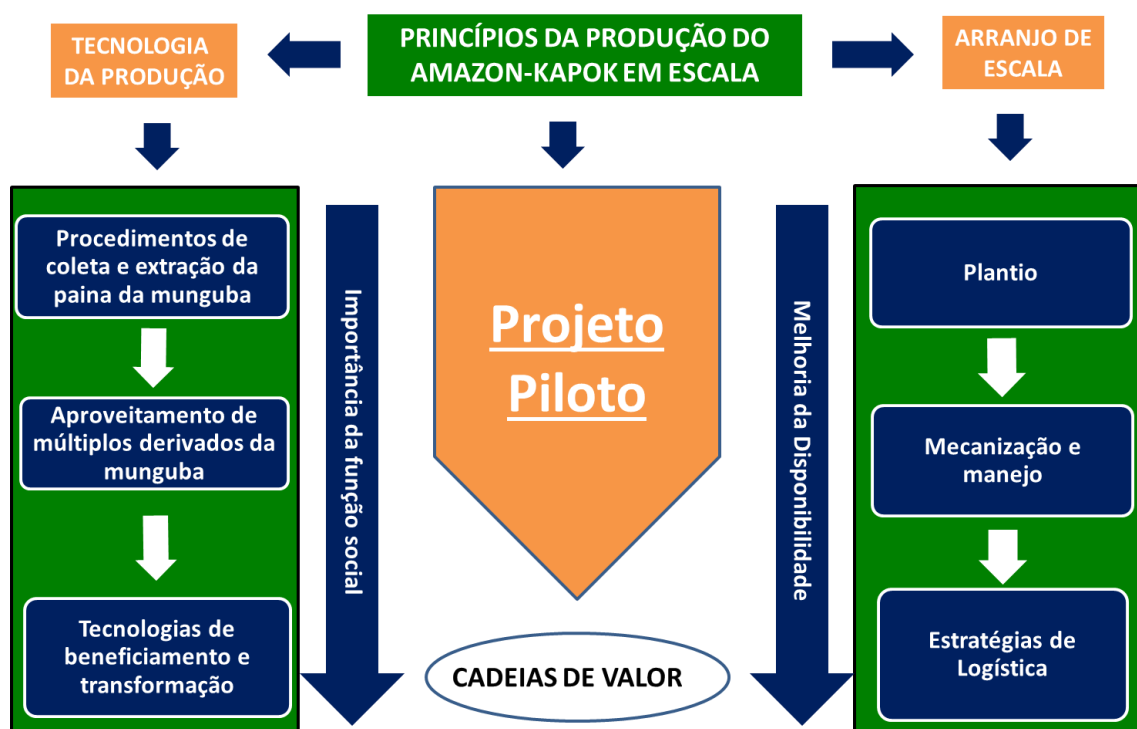
Amazon-Kapok is the benefited fruit-fiber of the munguba tree (*P. munguba*). Amazon-Kapok is a potential raw material for the production of export goods. The business will generate jobs in the countryside and promises new jobs at the Manaus Industrial Pole. However, to participate in the globalized market, it is essential to meet scale indicators. In this sense, analyzes were made, such as the collection of fruit and extraction of primary fibers by the population. From a sample of 250 seeds, germination and growth rates were determined. Observations and tests of vegetative regeneration and proliferation were made. The prospecting of planting areas took place by estimating the degraded area in the floodplain. In the four-hour collection, with 9 people without any experience, 1029 fruits were collected, measuring 10.41 ± 2.15 cm in diameter and 19.26 ± 7.76 cm in length. The largest fruit was 14.20 x 29.82 cm (diameter x length). Of these fruits 70% opened for the extraction of 99.3 kg of primary Fibers. A germination-rate of 74 to 76% was reached, which, due to the huge number of seeds, would add more than 1000 seedlings per fruit. However, there was an intense natural predation of munguba seeds and seedlings. Therefore, more promising than planting seedlings from seeds is the reproduction by cuttings, which on land showed 70% regeneration and 100% in water in full sun. Low areas of the floodplain were identified as ideal for the planting and rational production of primary fibers of munguba. It is necessary to resolve the land issue in wetlands, in order to convince investors. After all, the environmental services of *P. munguba*, through their planting, will contribute to the control of erosion and silting, carbon sequestration and mitigation of methane emissions. The escape of seeds from plantations will raise the trophic level of the floodplain in the Central Amazon and may bring back the historic abundance in fishiness.

Keywords: germination, cutting, environmental services.

3.1 Introdução

De acordo com HOMMA (1996), espécies produtoras de matéria-prima devem ser domesticadas para chegar a uma produção em escala. A estratégia de domesticação, proposta por MOTOIKE (com. pes.), considera dois caminhos concomitantes, sendo um de tecnologia produtiva, com importância da função social e outro o arranjo de escala, com aumento da disponibilidade. No caso do Amazon-Kapok, apresenta-se o esquema na Figura 48. A partir da escala da produção primária, diferentes cadeias de valor se conectam, pela manufatura de mercadorias biogênicas para o mercado de bioeconomia (FERNIE and YAN 2019).

Figura 48 - Esquema da domesticação da árvore munguba (*Pseudobombax munguba*), para a produção de Amazon-Kapok e transformação em mercadorias.



Esquema de Sérgio Motoike, modificado

O sucesso comercial do Amazon-Kapok depende do potencial da produção em escala. Isso significa, além do volume, a garantia futuro de fornecimento de volume e qualidade continuada. Para os mercados internacionais, a adoção de matéria-prima nova é uma aventura econômica. Para tanto, o potencial de escala da paina da munguba tem que convencer os mercados, antes de lançá-lo como matéria-prima de mercadoria de exportação da nova Bioeconomia da Amazônia.

Para atingir a escala, há que se substituir a produção extrativista pela produção agrícola, através de cultivos e plantações (HOMMA, 1996). Esse aspecto teve êxito na economia da borracha, o que levou ao término do ciclo. Os países asiáticos, através da

produção em plantio homogêneo da seringueira (*Hevea brasiliensis*), conseguiram garantir o fornecimento contínuo de volume com qualidade (DEAN, 1987). Naquela época, o Brasil poderia ter saído na frente se tivesse adotado a produção industrial da Malásia (DEAN, 1987). O sucesso do plantio da seringueira em São Paulo comprova que o estabelecimento de plantios mono-específicos em regiões mais secas, é capaz de recuperar a competitividade da borracha brasileira (OLIVEIRA e GONÇALVES, 2019).

No caso da munguba, a formação de aglomerados mono-específicos em áreas de várzea, mostra a aptidão dessa árvore para o plantio (veja Capítulo I). É a paineira da várzea que, sob condições naturais, libera grandes volumes de fibras para o ambiente. Falta quantificar a produtividade da paina em plantio, para dimensionar o fornecimento de Amazon-Kapok que pode ser oferecido para contratação.

GRIBEL (1995) apresenta a geração de 1549 ± 427 sementes por fruto ou uma produção de 80.000 sementes por árvore média de 50 frutos. O caráter da munguba como estrategista r presume elevada taxa de germinação, para compensar grande perda natural pelas condições ambientais, como adversas condições hídricas e elevada pressão de herbivoria (OLIVEIRA-WITTMANN, 2007). Constata-se também, a pressão antropogênica, pela seletiva supressão desta espécie e a diminuição do seu habitat natural pela erosão (WITTMANN *et al.*, 2010).

O tempo de crescimento a partir da muda até a árvore é importante para responder à questão, em quanto tempo se pretende ter a produtividade em escala. Quanto teria de necessidade de cuidados silviculturais e como diminuir o risco de perda do plantio a partir da plântula? E quanto tempo a árvore se mantém sob cultivo.

Muitas árvores podem ser reproduzidas por estaquia ou, como diz o caboclo, “pega no galho”. SANTOS (2016), em ensaios de regeneração em tubos de PVC, com terra do horizonte B da floresta (Latosolo amarelo), conseguiu apenas 10% de rebrota das estacas de *P. munguba*. CHALCO (2004) constata que galhos da *P. munguba* enraízam sem a aplicação de fito-hormônios.

Para a demonstração do potencial de escala, a disponibilidade de área para o plantio tem que ser apresentada. Além disso, há necessidade de se demonstrar que não há concorrência com a produção de alimentos. A questão fundiária em áreas alagáveis é um outro problema. Pois, deve-se garantir, que a plantação de *P. munguba* se mantenha como propriedade. Pelo Código Florestal brasileiro - LEI 12.651/2012, as áreas alagáveis são propriedade da União, declaradas como Áreas de Preservação Permanente - APP.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Área de Estudo

Como área de estudos de campo, foi escolhido o município de Careiro da Várzea AM, pela sua proximidade a Manaus e alta incidência de *P. munguba*. A prefeitura municipal de Careiro da Várzea se mostrou interessada em apoiar as atividades junto à implementação do “Dia da Munguba”, na data da comemoração da padroeira de Careiro da Várzea, N. Sa. do Perpétuo Socorro. Para isso, a atual administração participou, através da Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Recursos Sustentáveis - SEMARS que se empenhou nas atividades. Também há interesse em implementar atividades econômicas baseadas na exploração da paina, como produto-florestal-não-madeireiro.

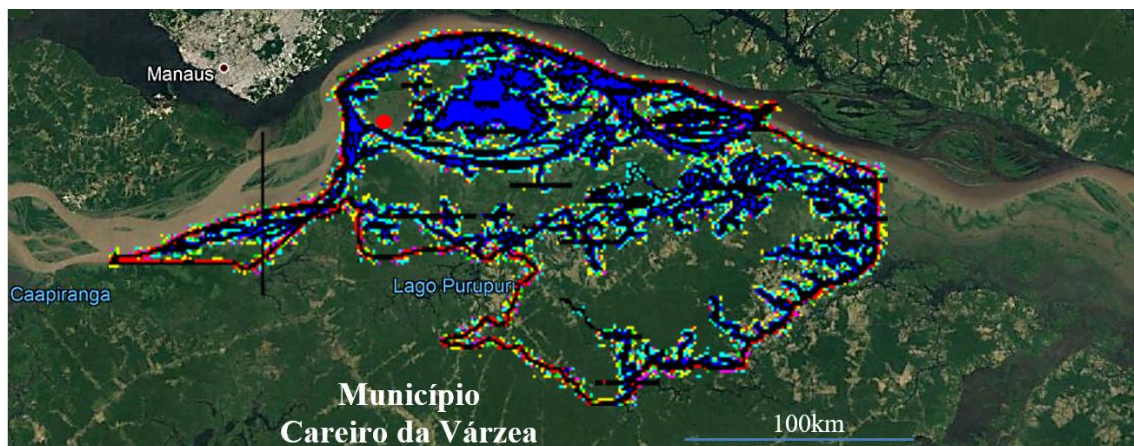
O município de Careiro da Várzea, com 2.631,13 Km², é o menor do estado do Amazonas em área territorial, o que representa 0.1675% do Estado. A sua localização é 3°12’1” S e 59°48’43” O, com elevação média da ilha de 25 m acima do nível do mar (BRITO DA FROTA *et al.*, 2011). Portanto, a alagação abrange até 90% de sua área, de acordo com a intensidade do pulso de inundação (Figura 1).

A cidade de Careiro da Várzea fica a 25 km da capital Manaus, sendo portanto a sede municipal mais próxima (Figura 49). No porto do CEASA, a jusante da cidade de Manaus, há disponibilidade de embarcações, balsas e lanchas para a travessia fluvial. Acessível somente por via fluvial, a sede do município é situada na Ilha do Careiro e, com elevação de apenas 28 m anm (acima do nível do mar), sofre a inundação anual (Figura 50).

A agricultura é predominante em relação à atividade pecuária, mesmo com a existência de extensas pastagens no município. Atualmente, o prejuízo pelas inundações das lavouras fez aumentar os investimentos na criação de gado. Como descrito no Capítulo I, as pastagens se explicam pela antiga produção de lenha para as caldeiras de máquinas a vapor e as olarias de Manaus (1.3.1.11). Essas pastagens inundáveis têm muitos inconvenientes, especialmente, a necessária remoção do gado para a terra-firme.

Mesmo com tamanha supressão, ainda há muitos espécimes de munguba na área. Especialmente a montante da vila, há uma recuperação da mata ciliar, em forma de grupamento mono-específico. Parece plantio, mas, de acordo com a proprietária da área, foi unicamente a proteção contra supressão das árvores jovens que iniciou a recuperação da vegetação marginal. Notou-se também, o assoreamento dos troncos ter alcançado em alguns locais, considerável espessura acima de dois metros.

Figura 49 - Localização do município de Careiro da Várzea, na área metropolitana de Manaus, com a vila (ponto vermelho) a 25 km da cidade da capital pelo encontro das águas, ao Sul do Rio Amazonas, (Google Terra 2018).

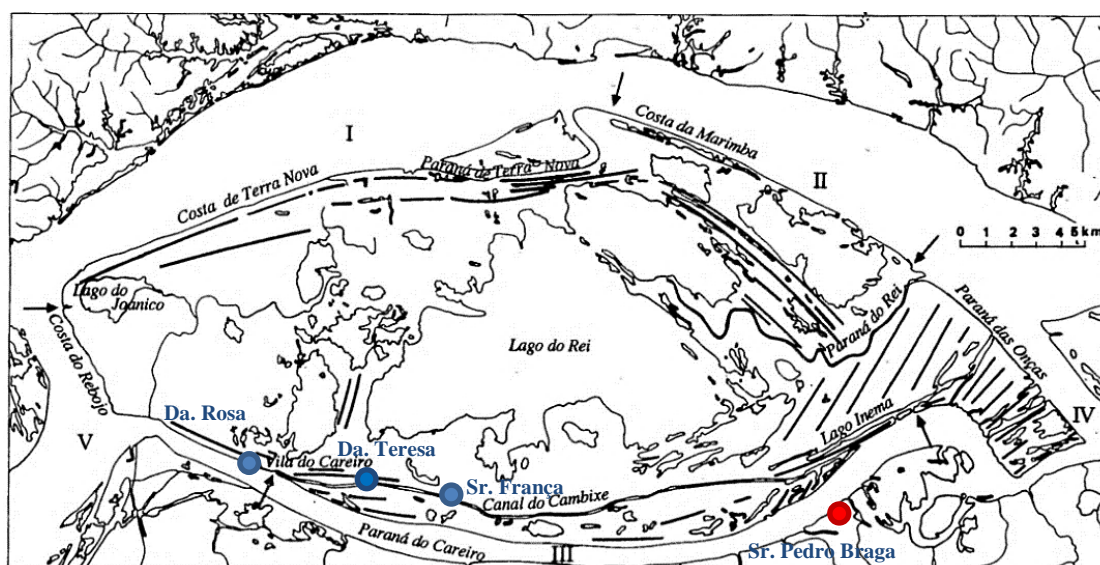


Fonte: Keppler, 2019

3.2.2 Análise de Coleta e Extração da Paina

A coleta dos frutos foi realizada por extração, em locais de maior frequência da munguba com frutos maduros. A primeira coleta de frutos foi feita em agosto de 2018, pelo Sr. Pedro Braga na margem direita do canal do Cambixe (Figura 50). Ele sozinho escalou 8 árvores em condições naturais e coletou os frutos por agitação dos galhos, sem qualquer protocolo ou equipamento de colheita. Esses frutos foram embalados em 4 sacos de rafia e embarcados para Manaus, onde foram expostos ao ar livre em área domiciliar coberta.

Figura 50 - Mapa da ilha de Careiro da Várzea, com o Paraná do Careiro e o canal Cambixe, com maior incidência de *P. munguba* e os pontos de coleta da competição (azul). O ponto vermelho é o local da primeira coleta, origem de 132 frutos.



Fonte: Guillaumet et al. (1993)

O conteúdo de 100 frutos foi extraído após abertura natural da cápsula e guardado dentro de um saco de ráfia. A resultante massa fibrosa com sementes, denominada paina primária (PP), foi estocada durante 15 dias, para posterior beneficiamento em máquina de turbulência eólica apresentada no capítulo anterior (2.3.2.). Após registro no CEGEN, licenciamento (IBAMA e MAPA) e múltipla autorização pela polícia federal do aeroporto, Brigadeiro Eduardo Gomes de Manaus, 120l do volume de Amazon-Kapok foram levados para a Alemanha, como matéria-prima de análises e testes.

A segunda coleta e extração da paina primária (fibras com sementes) em 2019, foi feita por integrantes da população tradicional da cidade de Careiro da Várzea, através de competição inspirada na pesquisa-ação de THIOLENT (1986). Três grupos de três integrantes de 16 a 20 anos de idade fizeram a coleta em 3 diferentes locais (Figura 50). No dia anterior à coleta foi dado um breve treinamento com informações sobre a árvore e seu fruto, bem como sobre o processo da extração por abertura natural. Foram apresentados os locais de coleta e, em comum acordo, cada grupo escolheu o seu preferido campo de coleta:

1. Da. Rosa:

Área inundada, na margem esquerda do paraná de Careiro, 500 m a montante da Vila. Local de dispersão mono-específica de espécimes de *P. munguba*, de acordo com a proprietária, com 5 a 7 anos de idade, que se encontravam com frutos.

2. Da. Teresa:

Área nas duas margens do canal do Cambixe, a 3.000 m a jusante da Vila. Local de dispersão disjunta da *P. munguba*, de acordo com a proprietária, com 10 a 20 anos de idade, com frutos.

3. Sr. França:

Área nas duas margens do canal do Cambixe, a 6.000 m a jusante da Vila. Local de dispersão disjunta da *P. munguba*, de acordo com o proprietário, com 15 a 50 anos de idade, com frutos. Árvores de maior altura e maturidade.

A metodologia foi adaptada a cada situação específica nas comunidades de várzea e suas preferências por atividades lúdico-festivas. Para incentivar os participantes e medir a eficácia da coleta de frutos da munguba pelos ribeirinhos ainda não acostumados com esse processo, foi feita uma premiação.

Os prêmios foram destinados para:

- a. o maior fruto;
- b. a maior coleta de frutos e
- c. o maior peso de paina primária.

Esboço para a competição “Dia da munguba”

A proposta é de lançar o desafio da competição de coleta de frutos da árvore munguba e extração de sua paina. Essa competição foi caracterizada como "Dia da Munguba" do município. Nesse primeiro evento, a duração era de nove (9) dias, de Quarta Feira, 7 de agosto a Quinta Feira 15 de agosto de 2019, durante a época de frutificação da espécie.

Inicialmente, reuniu-se os grupos na escola municipal Francisca Chagas, para um breve esclarecimento da competição. Em seguida foram distribuídos os equipamentos de trabalho e equipamentos de Proteção Individual - EPIs, tais como terçado, corda, sacos de ráfia, podão, capacetes, luvas, óculos e máscaras respiratórias. O transporte até as áreas de coleta foi feito por barco.

Os frutos foram acondicionados na quadra de esporte da escola, para secagem e extração da paina. Após contagem dos frutos, os maiores foram medidos para determinar o primeiro prêmio. O conteúdo de 2% dos frutos que já haviam liberados a paina foi recolhido em sacos de ráfia.

Assim que os frutos eclodiram, a sua paina foi recolhida e transferida manualmente para os sacos secos de coleta. Nesse trabalho, a quadra atrás da escola se mostrou apropriada, por receber plena insolação, mas ser protegida do vento.

Após 7 dias de extração, a paina primária foi pesada dentro dos sacos de ráfia, com balança eletrônica de sacaria (BALMARK - Actlife). Assim determinou-se o terceiro prêmio. Para entrega dos prêmios foi feita uma pequena cerimônia, aproveitando a estrutura montada para a comemoração da Padroeira de Careiro da Várzea, N.S. de Perpétuo Socorro.

A capacidade média de coleta de frutos e extração de paina primária foi calculada por equipe. Essa competição pode ser repetida em outros municípios da Amazônia Central, a serem escolhidos de acordo com a possibilidade de acesso. Desse modo, frutos de árvores *in natura* serão colhidos para chegar ao maior volume de paina primária, para separação de sementes e transformação em Amazon-Kapok. Foram separados os elementos do fruto, como sementes, cavacos e sabugos. Todos os produtos foram recolhidos, para encontrar soluções de utilidade e evitar seu descarte.

Separação dos componentes do fruto

Com a finalidade de determinação do peso dos componentes dos frutos, foi feita uma extração controlada. Foram escolhidos 80 frutos com comprimento de 20 a 22 cm e diâmetro de 10 a 12 cm, da área Da. Rosa. Cada unidade foi colocada em saco de papel de 5 L, numerado e fechado com fita crepe. Todos os sacos foram colocados em área

aberta, nas bancadas juntos aos outros frutos da coleta. Após 4 dias, quando a maioria dos frutos da coleta havia eclodida (aberto), foi feita a pesagem.

Os sacos foram agitados para soltar os cavacos do conteúdo. Os sabugos foram retirados do centro das espigas, mantendo as sementes e fibras dentro do saco. Os cavacos e sabugos foram pesados. A perda permanente de fibras leves foi desprezada, por que se determinou o peso das fibras, pelo cálculo da diferença do peso do fruto inteiro e da soma do peso dos cavacos, sabugos e sementes.

Através de agitação manual do saco de papel, durante 2 minutos, as sementes foram separadas da paina, pesadas e contadas. Como os sacos ficaram muito cheios, removeu-se $\frac{3}{4}$ do volume, para poder contar manualmente (por tato) as sementes remanescentes nas fibras. O número foi somado ao número da contagem.

Para fins da competição, no final da pesagem, as fibras foram depositadas nos sacos de ráfia da paina primária, junto às sementes, para integrar o peso total.

3.2.3 Análise de produtividade.

A produtividade foi determinada através da capacidade de coleta e extração da paina primária pelos produtores primários e através da produção por árvore, de diferentes dimensões.

Calculamos a coleta média por coletor, considerando as três situações distintas; 1. Grupo mono-específico, árvores de médio porte de 2. Árvores solitárias e espalhadas e 3. Grupo mono-específico de exemplares maiores.

Para a previsão da produção em escala, considerou-se a taxa de crescimento, principalmente de plântulas a partir de sementes e plântulas de rebrota de estaquia, junto à disponibilidade de terreno apropriado, nas áreas inundáveis, onde não haveria concorrência com lavouras alimentícias.

Germinação.

Os ensaios de germinação foram realizados na casa de vegetação do Laboratório de Entomologia Agrícola da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), sob influência do clima ambiente. Foi executado um teste com 100 e outros três com 50 sementes da mesma idade, com irrigação diária, até 5 mm de alagação. As sementes foram extraídas de dois frutos maduros, colhidos a duas semanas anteriores. A bandeja de germinação foi colocada sobre uma bancada de concreto há 80 cm do piso. Embaixo da cobertura transparente da casa de vegetação, há 2,50 m de altura, havia uma rede metálica (mesh 0,5 mm), de atenuação da iluminação natural em 50%, que também agia contra o acesso de maiores herbívoros.

A germinação foi medida em todos os experimentos com solo siltoso aluvial coletado na Cidade de Careiro da Várzea, sendo o substrato típico da várzea do médio Amazonas. Todas as impurezas, detritos e sementes foram retiradas e o solo homogeneizado manualmente. Bandejas de poliestireno fundido, com tamanho 61x42 cm receberam substrato de 2 cm de espessura, deixando um sulco central, para criar dois campos de observação com 27x40 cm. Os recipientes sem furo acumulavam água. A água evaporava no calor, no decorrer de 24 horas.

A germinação nos 10 vasos de polipropileno, do experimento do crescimento com 3 sementes cada, também foi observada. Esses vasos com 25 cm de altura e 10 cm diâmetro de foram enchidos com terra da várzea até a borda. Os vasos foram revestidos com papel toalha, para evitar perda de solo pelos furos da drenagem dos vasos. Para a permanente manutenção da umidade, os vasos foram colocados em caixas de poliestireno fundido (61 x 42 x 24 cm) com lâmina d'água entre 7 e 12 cm. Foi aplicada apenas estatística descritiva.

As sementes foram espalhadas aleatoriamente, com distâncias de 1 a 4 cm e levemente pressionadas no substrato úmido (sem recobrimento), para evitar o seu deslocamento pelo jato de irrigação, no teste de germinação e, do mesmo modo, no teste de crescimento (Figura 51).

Figura 51 - Três sementes de *Pseudobombax munguba* na superfície do substrato de Silte úmido, levemente pressionados para evitar deslocamento.



Fonte: Keppler, 2019

O momento do aparecimento da radícula foi estabelecido como indicador de germinação, assim como a primeira folha, como indicador da viabilidade da plântula, como em OLIVEIRA-WITTMANN (2007).

Após germinação nos vasos, 10 plântulas no total (uma plântula em cada vaso) foram escolhidas para o ensaio de crescimento. A altura das plântulas foi monitorada com fita métrica, ao longo de 90 dias, de acordo com a duração da fase terrestre nas cotas mais baixas da ATTZ, de acordo com WITTMANN *et al.* (2010).

Taxa de crescimento

Foram realizados dois experimentos. Um com forte perda de sedimento inicial, pelos furos de drenagem dos vasos e frequente estresse hídrico. O outro foi instalado com retenção de sedimentos pelo papel toalha, para vedar os furos e manutenção de umidade, através da colocação dos vasos em recipiente com água. O crescimento foi monitorado em 10 plântulas de cada experimento, medindo-se o comprimento da planta com fita métrica de 100 cm. Mediu-se da superfície do solo até a altura da última folha. Quanto à erosão, o rebaixamento do nível do sedimento foi adicionado ao crescimento, pois, as plantas se adaptaram perfeitamente, transformando a parte subterrânea em tronco.

Propagação vegetativa

O primeiro ensaio foi instalado em solo de várzea no município de Careiro da Várzea. Dos galhos da base de árvores de munguba oriundas do agrupamento próximo à cidade foram preparados 10 segmentos vegetativos de 1, 0,6 e 0,4 m cada, somando 30 estacas. Essas estacas foram enterradas em 0,8 e 0,4 e 0,2 cm de profundidade, com 80 cm de espaçamento entre elas, deixando 20 cm da estrutura aparente na fase aérea. O plantio foi feito sempre com a orientação apical para cima.

O segundo ensaio foi realizado a partir de galhos basais de espécimes de munguba da vegetação ciliar do igarapé do Mindú, no Passeio do Mindú da cidade de Manaus (PQ10), obtendo-se 20 propágulos vegetativos (segmentos de galhos), com comprimento de 0,4m e 1,5 a 3cm de diâmetro; da ponta, do entrenó e mais próximo ao caule lenhoso. Os segmentos foram inseridos em 10 vasos com terra da várzea, da mesma forma que no experimento de crescimento a partir de semente. Os outros 10 segmentos foram mantidos em balde com 20 cm de água da chuva.

Áreas de plantio

As áreas de plantio foram identificadas, nas faixas da várzea média/baixa. A disposição de fazendeiros, em plantar munguba em pastos inundáveis foi sondada em entrevistas livres. Especialmente nessa sondagem, contou-se com apoio e indicação pela prefeitura de Careiro da Várzea.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 A Capacidade de Coleta e Extração

Foram coletados em 4 horas 132 frutos pelo Sr. Pedro em agosto de 2018. Desses, 117 eclodiram espontaneamente e a paina primária (PP) de 100 frutos foi reunido em um saco de ráfia, que logo após a última extração pesou 8,24 kg. Antes do beneficiamento, após 15 dias de estocagem, foram aferidos 6,87 kg. Esta diferença de peso do saco fechado foi de 16,63%. A diminuição do peso se baseia na emanação de vapores a partir da PP.

A coleta em agosto 2019 feita pelas equipes foi feita em 3 horas e meia. Supõe-se, que a habilidade em escalar árvores e sacudir os galhos para o decapeamento do fruto são similares para todos os integrantes dos três grupos. No total foram coletados 1029 frutos, com a produtividade de 114 frutos por competidor ou 28,5 frutos por homem/hora. Isso confirma a capacidade obtida da primeira coleta de um homem só, que foi de 132 frutos em 4 horas ou 33 frutos por hora.

Figura 52 - Formação natural de *Pseudobombax munguba* com 15 a 50 anos, de acordo com o proprietário no médio Cambixe, na Ilha Careiro da Várzea, local da coleta dos maiores frutos.



Fonte: Keppler, 2019

Os dados mostram variabilidade entre os três grupos de coleta, sendo 494, 382 e 167 coletados pelos grupos “Da. Rosa”, “Da. Teresa” e “Sr. França”, respectivamente. A maior coleta foi do grupamento mono-específico de *P. munguba* da Da. Rosa, mesmo

com os tamanhos menores. Várias árvores, uma próxima à outra, podiam ser alcançadas pelo barco sem maior deslocamento.

As árvores frondosas apresentavam maiores dificuldades de escalamento (Figura 52), mas, apresentaram os maiores frutos (Figura 53). Além disso, tinham a maior quantidade de formigas e, o mais ativo da equipe enfrentou um ataque de vespas, um perigo nas árvores mais antigas. Ofídios não foram avistados, mesmo com a sua presença conhecida pela população tradicional.

A coleta se mostrou mais fácil na área inundada do que em solo (lama). Mesmo que habitantes da várzea estejam familiarizados com ambiente de solo encharcado, o esforço é maior, devido à difícil locomoção. Na área inundada, os frutos podiam ser recolhidos da superfície da água, a partir da canoa. A conexão do fruto com o galho se mostrou muito frágil. Assim, após uma hora de trabalho com estacas e podão, todos desenvolveram a técnica de subir nas árvores de fácil escalada e balançar o galho para provocar a queda dos frutos (Figura 53).

Figura 53 - Frutos de *Pseudobombax munguba*, variedade “oval” com cor vermelha no pasto abaixo das árvores (em comparação com a pasta de documentos de 35x23,5 cm).



Fonte: Keppler, 2019

A Tabela 14 apresenta os dados de coleta de frutos e a extração da paina dos grupos. Em média, houve uma extração de PP de $162,0 \pm 6,8$ g/fruto. O grupo de coleta na Da. Rosa entregou a maior quantidade de frutos (494), mas, a menor extração de PP, com 147,8g/fruto (n=337). Os grupos Da. Teresa e Sr. França extraíram 163,18 (n=239) e

165,00 g/fruto (n=124) de PP, respectivamente. Isto indica, que os frutos na Da. Rosa foram menores que nos outros locais, o que corresponde com as observações visuais.

De todos os frutos, apenas 65 a 75% eclodiram espontaneamente durante os 7 dias de exposição ao sol.

Tabela 14 - Resultados de coleta de frutos de *Pseudobombax munguba* e extração de sua paina (7d), de três grupos competitivos.

| Grupo | Frutos total | n = Frutos eclodidos | Frutos inviáveis | viáveis (%) | PP total (kg) | PP/fruto (g) |
|--------------|--------------|----------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|
| Da.Rosa | 494 | 337 | 157 | 68,22 | 49,8 | 147,77 |
| Da.Teresa | 368 | 239 | 129 | 64,95 | 39,0 | 163,18 |
| Sr.França | 167 | 124 | 43 | 74,25 | 21,7 | 165,00 |
| Total | 1029 | 700 | 329 | 68,03 | 99,6 | 161,99 |

Notou-se que, em desacordo com o que tinha sido combinado, o pessoal tinha juntado os sabugos. Isto levou a um aumento do peso da PP, de 100%, o que significa, que o sabugo, na hora da eclosão, tem peso igual à PP. Isso foi confirmado pelo experimento de separação dos compartimentos com os frutos da Da. Rosa, onde foi encontrado de $77,20 \pm 26,43$ g/fruto ou 52% do peso da PP na amostra total (Tabela 15/Tabela 14). Em comparação, a extração de Paina Primária PP medida no experimento de 2018 (n=100) foi de $68,7 \pm 3,5$ g/fruto (Tabela 4).

O menor peso da PP entre a extração em 2018 (n=100) e a extração na cidade de Careiro da Várzea (n=55) se deu devido à diferença do tempo e intensidade de secagem. Em 2018, a pesagem foi feita após espera de 15 dias, durante o tempo da montagem da máquina de beneficiamento. Nesse tempo, a PP foi mantida em área sombreada, mas, continuou perdendo umidade.

Componentes do fruto

Para quantificar a possível extração do fruto, foi feita a extração controlada. Dos 80 frutos ensacados 55 eclodiram (69%) em 4 dias ao sol. Desses 55 frutos, foram extraídos 4.246 g de paina primária. Foram diferenciadas as variedades da forma do fruto pontudo com 31 unidades e oval com 24. Os frutos tinham tamanhos similares, mesmo assim, houve variabilidade sem significância estatística ($p = 0,5$) do peso do fruto entre as duas variedades; bicudo de $985,06 \pm 155,51$ g e da oval de $808,17 \pm 188,29$ g.

A produção de fibras foi $32,70 \pm 11,90$ g por fruto na variedade pontuda e $33,68 \pm 15,14$ g na variedade oval (Tabela 15). No ensaio de beneficiamento foram produzidos $25,07 \pm 4,186$ g de Amazon-Kapok por fruto (Tabela 4). Essa diferença se explica pela evaporação a partir das fibras da PP, quando ainda não expandidas. Isto mostra, que

durante a expansão as fibras perdem ~ 20% de líquido, que reveste as fibras de extrema hidrofobicidade (2.3.3.5.).

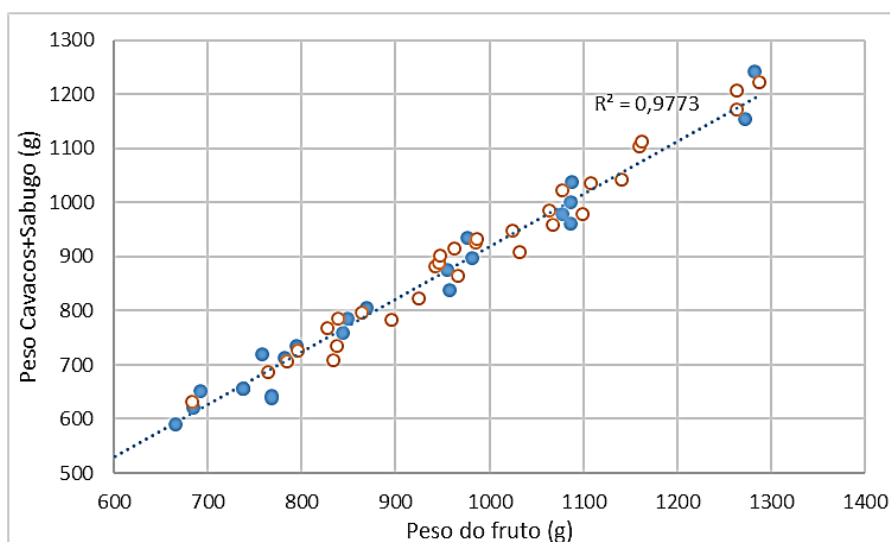
Tabela 15 - Quantificação dos compartimentos do fruto de *Pseudobombax munguba*, em duas variedades de frutos (n=55), pontuda e oval (cav. + sab. = cavacos e sabugos; PP = paina primária; sem. = sementes; fr. = fruto; dp = desvio padrão).

| Compart. Variedade | fruto (fr.) | | fibra/fr. | | PP/fr. | | semente singular | |
|--------------------|-------------|--------|-----------|-------|--------|-------|------------------|--------|
| | (g) | dp | (g) | dp | (g) | dp | (g) | dp |
| pontuda | 985,06 | 155,51 | 32,70 | 11,90 | 76,48 | 24,91 | 0,0233 | 0,0056 |
| oval | 886,29 | 191,12 | 33,68 | 15,14 | 78,13 | 28,81 | 0,0251 | 0,0096 |

| Compart. Variedade | cav. + sab. | | sem./fr. | | fibra/PP | | sem./fr. | |
|--------------------|-------------|--------|----------|-------|----------|------|----------|--------|
| | (g) | dp | (g) | dp | (%) | dp | número | dp |
| pontuda | 908,58 | 157,59 | 43,78 | 14,36 | 42,54 | 6,44 | 1893,19 | 537,12 |
| oval | 808,17 | 188,29 | 44,45 | 15,21 | 42,54 | 6,92 | 1855,46 | 663,33 |

Na hora da eclosão, o peso dos cavacos da cápsula e os sabugos do fruto de *P. munguba* compõe 90,93 a 92,05% do peso total. O peso dos cavacos e sabugos apresenta boa correlação quando comparado com o peso do fruto (Figura 54).

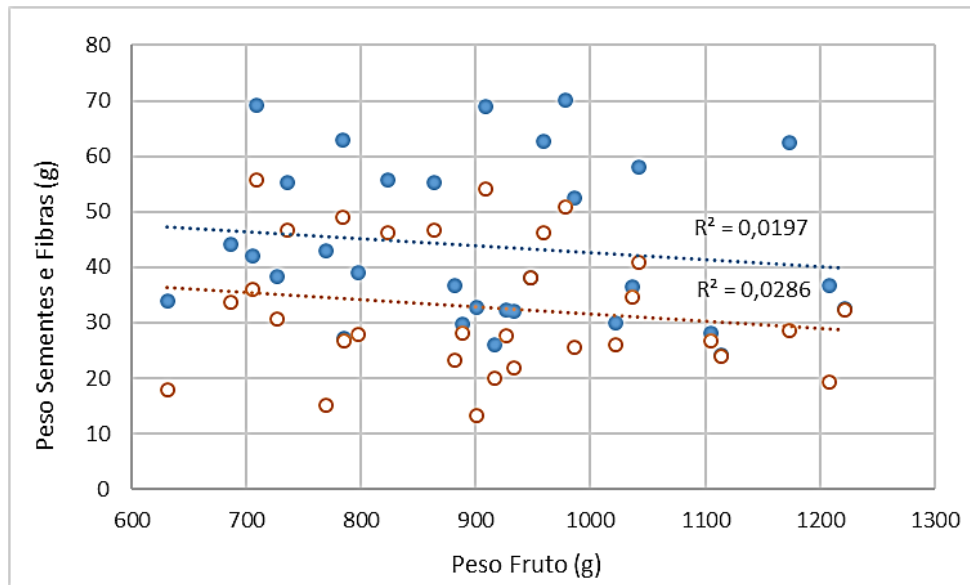
Figura 54 - Correlação do peso de cavacos e sabugos com o peso do fruto das variedades pontuda (○) e oval (●) de *Pseudobombax munguba*.



Fonte: Keppler, 2020

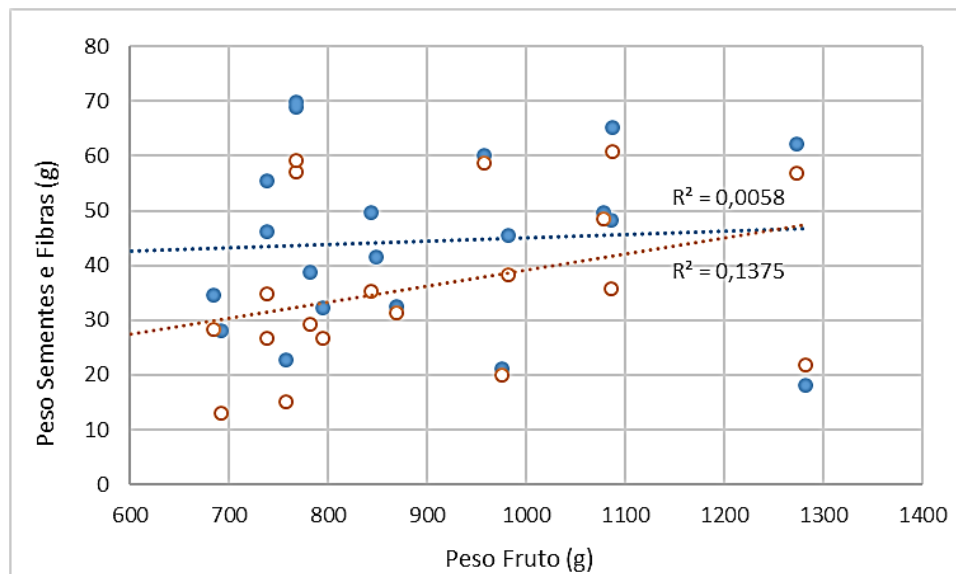
No que se refere à paina primária - PP, constituída de fibras e sementes, mostrou correlação com o peso do fruto menor que $R^2=0,05$ nas variedades pontuda e oval (Figura 55 e Figura 56). A participação de fibras na PP permanece igual nas duas variedades, sendo de 42,54% (Tabela 15).

Figura 55 - Correlação do peso de sementes (●) e fibras (○), com o peso do fruto da variedade pontuda de *Pseudobombax munguba*.



Fonte: Keppler, 2020

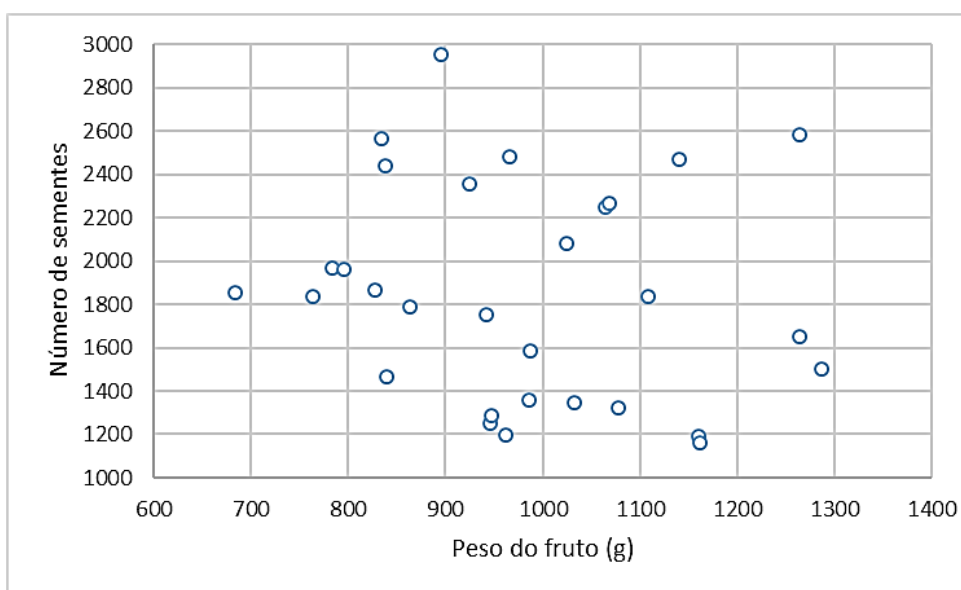
Figura 56 - Correlação do peso das sementes (●) e do peso de fibras (○), com o peso do fruto da variedade oval de *Pseudobombax munguba*.



Fonte: Keppler, 2020

Houve extrema variabilidade do peso individual das sementes e do peso do fruto nas duas variedades do fruto pontuda e oval ($R^2 \leq 0,001$). O número de sementes em comparação ao peso do fruto também teve correlação com $R^2, 0,001$, nas duas variedades pontuda e oval (Figura 57 e Figura 58).

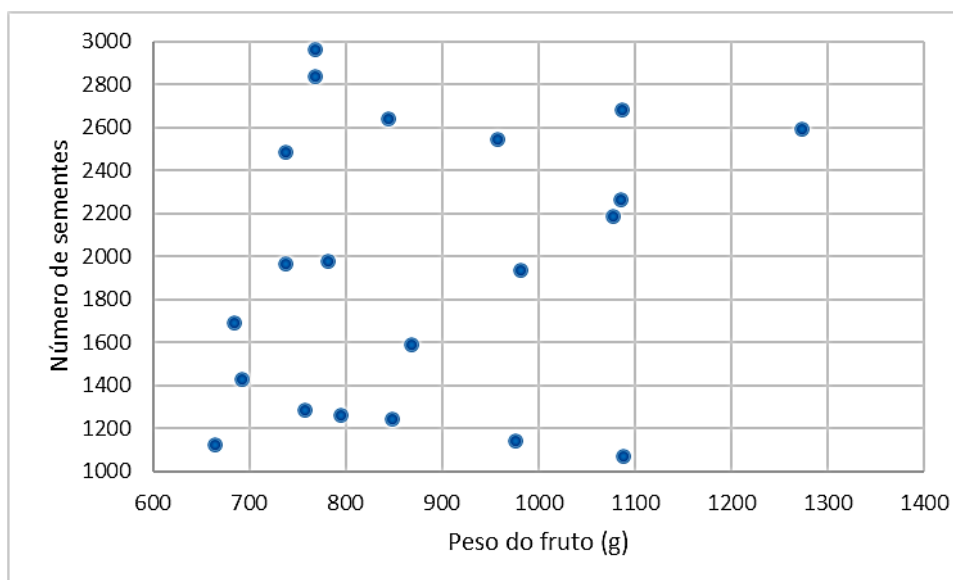
Figura 57 - Relação do número de sementes por fruto (○) com o peso do fruto da variedade pontuda de *Pseudobombax munguba*.



Fonte: Keppler, 2020

A correlação do número de sementes com o peso do fruto ocorre, porque, na diferença dos pesos se trata principalmente do teor de umidade na parede da cápsula. Por outro lado, como se trata de dados com variabilidade natural, há de se esperar maior variância, mesmo com a restrição da faixa de tamanho de 20 – 22 cm.

Figura 58 - Relação do número de sementes por fruto (●) com o peso do fruto da variedade oval de *Pseudobombax munguba*.



Fonte: Keppler, 2020

A correlação do peso de cada semente singular com o número de sementes mostrou-se independente, mesmo apresentando uma tendência (estatística) de aumento, junto ao incremento do número de sementes (Figura 59 e Figura 60). Entendemos que esta questão depende do estado particular do fruto, quanto à condição nutricional. Quanto melhor,

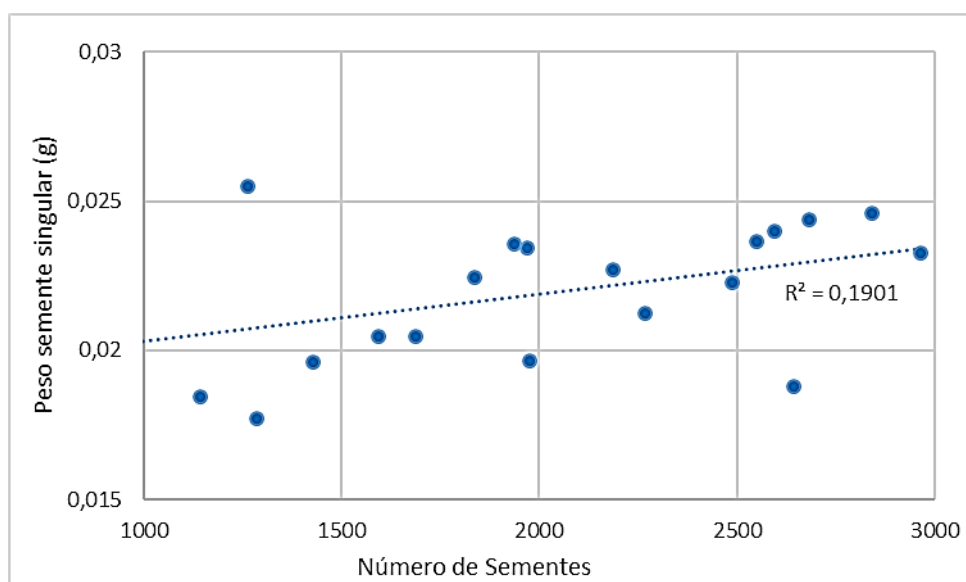
maior o número de sementes e o peso de cada uma. Nesse caso, não haveria restrição pelo espaço. Referente ao elevado número de sementes, encontrou-se frutos com até três camadas, onde era ligada a um nível, mostrado na Figura 17 (1.3.1.5).

Figura 59 - Correlação do peso da semente singular (○) com o número de sementes por fruto da variedade pontuda de *Pseudobombax munguba*,.



Fonte: Keppler, 2020

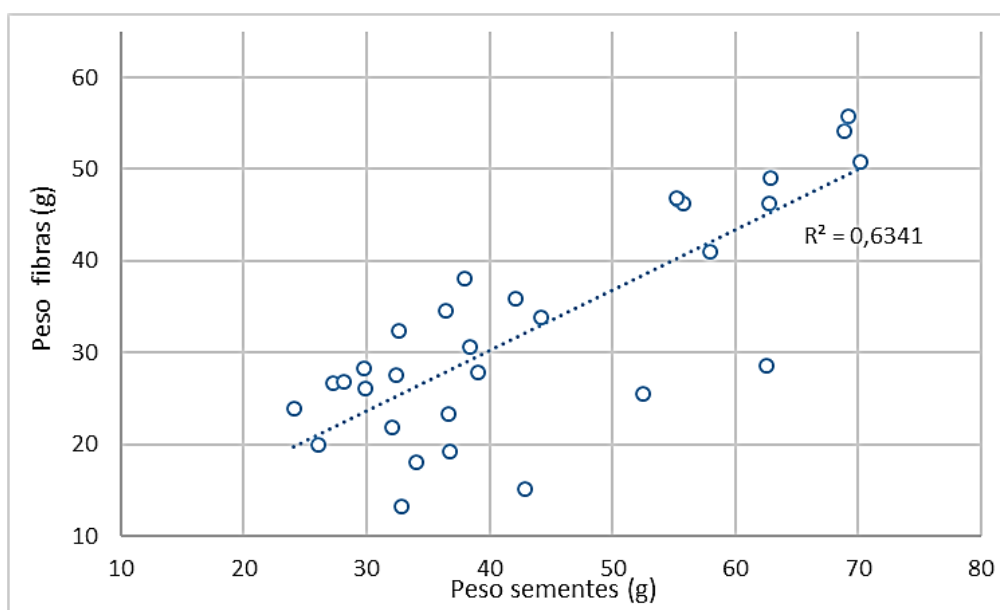
Figura 60 - Correlação do peso da semente singular (●) com o número de sementes no fruto da variedade oval de *Pseudobombax munguba*.



Fonte: Keppler, 2020

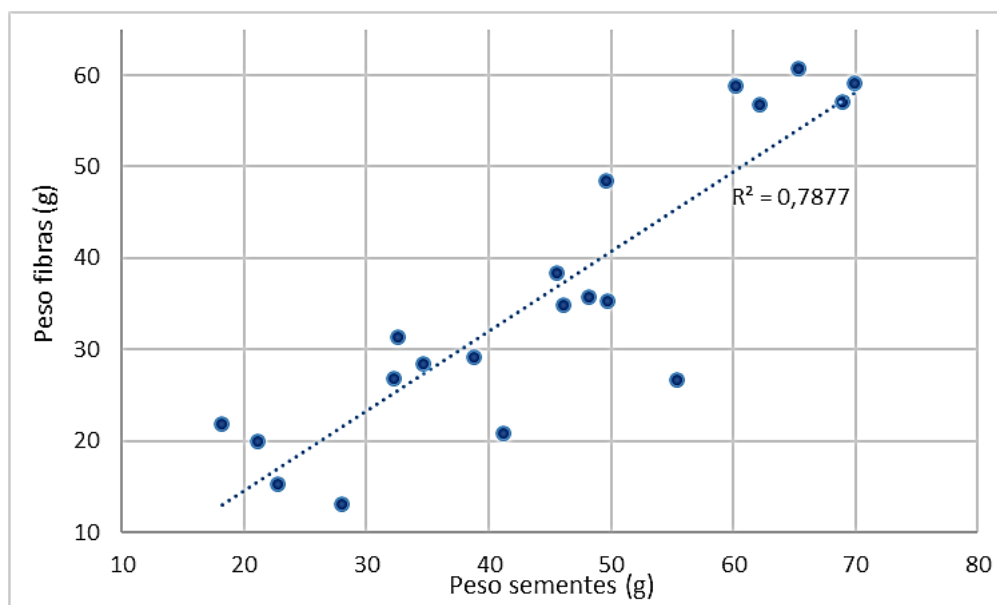
A correlação do peso das fibras com o peso das sementes se mostrou igual nas duas variedades do fruto pontuda e oval (Tabela 15). Com a participação das fibras na PP de 42,54%, o resultado esperado era de boa correlação (Figura 61 e Figura 62).

Figura 61 - Correlação do peso das fibras no fruto (○) com o peso das sementes da variedade pontuda de *Pseudobombax munguba*.



Fonte: Keppler, 2020

Figura 62 - Correlação do peso das fibras no fruto (●) com o peso das sementes da variedade oval de *Pseudobombax munguba*.

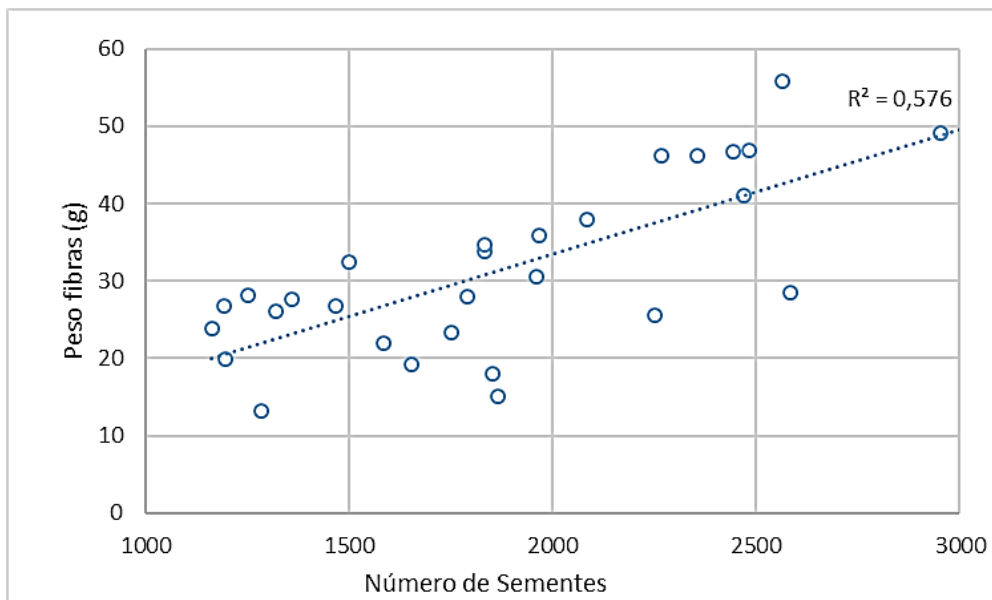


Fonte: Keppler, 2020

A correlação entre o peso das fibras e das sementes de $R^2 = 0,63$ e $R^2 = 0,79$, para as variedades pontuda e oval, respectivamente, permitiu assumir que a planta produz o Kapok de acordo com o número de sementes ou o volume de 5 a 10 cm³ para cada semente. Isso se confirmou na correlação entre o peso das fibras com o número de sementes, que se apresenta como 0,58 e 0,67, para as variedades pontuda e oval, respectivamente (Figura 63 e Figura 64). A menor correlação do peso das fibras com o

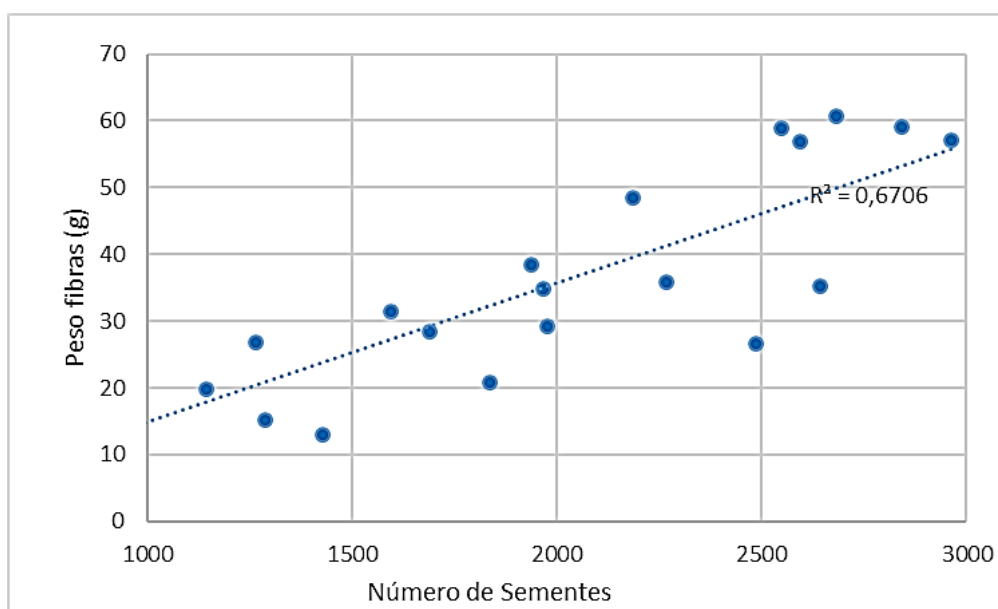
número de sementes revela que a unidade do conteúdo do fruto é distribuída em proporções desiguais entre sementes e fibras.

Figura 63 - Correlação do peso das fibras no fruto (○) com o número das sementes da variedade oval de *Pseudobombax munguba*.



Fonte: Keppler, 2020

Figura 64 - Correlação do peso das fibras no fruto (●) com o número de sementes da variedade oval de *Pseudobombax munguba*.



Fonte: Keppler, 2020

Esse ensaio da pesagem de uma classe de tamanho (comprimento 20 a 22 cm), das variedades de fruto pontuda e oval, apresenta ampla variabilidade de peso. A esse respeito, percebeu-se que toda a capacidade nutritiva do fruto de gerar sementes está sendo aproveitada, através do desenvolvimento do número máximo de sementes. O

volume de fibras está em acordo com a necessidade para a dispersão das sementes. A diferença entre os pesos se dá, principalmente, pela umidade que se concentra nos cavacos da cápsula e na estrutura central de inserção de sementes.

3.3.2 Germinação e taxa de crescimento

A disponibilidade de sementes é o mais importante indicador do potencial da produtividade (CONSERVA, 2007), junto a elevadas taxas de germinação e crescimento (GUIMARÃES, 2012). A germinação da semente da munguba em solo de várzea pode ocorrer em 24 horas. Nem sempre os pelos radiculares são desenvolvidos acima da superfície do solo (Figura 65A). Geralmente se trata de ancoragem dentro do sedimento. A semente sempre germina com a radícula saindo do ponto umbilical, onde estava inserida na estrutura central do fruto. Encontrou-se a germinação das sementes no solo, submersas e sobrenadando em tufo de paina (Figura 65A, B e C).

Quanto à germinação submersa (Figura 65B), observamos o oxitropismo da radícula, corroborando com FERREIRA *et al.* (2016). Mesmo em tufo de fibras a semente germinou e desenvolveu as folhas primárias, formando uma plântula na borda externa do vaso de polipropileno (Figura 65C). Isso demonstra a facilidade do estrategista r para germinar em qualquer circunstância.

A segunda observação se refere à germinação em etapas. Em *P. munguba* encontramos três etapas, com intervalos de 15 dias. A primeira leva de 2/5 das sementes germinou em curto prazo, a partir do dia 2 até o dia 7. Depois de uma pausa de 5 dias, outra leva de 1/5 de sementes germinou e, após mais um intervalo de 10 dias, mais uma leva germinou (Figura 66 e Figura 67). Nas sementes oriundas de Careiro da Várzea, 75% germinaram e desenvolveram plântulas. A germinação observada no ensaio de crescimento resultou em 76%, numa taxa próximo à do ensaio de germinação de 100 e 50 sementes.

As condições do experimento de OLIVEIRA-WITTMANN (2007) são muito diferentes, com as sementes germinando em câmara climática na Alemanha, usando substrato artificial (TKS2 Instant). MELO *et al.* (2015), que trabalharam em câmara climática na UNB em Brasília, com substrato artificial adubado (Bioplant[®] soil), relatam um percentual de germinação, em torno de 90%. Somente CONSERVA (2007) conduziu os experimentos em casa de vegetação com solo de várzea e obteve uma porcentagem de germinação comparável, de 55 a 65%.

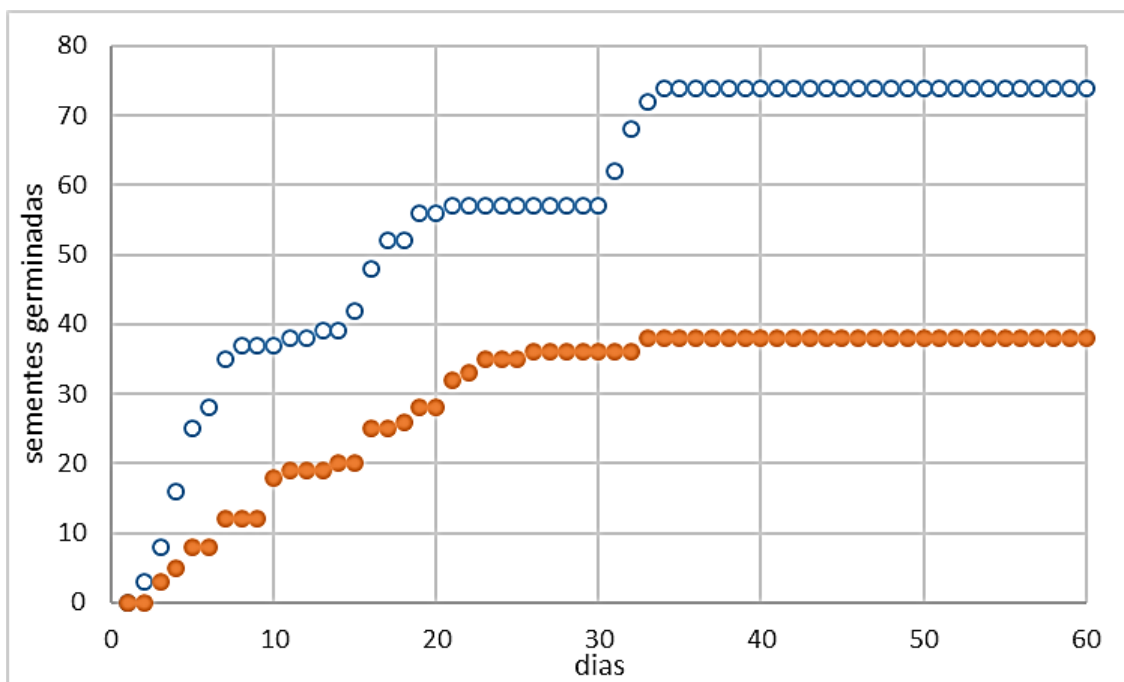
Figura 65 - Germinação da semente de *Pseudobombax munguba*; A. Semente em ancoragem, com pelos de 0,4 mm, no silte úmido (grão Ø 0,02 mm), B. Semente submersa e C. Folhas primárias em tufo aderida à parede do vaso.



Fonte: Keppler, 2019

A germinação em intervalos, ainda não tinha sido observada (Figura 66). Germinaram nos primeiros 8 dias 38%, após 15 dias mais 15% e após 30 dias mais 17%, totalizando 75% no total. Perdeu-se a oportunidade de correlacionar os momentos de germinação com eventos climáticos. Entretanto, observamos durante a germinação na proteção embaixo do dossel de plântulas maiores (Figura 67) a alteração entre dias ensolarados com calor tropical, seguidos por dias chuvosas e resfriamento.

Figura 66 - Germinação de sementes de *Pseudobombax munguba*, em 60 dias, com 50 (●) e 100 sementes (○).



Fonte: Keppler, 2020

Figura 67 - Embaixo do dossel, mudas em solo da várzea em casa de vegetação, onde germinou uma terceira leva de sementes de *Pseudobombax munguba*, após trinta dias da semeadura.



Fonte: Keppler, 2019

A germinação das sementes em grupos e seu crescimento embaixo do dossel de plântulas já estabelecidas, garante para a *P. munguba* o visível sucesso sob condições

adversas. Mesmo após repetidos esforços de supressão por corte raso (roça) na seca e prolongada submersão na cheia, as plântulas resistem em pastagens das várzeas da Amazônia Central, sendo rejeitadas pelo gado (Figura 68).

Figura 68 - Rebrotas naturais de plântulas de *Pseudobombax munguba* em pastagem, após repetida supressão por corte raso.



Fonte: Keppler, 2018

Na vazante, no solo encharcado da várzea plântulas se estabelecem com facilidade, com imediata penetração pela radícula. Sementes que germinaram escondidas nos tufos flutuantes, ou em fase submersa na área da arrebentação, têm a vantagem de ser jogadas nas margens pelas ondas, embrulhadas em detritos e assoreadas com o silte da várzea.

Quando caem em pastagem ou terra, as sementes estão protegidas contra o ressecamento pelos tufos da paina. Sementes dentro dos tufos, normalmente não são encontradas por insetos, roedores e aves, sendo a razão para a certeza de que há sementes em cada tufo na pastagem. Dessa forma, perduram até iniciar a sua germinação na época de maior umidade, a partir de dezembro, após eventos de volumosa precipitação. Uma vez estabelecidas, observa-se rápido crescimento, a partir das plântulas de duas folhas primárias (Figura 65C).

No experimento de crescimento, as folhas imaturas e cordiformes continuavam até a nona folha e, somente a décima folha nasceu como folha madura, dividida em dois a quatro folíolos. Assim que apareceram folhas maduras, aumentou a presença de formigas (Figura 69C) e infestação com pulgões (Figura 69D). Deve ser uma maior atividade fotossintética e maior produção de assimilados que atrai os insetos.

A herbivoria também atingiu em especial as primeiras folhas maduras (Figura 69A). Diferentes gafanhotos apresentaram um problema. Eles conseguem, de um dia para o outro, consumir a folhagem de uma plântula inteira. Um tipo de lagarta não identificado, apareceu de modo singular e espontaneamente (Figura 69B).

Figura 69 - Herbivoria em *Pseudobombax munguba*, em casa de vegetação; A. Folhas maduras novas com danos, B. Lagarta (Lepidoptera) C. Formigas (Formicidae) – proto-cooperação com pulgões D. Pulgões, - sinfúnculos brancos com melato.



Fonte: Keppler, 2019

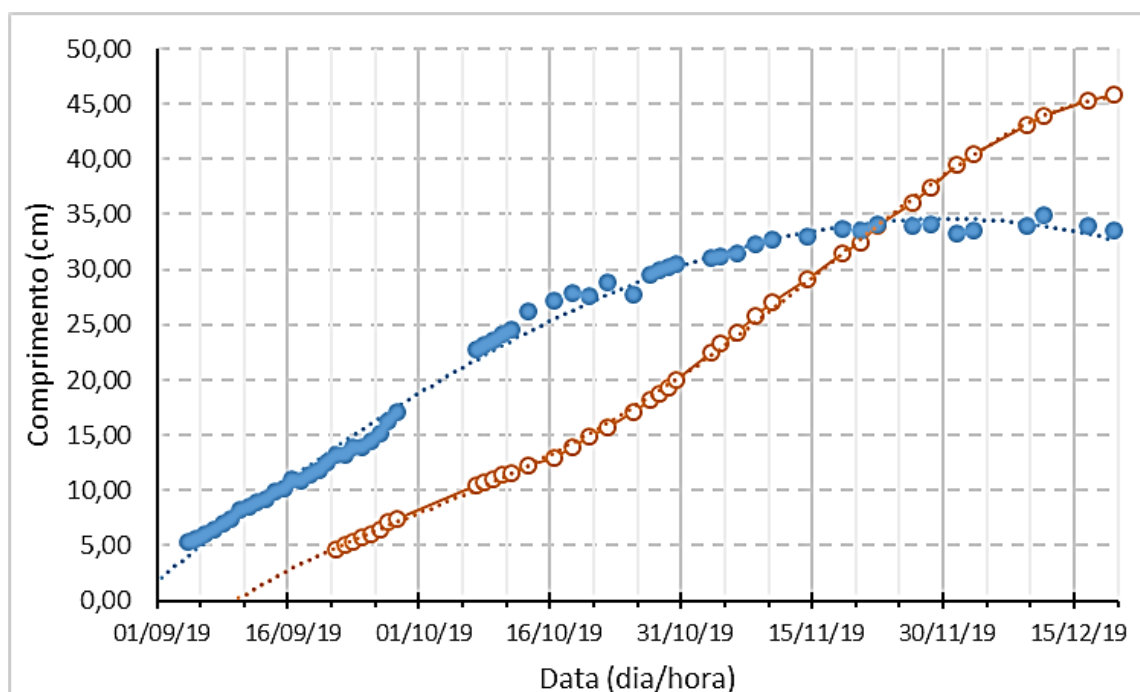
No primeiro arranjo, onde os vasos perderam até $\frac{3}{4}$ do seu substrato, iniciou-se repetido estresse hídrico e, no final, as plântulas tiveram crescimento zero (Figura 70). Essa perda foi evitada no segundo arranjo, pelo revestimento interno dos vasos com

papel-toalha. Nesse arranjo, também houve permanente umidade, por meio da colocação dos vasos em caixa com água permanente de 7 a 15 cm. Nessas condições, o crescimento nos dois ensaios dobrou, com 14 dias de diferença (Figura 70).

Nos primeiros 35 dias, o crescimento nos vasos de constante umidade era menor que nos vasos com estresse. Isso deve estar associado ao menor teor de oxigênio no solo úmido e maior resistência contra a penetração da raiz. Mas, depois que a raiz se estabelece, o maior acréscimo chegou a $5,67 \pm 1,35$ mm por dia durante 40-45 dias, que coincidiu com a brota das primeiras folhas maduras.

O crescimento medido nesses ensaios não é comparável com os resultados na câmara climática na Alemanha de OLIVEIRA-WITTMANN (2007) que, com 20 cm em 90 dias, mediu a metade do comprimento de 45 cm das plântulas com umidade constante, em solo da várzea (Figura 70).

Figura 70 - Curva de crescimento de plântulas de *Pseudobombax munguba*, a partir das sementes da germinação, com erosão (●) e umidade constante (○).



Fonte: Keppler, 2020

3.3.3 Propagação vegetativa

A primeira observação de regeneração deu-se na ocasião de descarte de uma leira de galhos de poda no quintal de casa particular. Depois de dois meses, os galhos de cima se encontravam totalmente ressecados. Quando retirados, notou-se a permanência da turgescência dos galhos em contato com o solo. Nesses galhos encontrou-se diversos brotos. Um com novo caule de até 12 cm de comprimento e lançamento de folhas com nove folíolos (Figura 71 A.). Raízes não foram detectadas, mas as lenticelas incharam,

destacando-se com acumulação de hifas (fungos). Esse fato evidencia a capacidade de regeneração de *P. munguba* que foi comprovada sob diferentes condições.

No experimento de campo, as estacas enterradas na profundidade de 10 cm do solo de várzea, na cidade de Careiro da Várzea, secaram todas em 7 dias de sol contínuo. As enterradas a 40 cm de profundidade, mesmo tendo ficado verdes durante 28 dias, secaram após 35 dias. 3 estacas de 10, em profundidade de 80 cm apresentavam brotos em 21 dias e desenvolveram folhas palmadas com crescimento de talo após 35 dias (Figura 71B e C). Foram as estacas em posição da maior incidência solar. No entanto, na primeira campanha de roça pela prefeitura, elas foram seriamente danificadas, mas se recuperaram em 5 dias, com novas folhas de 5 a 9 folíolos.

Figura 71 - Regeneração de galhos de *Pseudobombax munguba*; A. Regeneração em galho pós-poda, acima do solo, B. Broto em galho enterrado a 80 cm, C. Folhas em galho enterrado a 80 cm, e D. Broto subterrâneo (30 cm) em galho enterrado a 80 cm, na ilha de Careiro.



Fonte: Keppler, 2019

O experimento das estacas enterradas foi interrompido após 90 dias. As estacas foram retiradas para identificação do enraizamento. Raízes foram verificadas somente em uma estaca que tinha brotado na sombra. Em todas as outras estacas vivas apenas lenticelas inchadas foram encontradas.

Duas estacas apresentavam o broto abaixo do nível do solo em 30 e 35 cm, tendo formado um caule de 10 a 15 cm de comprimento e novas folhas de cinco folíolos, ainda amarelas. Esses brotos estavam crescendo na fenda entre solo e estaca, no sentido ascendente (Figura 71D).

A parte aérea das estacas estava ressecada até 5 cm acima do solo. Abaixo da superfície, a casca verde estava preservada. Lenticelas ao longo da estaca enterrada ficaram inchadas. Na condição do terreno, apenas 3 estacas plantadas em 80 cm de profundidade ficaram inviáveis (Tabela 16).

Tabela 16 - Resultados da regeneração de 10 segmentos de galhos de *Pseudobombax munguba*, com 1 m de comprimento, plantados em 80 cm de profundidade e espaçamento de 80 cm (+ = broto; + sub = broto subterrâneo; seco = morto).

| Dias | Segmento de galhos | | | | | | | | | |
|------|--------------------|------|---|------|------|----------|------|----------|---|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 15 | + | | + | + | | | | | | |
| 30 | + | | + | + | + | | | | + | |
| 60 | + | seco | + | seco | seco | + sub | seco | + sub | + | seco |

O inchaço das lenticelas foi detectado outra vez, em ensaio de regeneração de dez segmentos de galhos de *P. munguba*. Após 10 dias em pleno sol, quando a água chegou a 52°C, julgou-se o ensaio como perdido. Ele somente não foi interrompido, porque os segmentos continuavam verdes, mas a rebrota se deu na próxima observação, após 30 dias do início. Contudo, a rebrota se deu na próxima observação, após 30 dias do início. Nos segmentos subapicais se desenvolveram folhas com 6 folíolos com caule de até 5 cm. O segmento apical manteve os brotos iniciais turgescerentes, mas não desenvolveu folhas até o transplante em solo. As folhas murcharam e as estacas secaram, quando enterrados e colocados na sombra da casa de vegetação da UFAM.

A forma de regeneração, com priorização do desenvolvimento autótrofo pode ser uma estratégia de sobrevivência. Desse modo, a seiva primária absorvida pelas lenticelas inchadas (Figura 72) e as reservas da estaca são direcionadas para o desenvolvimento da parte fotossintética que, já “nascendo” adulta, produz a seiva elaborada indicada pela intensa visitação dos nectários extraflorais por diferentes espécies de formigas (Figura

18). O desenvolvimento da parte fotossintética permite o posterior desenvolvimento da raiz, quando aumenta a necessidade de absorção da água pela transpiração das folhas.

Das 10 estacas com umidade permanente, nas mesmas condições que as plântulas do crescimento, somente duas começaram a brotar, mas depois, todas falharam nas condições de casa de vegetação, com 50% de atenuação de luz. As duas estacas com regeneração murcharam junto aos três segmentos de galho com folhas que tinham sido regeneradas em água. Atribuiu-se isso à baixa iluminação, pois haviam se passado vários dias nublados e chuvosos. Reforçamos o caráter heliófilo da espécie *P. munguba*, que precisa para o seu desenvolvimento a plena exposição ao sol tropical.

Figura 72 - Lenticelas inchadas próximo ao corte basal de galho regenerado em água.



Fonte: Keppler, 2018

Em estacas regeneradas na sombra foram encontradas raízes adventícias a partir de lenticelas. Isto está de acordo com observações próprias em plântulas alagadas, onde se desenvolvem raízes adventícias no caule. Depois, mudas alagadas cresceram mais rápido do que as do controle no solo irrigado (dados não publicados).

Contudo, é possível estabelecer estaqueamento verde, através de partes lenhosas de *P. munguba*, sendo uma proteção mecânica do solo, com posterior enraizamento. A

metodologia por estaquia profunda possibilita o reflorestamento em curto prazo de tempo (SILVA, 2004).

3.3.4 Áreas de plantio

Verificou-se ao longo de centenas de quilômetros, trechos em que falta mata ciliar nas margens de rios barrentos. Nas observações registrou-se, também, acelerada erosão por terra caída e conseqüentemente dinâmica de assoreamento, bem como criação de praias, como alega HOUSEHOLDER *et al.* (2016). Por exemplo, surge uma terra nova à margem direita do rio Solimões, obstruindo o canal de Curari, ao lado da Ilha da Marchantaria, no município de Iranduba, na Amazônia Central. Pela informação de moradores de Curari, inicia-se já a disputa pelo uso da área. Ainda instável, esse terreno aparece apenas durante quatro meses de seca, com a sua vegetação dominada pela espécie *Alchornea castaneifolia*. Estas terras novas poderão ser plantadas com árvores da espécie *P. munguba* que irão crescer junto ao contínuo assoreamento e iniciar uma nova floresta. Em tempos históricos, a regeneração de galhos flutuantes da munguba formava a resistência natural contra a correnteza. Isto pode ser arranjado artificialmente.

Existem extensas áreas alagáveis degradadas, marginais aos rios e lagos de águas barrentas. São terrenos com vegetação rasteira e raras florestas de embaúba (*Cecropia membranacea* e *C. latiloba*). A degradação é oriunda da transformação da mata ciliar em lenha combustível para os vapores da época da borracha (Capítulo I). Esses antigos habitats da munguba, se transformam em mata degradada chamada “capoeira” ou servem como pastagens de gado bovino e bubalino, sem documentação de propriedade. O direito de uso destas terras tem que ser definido antes de investir.

Nas margens de igarapés urbanos, como do igarapé do Mindú, na cidade de Manaus, muitas áreas necessitam de reflorestamento. De acordo com KEPPLER *et al.* (2018), a espécie *P. munguba* foi usada com êxito em Estações de Tratamento Ecológico de Efluentes – ETEE. Logo é possível plantar as árvores com a finalidade de tratamento de efluentes domésticos ao longo de igarapés urbanos. O possível tratamento ecológico de esgoto na várzea seria um feito inédito.

Como a *P. munguba* cresce em terra e esgoto, identificou-se a possibilidade de plantar essa árvore próximo a áreas habitadas, com efeito de depuração de águas servidas. Mesmo ao longo da margem de igarapés poluídos a espécie se desenvolve bem. Para tanto, recomenda-se que *Pseudobombax munguba* seja usada com maior frequência em iniciativas de reflorestamento, como sugerido por MARENCO *et al.* (2019).

Pela legislação, todas as áreas alagáveis são públicas. Dependendo da classificação do rio que as alaga, são municipais, estaduais ou da União, como em caso das várzeas da Amazônia Central. Em 1854 foi criada a Secretaria do Patrimônio da União – SPU, como órgão que deve regularizar a questão fundiária na várzea, através de concessões de uso (RESCHKE *et al.*, 2008). Onde já tiver usufruto pela população tradicional, esses terão preferência. Mas é possível de receber a concessão de uso, através de Concessão de Direito Real de Uso – CDRU (VALADARES, 2013).

A grande cultura amazônica se esvai pelo ralo da história moderna, da mesma forma que as riquezas como a madeira, essências, seivas medicinais e minérios ... escoam para os cofres dos poderosos, deixando um rastro de pobreza e destruição nos caminhos da floresta.

Oliveira (2011)

3.4 Conclusão

O crescimento em aglomerações mono-específicas e possibilidades de proliferação por sementes e estaquia demonstra a aptidão de domesticação de *P. munguba*. Com isso, a habilidade da população ribeirinha em coletar os frutos e extrair a sua paina, confere à produção de Amazon-Kapok alto potencial de escala.

Com cinco anos, a *P. munguba* inicia com grande disponibilidade de sementes e elevada taxa de germinação. O rápido crescimento inicial das plântulas, resulta em mudas que podem ser replantadas ao campo em três meses.

A regeneração vegetativa é capaz de abreviar o desenvolvimento à fase adulta por um ano, dando origem a brotos com novas folhas maduras. Estes clones vegetativos são criados a partir de estaquia e podem ser usados para plantios a curto prazo, de 4 anos.

O plantio de *P. munguba* pode possibilitar a recuperação de áreas degradadas na faixa marginal de rios e lagos de água branca, em área estimada acima de 10.000km². São áreas inundáveis que não são reivindicadas para a produção de alimentos, devido ao curto ciclo de condições terrestres. Em outras áreas nas margens de igarapés poluídos, dentro da área urbana, o plantio de árvores produtivas é capaz de aumentar a autodepuração.

Apresentamos o atendimento aos requisitos de escala pela munguba.

1. Boa produtividade extrativa de PP (> 10 kg por dia e pessoa);
2. Grande estoque de sementes (> 1800 sementes por fruto);
3. Elevada taxa de germinação (75%);
4. Alta taxa de crescimento (> 5 mm por dia);
5. Regeneração em solo da várzea (75%);
6. Crescimento da munguba em grupos mono-específicos, na várzea;
7. Disponibilidade de área sem uso nas margens de rios e lagos de várzea.

Com o potencial de escala de *P. munguba* e produção racional da paina, seguida pela manufatura industrial e fornecimento de mantas para economias fortes do hemisfério norte, é possível estabelecer o marco de retorno à exportação de derivados da biodiversidade da Amazônia.

Os resultados desse capítulo afirmam o potencial da Amazônia para a produção sustentável de Amazon-Kapok, de acordo com os critérios de SACHS (2015). A recuperação de áreas degradadas, com possível controle de erosão e assoreamento confere o potencial ambiental do plantio da árvore.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie *Pseudobombax munguba* (Mart./Zucc.) Dugand com seus grandes frutos vermelhos apresenta-se como árvore que mais chama a atenção durante a fase de cheia, quando aparece sem folhas. Mesmo com a sua alta frequência na várzea, ela é pouco estudada e são desconhecidas muitas ocorrências históricas para explicar a sua distribuição atual. No presente, a munguba é percebida como árvore daninha pela população local, por causa de sua eficaz proliferação em lavouras e pastagens. Muito conhecimento ancestral sobre a utilização da munguba foi perdido.

A extração, beneficiamento e transformação da paina em Amazon-Kapok é um processo relativamente simples e pode ser realizado pela população ribeirinha. Já foi testado o equipamento de turbulência eólica para separação de sementes e expansão das fibras. Existem potenciais valores econômicos de outros derivados da munguba como p. ex. óleo das sementes e ração animal do seu bagaço, flores com mucigel com atividade antibiótica ou o carvão ativado dos cavacos da cápsula.

Os principais requisitos do mercado alemão de fibras naturais podem ser atendidos pelo Amazon-Kapok, tais como preço, qualidade de isolamento térmico e transformação das fibras em mantas. Através delas poderá ser fornecida mercadoria 100% biogênica da Amazônia, demandada e esperada pelo mercado alemão.

A munguba atende ao requisito do potencial de escala. Além do alto número de plântulas por fruto, o rápido crescimento da planta possibilita a produtividade de plantios em cinco anos. A possível regeneração de estaquia pode abreviar o processo por um ano. Isto significa, que plantios de munguba poderão produzir em até quatro anos.

Há uma enorme disponibilidade de áreas alagáveis degradadas, próprias para o plantio de munguba. Para o mundo, o reflorestamento na Amazônia é um aspecto muito positivo, no âmbito do combate das alterações climáticas globais.

Os novos postos de trabalho de coleta e extração da PP, durante o início da época de vazante contribuirão à socioeconomia da várzea e irão estimular o desenvolvimento sustentável.

Outras mercadorias tropicais poderão ser agregadas ao comércio de fibras, possibilitando o desenvolvimento na Amazônia, da mesma forma como o látex, durante a época da borracha.

Foram verificadas todas as hipóteses levantadas e transformadas em afirmações:

Comprovação da tese

- Haverá benefícios socioeconômicos e ambientais, pela exploração da paina de *Pseudobombax munguba* e sua comercialização como mantas.

Hipóteses 1 - capacidade de coleta de frutos e extração de paina de *P. munguba* pela população ribeirinha.

- A coleta se dá na época da vazante e pessoas sem treinamento são capazes de coletar, transportar e acondicionar mais que 200 frutos por dia.
- Durante a época de coleta, comunidades ribeirinhas, com divisão de tarefas, podem produzir mais que 100 kg de Paina Primária por dia.

Hipóteses 2 - atendimento aos requisitos dos mercados de fibras naturais alemães, referentes às propriedades físicas e biológicas do Amazon-Kapok.

- Por meio de ensaios e testes na Alemanha, o atendimento aos requisitos qualitativos dos mercados de fibras isolantes termoacústicas alemães, foram comprovados para o Amazon-Kapok.
- Um dos mais importantes requisitos, para garantir a demanda das industriais de fibras naturais da Alemanha é a garantia de escala, o que foi confirmado para o Amazon-Kapok – quanto maior a demanda, maior será a disponibilidade.
- O Amazon-Kapok pode se tornar matéria prima no Polo Industrial de Manaus – PIM, para a produção de mercadoria biogênica de exportação.

Hipóteses 3 - indicadores do potencial de escala da exploração comercial da paina de *P. munguba*, através de plantios em várzea e Terra Firme.

- Ocorreu taxa de germinação de 75%, considerada elevada. Isto significa, que as 1877 sementes por fruto, seriam mais que 1.400 mudas por fruto e 70.000 por árvore de médio porte.
- A taxa de crescimento em estufa com ~50% da intensidade da luz natural foi de 5,67mm/dia, superando a hipótese. Plântulas da espécie *P. munguba* em casa de vegetação são muito procuradas por herbívoros e poucas sobrevivem a predação. Isso não foi observado no meio natural, onde as mudas são persistentes invasoras em lavouras e pastagens.
- Existe a possibilidade de propagação vegetativa de *P. munguba*, por meio de estaquia e, com isso, a possibilidade de rápida proliferação e plantio de áreas produtivas de paina da munguba, no prazo de três a quatro anos.

REFERÊNCIAS

- ABDULKAREEM S.; OGUNMODEDE S.; AWEDA J.O.; ABDULRAHIM A.T.; AJIBOYE T.K.; AHMED I.I. and ADEBISI J.A.; Investigation of Thermal Insulation Properties of Biomass Composites. **International Journal of Technology** 6: 989-999 ISSN 2086-9614, 2016.
- ANDRADE K.M. P. **Bioeconomia: Um estudo das vocações, fragilidades e possibilidades para o desenvolvimento no estado do Amazonas**. Tese de Doutorado em Biotecnologia. Universidade Federal do Amazonas UFAM – PPG-BIOTEC, Manaus, 2017.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 16 ed. Arlington: 1995, v. 1.
- ARUMUGAM, V. A preliminary investigation on Kapok/polypropylene nonwoven composites for sound absorption. **Industrial Journal for Fibre and Textile Research** 37, 385–388. 2014.
- ASTRAL. **Kapok**. Acesso em 14 dezembro de 2019.
<https://www.astraldesigns.com/search?q=kapok>, 2019.
- AYUGI, G.; BANDA, E.J.K.B.; D’UJANGA, F.M.; Local Thermal Insulating Materials for Thermal Energy Storage. **Rwanda Journal**, Volume 23, Series C, pp. 21-29 2011.
- BANDEIRA, J.A. F.; FERREIRA, B. A.; DIAS, A. L.; VIEIRA, J.J. de S. JR.; BOGER, A. E.; ESCHER, S.K. S.; **Actinobactérias Endofíticas de *Pseudobombax munguba* (MART. & ZUCC.) Dugand, nativa do bioma Amazônia**. In: **Anais do III Encontro Regional Sobre Biodiversidade e Biologia de Organismos Neotropicais**. Santarém (PA) UFOPA, 2017. Disponível em: acesso em: 2020 <[https://www.even3.com.br/anais/biobon/60985-actinobacterias-endofiticas-de-pseudobombax-munguba-\(mart--zucc\)-dugand-nativa-do-bioma-amazonia](https://www.even3.com.br/anais/biobon/60985-actinobacterias-endofiticas-de-pseudobombax-munguba-(mart--zucc)-dugand-nativa-do-bioma-amazonia)>.
- BARICHIVICH, J.; GLOOR, E.; PEYLIN, P.; BRIENEN, R.J.W.; SCHÖNGART, J.; ESPINOZA, J.C.; PATTNAYAK, K.C. Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. **Sci. Adv.** 4: eaat8785, 2018.
- BFG; Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguesia**, v. 66, n. 4 (DOI: 10.1590/2175-7860201566411), 2015.
- BICALHO, A.M. de S.M. Agricultural-industrial integration and new Applications of Natural Fibres: Jute Floodplain cropping in the Amazon reborn? **Revija za geografijo - Journal for Geography**, 4-1 2009.

- BICUDO, T.C.; SACEK, V.; ALMEIDA, R.P.; BATES J.M. & RIBAS C.C. Andean Tectonics and Mantle Dynamics as a Pervasive Influence on Amazonian Ecosystem. **Sci Rep** 9:16879 (DOI: 10.1038/s41598-019-53465-y), 2019.
- BRACHO-NUNEZ, A.; KNOTHE, N.; COSTA, W.; ASTRID, L.; KLEISS, B.; ROTTENBERGER, S.; PIEDADE, M. T.; KESSELMEIER, J.; Root anoxia effects on physiology and emissions of volatile organic compounds (VOC) under short- and long-term inundation of trees from Amazonian floodplains. **SpringerPlus**. 1:9, 2012.
- BRITO da FROTA, A.F.; PEREIRA, S.M.S.; LIMA PARÉDIO, J.; RODRIGUES, D.L.; CRUZ, D.R.; LIMA, A.B. e ARAÚJO, N.J.S. Plano de desenvolvimento rural sustentável do município de Careiro da Várzea: uma proposta. **GEONORTE**, Vol.01, N.02, p. 1-13; Manaus 2011.
- BUSINESS WIRE; **World Kapok Market Report 2015 - Analysis and Forecast to 2020** Research and Markets: DUBLIN 2015. - acesso 08.07.2016. (http://www.researchandmarkets.com/research/4l266h/world_kapok)
- BYDOON, E.A.; EBRAHIM, A.S.; MEABED, H.S.; Effect of Cotton Fiber and (Chorisia spp.) Blended Yarns on Mechanical and Physical Properties of Yarn and Fabrics with Different Yarn Count. **IJARSE - International Journal of Advance Research in Science and Engineering** 6(10), 2017.
- CALHEIROS, V. **Mungubeira, nossa árvore de Natal regional**. 2011
<http://ilvicuna.blogspot.com/2011/12/mungubeira-nossa-arvore-de-natal.html>
- CARDOSO, F. H., e MÜLLER, G. **Amazônia: expansão do capitalismo**. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais. pp. 167. ISBN: 978-85-99662-73-1. Available from SCIELO Books <<http://books.scielo.org>>. 2008.
- CARUS, M.; GAHLE, C.; PENDAROVSKI, C.; VOGT, D.; ORTMANN, S.; GROTHENHERMEN, F.; BREUER, T.; SCHMIDT, C. **Studie zur Markt- und Konkurrenz-situation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland / EU)**, nova-Institut GmbH, Hürth 2008, acesso 08.06.2016
- CHAIARREKIJ, S.; APIRAKCHAIKUL, A.; SUVARNAKICH, K.; KIATKAMJORNWONG, S. Kapok I: Characteristics of Kapok fiber as a potential pulp source for papermaking. *Materials Science* DOI:10.15376/biores.7.1.0475-0488, **BioResources** 7:475–488 2012.
- CHALCO, F.P. **Propagação vegetativa de munguba (*Pseudobombax munguba* Mart. e Zucc.) com diferentes tipos de estacas e concentrações de ANA**. Dissertação (mestre) - INPA/UFAM, 2004.

- CLARO, L. Jr.; FERREIRA, E.; ZUANON, J.; ARAUJO-LIMA, C. O. efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazônica**, 34(1): 133-137, 2004.
- COELHO, M.P.G.; LADCHUMANANANDASIVAM, R.; NASCIMENTO, J.H.O.; GALVÃO, A. O. **Kapok um Biomaterial verde para Contenção do Petróleo**. 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT, Brasil, 2014.
- CONSERVA, A. S. **Germinação de Sementes, Emergência e Recrutamento de Plântulas de dez Espécies Arbóreas das várzeas das Reservas de Desenvolvimento Sustentável Amanã e Mamirauá, Amazônia central**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus 2007.
- D24-AMAZONAS. **IBGE: 14,4% da população do Amazonas vive em extrema pobreza**. O dado consta na Síntese de Indicadores Sociais (SIS), que analisou o tema pobreza utilizando diferentes medidas que mostram a evolução dos indicadores da população entre os anos de 2016 e 2017. 2018. Acesso em 08.03.2020. <https://d24am.com/amazonas/ibge-144-da-populacao-do-amazonas-vive-em-extrema-pobreza/>
- DAHY, H. Agro-fibres Biocomposites, Applications and Design Potentials in Contemporary Architecture. Case Study: Rice Straw Biocomposites, Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen: **Forschungsbericht 37**, Stuttgart, ISBN 978-3-922302-37-7, 2015.
- DÁVILA, D.; RUIZ, J.; DÍAZ, F.; DÍAZ, S.; GARCÍA, A.; VEGAS, M.; DÁVILA, G. e MERI, A. Taxonomía, morfología externa, ubicación geográfica y usos de la especie vegetal *Pseudobombax munguba* (Mart. & Zucc.) Dugand (punga), de la selva baja amazónica peruana. Loreto, Perú. **Conoc. amaz.** 2(2): 147-155, 2011.
- DAVIS, J.B. e DOLFSMA, W. **Social economics: an introduction and a view of the field**, in: Davis, J.B.; Dolfsma, W. The Elgar companion to social economics, ISBN 9781848442771, Cheltenham, UK Northampton, Massachusetts: Edward Elgar, pp. 1-7, 2008.
- DEAN, W, **Brazil and the Struggle for Rubber: A Study in Environmental History**, Cambridge and New York: Cambridge University Press, pp. xvi – 234, 1987.
- DIN EM ISO 10993-5 - **Biological evaluation of medical devices**, Part 5: Tests for in vitro cytotoxicity. 2009.
- DIN EM ISO 20743 - **Textiles: Determination of the antibacterial activity of antibacterial finished products** – 8.1. Absorption method – plate counting. 2013.

- DNFI, **Discover Natural Fibres Initiative** 2016 <http://dnfi.org/kapok/kapok> (acesso em August 6 2016)
- DONG, T., XU, G. and WANG, F. Adsorption and adhesiveness of kapok fiber to different oils. **J. Hazard. Mater.** 296, 101–111. doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.03.040, 2015.
- DRAMAN, S.F.S.; DAIK, R.; LATIF, F.A. AND EL-SHEIKH S.M. Characterization and Thermal Decomposition Kinetics of Kapok (*Ceiba pentandra* L.)–Based Cellulose. **BioResources** 9(1), 8-23, 2014.
- DUGAND, A. Revalidacion de *Bombax ceiba* L. como espécie típica del género *Bombax* L. y descripcion de *Pseudobombax* gen. nov. **Caldasia** 2: 47-68 1943.
- DULAC, J.; ABERGEL, T.; DELMASTRO, C. **Tracking Buildings**. International Energy Agency - ©IEA, 2020. <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings/cooling> (acesso 29.02.2020)
- FERNIE, A.R. and YAN, J. De Novo Domestication: An Alternative Route toward New Crops for the Future, Cell Press, **Molecular Plant** 12, 615–631, 2019.
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> (acesso em 20.03.2020)
- FERREIRA, C.M. S; PIEDADE, M. T. F. e FRANCO, A. C. Submergence, seed germination, and seedling development of the Amazonian floodplain tree *Pseudobombax munguba*: evidence for root oxytropism. **Trees** 31: 2, pp 705–716m, 2016.
- FERREIRA, C. M. S; PIEDADE, M. T. F.; WITTMANN, A. de O.; FRANCO, A. C. Plant reproduction in the Central Amazonian floodplains: challenges and adaptations. **Plants**; Open access Review; doi: 10.1093/aobpla/ plq009 2010.
- FERREIRA, C. M. S; PIEDADE, M. T. F.; WITTMANN, A. O.; FRANCO, A. C.; Plant reproduction in the Central Amazonian floodplains: challenges and adaptations. **Plants**; <http://aobplants.oxfordjournals.org/> Open access Review; doi: 10.1093/aobpla/ plq009 2010.
- FONSECA, J.C. P.; SILVA, J. A.; AMATO, R. S. O.; SILVAR, N.; MACEDO NETO, J.C.; FREITAS, B. M.; PASCOALOTO, D.; SOUZA, R. R.; KIMURA, S. P. R. **Caracterização de fibras vegetais da Amazônia com potencial para reforço em material polimérico**. XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química, DOI: 10.5151/cobeq2018-PT.0512, 2018.
- FRANZINELLI, E. Características morfológicas da confluência dos rios Negro e Solimões (Amazonas, Brasil), **Revista Brasileira de Geociências** 41(4): pp. 587-596, 2011.

- FREY, P. Kälte macht Akkus von Elektroautos zu schaffen. Acesso 31.12.2019 <https://www.welt.de/wissenschaft/article12410738/Kaelte-macht-Akkus-von-Elektroautos-zu-schaffen.html> - Wissen, 2011.
- GLOBAL NEW Light of Myanmar; **Local kapok fiber price rises due to low production**; in <http://globalnewlightofmyanmar.com/author/gnlm/> 2016
- GLOOR, M.; BARICHIVICH, J.; ZIV, G.; BRIENEN, R.; SCHÖNGART J.; PEYLIN, P.; BARCANTE CINTRA LADVOCAT, B.; FELDPAUSCH, T.; PHILLIPS, O. AND BAKER, J. Recent Amazon climate as background for possible ongoing and future changes of Amazon humid forests, **Global Biogeochem. Cycles**, 29, 1384–1399, doi:10.1002/2014GB005080, 2015.
- GRAF, P. e KALTWASSER, B. **Bioökonomie in Deutschland; Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft**. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Referat Bioökonomie, Bonn / Berlin 2014
- GRIBEL, R. **Reproductive Biology of two Bombacaceous Trees in the Brazilian Central Amazon**. Doctor of Philosophy's Thesis. University of St. Andrews, St. Andrews, United Kingdom. 185p. 1995.
- GRIBEL, R.; GIBBS, P.E. High Outbreeding as a Consequence of selfed Ovule Mortality and single Vector Bat Pollination in the Amazonian tree *Pseudobombax munguba* (Bombacaceae), **Int. J. Plant Sci.** 163(6):1035–1043, 2002.
- GUEDES DE CARVALHO, J.S. **O gênero Pseudobombax Dugand (Malvaceae s.l., Bombacoideae) no Estado da Bahia, Brasil**, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Feira de Santana 2006.
- GUILLAUMET J.-L., LOURD M., BAHRI S., SANTOS A. A. Os sistemas agrícolas na Ilha de Careiro. **AMAZONIANA XII** (3/4): 527 - 550 Kiel, 1993.
- GUIMARÃES, J. **Produção vegetal**, Cursos técnicos profissionalizantes. Instituto Formação, pp. 38 2012.
- HADDAD, V. JR.; HERNANDES BICUDO, L. R. and FRANSOZO, A. The Triplaria tree (*Triplaris* spp) and Pseudomyrmex ants: a symbiotic relationship with risks of attack for humans, **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 42(6):727-729, Case Report 2009.
- HELTMANN, D. Appell ans Gewissen – Blutige Mode. **UNSERE (UM)WELT / Nachhaltigkeit**. Acesso 31.12.19 <https://www.trigema.de/magazin/blutige-mode-der-textilindustrie-in-bangladesch/> 2017.
- HEUZÉ, V.; TRAN, G. Kapok (*Ceiba pentandra*). **Feedipedia**, INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/48>, 2015. (acesso 7.08.2016)

- HOEHNE, F.C. As Bombacaceas brasileiras e o seu valor para indústrias. **Arch. Bot.** São Paulo 1(4): 1-35, 1927.
- HOLM, A.; KAGERER, F.; SPRENGARD, C.; WALBERG, D.; GNIECHWITZ, T. **Wirtschaftlichkeit von Einfamilienhäusern in Niedrigstenergiebauweise.** Mauerwerk 21, H.1, pp. 34-46. 2016.
- HOMMA, A.K. O. "Modernisation and Technological Dualism in the Extractive Economy in Amazonia". In: Pérez, M. Ruiz & Arnold, J.E.M. (Ed.) 1996. **Current Issues in Non-Timber Forest Products Research. Proceedings of the Workshop Research on NTFP.** Hot Springs, Zimbabwe 1995. Cifor, Indonesia 1996.
- HOMMA, A.K. O. A imigração japonesa no Estado do Amazonas: A expansão da juta no médio Solimões. In: WITKOSKI *et al.* (Orgs.) **A cultura de Juta e malva na Amazônia Ocidental: sementes de uma nova racionalidade ambiental?** São Paulo: Editora Annablume 2010.
- HONG, X.; WEI-DONG, Y.; MEI-WU, S. Characters and Application Prospects of Kapok Fiber; Journal of Donghua University, **Natural Science**; 2005-02: Shanghai 2005.
- HORI, K.; FLAVIER, M.E.; KUGA, S.; LAM, T. B.T. and IYAMA, K. Excellent oil absorbent kapok [*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.] fiber: Fiber structure, chemical characteristics, and application. **Journal of Wood Science** 46(5):401-404, DOI: 10.1007/BF00776404, 2012.
- HOUSEHOLDER, J.; JANOVEC, J.; TOBLER, M. AND WITTMANN, F. A Diversity of Biogeographies in an Extreme Amazonian Wetland Habitat. In Myster, R. W. Ed. **Forest Structure, Function and Dynamics in Western Amazonia.** Wiley & sons, Oxford, UK. 224 pp. 2016.
- IRION, G.; MULLER, J.; MORAIS, J.O. KEIM, G.; MELLO, J.N.; JUNK, W.J. The impact of Quaternary sea level changes on the evolution of the Amazonian lowland. **Hydrol. Process.** 23, 3168–3172p, 2009.
- ISO-EC 6946. Building components and building elements - **Thermal resistance** and thermal transmittance Calculation methods, 2017. Acesso em 03.2020 <https://www.iso.org/standard/65708.html>
- ISO 8301 - **Thermal insulation**; determination of steady-state thermal resistance and related properties; heat flow meter apparatus. 1991.
- JACINTHO SETTON, M. da G. A teoria do *habitus* em Pierre Bourdieu: uma leitura contemporânea. **Revista Brasileira de Educação**, No. 20, p.60-70, 2002.

- JIMENEZ DE LA ESPADA, M. **Viaje del capitán Pedro Texeira, aguas arriba del rio de las Amazonas**: 1638-1639. Madrid: Imprenta de Fortanet, 131 pp. 1889.
- JUNK W.J. The flood pulse concept of large rivers: Learning from the tropics. **Arch. Hydrobiol. Suppl.** 1153: 261-280. 1999.
- JUNK, W.J. & KRAMBECK, H.J. Climate and hidrology, p. 95-108, In: W.J. JUNK; J.J. OHLY; M.T.F. PIEDADE & M.G.M. SOARES (Eds.). **The Central Amazon Floodplain: actual use and options for a sustainable management**. Leiden, Backhuys Publishers, 584p. 2000.
- JUNK, W.J. **The Central Amazon Floodplain**. Ecology of a pulsing system. – Ecological Studies 126, Springer, Berlin, Germany, 525 pp. 1997.
- JUNK, W.J., BAYLEY, P.B., SPARKS, R.E. **The flood pulse concept in river-floodplain systems**. In: Dodge, D.P. (Ed.), Proceedings of the International Large River Symposium (LARS). Canadian Special Publications of Fish and Aquatic Sciences 106, pp. 110–127, 1989
- JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L.D.; BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; NUNES, DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. and AGOSTINHO, A.A. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection; Aquatic Conserv: **Mar. Freshw. Ecosyst.** DOI: 10.1002/aqc.2386; 2013
- KANEKO, M.G. **Produção de Coentro e Cebolinha em Substratos regionais da Amazônia à Base de Madeira em Decomposição (Paú)**. Brasília: Dissertação de Mestrado, UNB – FAMV, 58p. 2006.
- KEPPLER, S. **Sustainable Development Strategies for the Amazonian Inland**. Stuttgart: Poster at the Simpósio Brasil-Alemanha de Desenvolvimento Sustentável 2011.
- KEPPLER, S.; JUNK, W.J. e FERNANDES PIEDADE, M.T. Photosynthesis and Respiration of two Floodplain Tree Species: *Pseudobombax munguba* and *Bonafousia juruana*, Belém: **The 1st SHIFT-Workshop 03**, (CNPq, IBAMA, BMFT), (Cooperação em Ciências ambientais e tecnologia), p.187 1993.
- KEPPLER, S.F. e SILVA, N.M. First record of the association of the weevil *Loncophorus longinasus* with the fruit of munguba, *Pseudobombax munguba* in Central Amazonia, Brazil. **ACTA AMAZONICA** (no prelo)

- KEPPLER, S.F.; HILGER, T. e SILVA, N.M. **Ecological Wastewater Treatment by Tree-Root-Filter, Sustainable Sanitation-Solution for the Tropics: An Example from the Central Amazon, Brazil.** Anais, Postersession – Tropentag 2018, Gent – Belgium, 2018.
- KETELHUT, S.M. **Ecologia de comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na várzea da Ilha de Marchantaria** – Município de Iranduba, Amazônia Central, INPA/UFAM 200 pp. 2004.
- KHAMMAS A.A. W. **Buch der Synergie**, <http://www.buch-der-synergie.de/> com atualização permanente, acesso em 11.01.2020
- KLAMMER, G. **The relief of the extra-Andean Amazon basin.** In: Sioli H. ed. The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty river. Dordrecht: W. Junk Publishers, 47–83, 1984.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Eschborn, Dt. Ges. fur Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn - Rossdorf: TZ-Verl.-Ges 1990.
- LI, F.-L.; ZHUANG, M.-Y.; SHEN, J.-J.; FAN X.-M.; CHOI, H.; LEE J.-K.; AND ZHANG, Y.-W. Specific Immobilization of Escherichia coli Expressing Recombinant Glycerol Dehydrogenase on Mannose-Functionalized Magnetic Nanoparticles. **Catalysts** 9(7), 2019.
- LOUPPE, D. OTENG-AMOAKO, A.A. and BRINK, M. **Plant Resources of Tropical Africa** 7: Timbers 1. PROTA Foundation. Leiden, the Netherlands. Backhuys Publishers, 2008.
- LOUREIRO, V.R. **História da Amazônia: do período da borracha aos dias atuais.** (Estudos Amazônicos), Belém, PA: Cultura Brasil, pp. 335, 2015
- LOVEJOY, T.E. and NOBRE, C. Amazon Tipping Point. **Sci. Adv.** 4, eaat2340, 2018.
- MACHADO, L.A.T. The Amazon Energy Budget using the ABLE-2B and FluAmazon Data; **Journal of The Atmospheric Sciences**, V. 57 pp. 3131-3144 2000.
- MACHADO, S.R.; MORELLATO, L.P.C.; SAJO, M.G. E OLIVEIRA, P.S. Morphological patterns of extra floral nectaries in woody plant species of the Brazilian Cerrado. German Botanical Society and The Royal Botanical Society of the Netherlands, **Plant Biology** 10 pp. 660–673, 2008.
- MAGNANINI, A. e MAGNANIN, C. **Árvores gigantescas da terra e as maiores assinaladas no Brasil.** Série Ciências e Pesquisa, 02, Caderno nº 20, Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Pp. 47, 2002.

- MARENCO, R. A.; SOUSA, F. DE F.; OLIVEIRA, M. F. Leaf phenology, growth and photosynthesis in *Pseudobombax munguba* (Malvaceae). **Revista Ceres** 66:1, 2019.
- MARINHO, T.A. S. **Estabelecimento e distribuição de espécies Arbóreas em florestas de várzea na Amazônia central**. Tese de Doutorado Biologia (Ecologia), INPA, 2015.
- MARROIG, G. e CERQUEIRA, R. Plio-Pleistocene South American history and the Amazon Lagoon hypothesis: a piece in the puzzle of Amazonian diversification. **J. Comp. Biol.**, 2:2, p. 103-119. 1997.
- MARTINS, M.C.B. Descobrir e redescobrir o grande rio das Amazonas. As relaciones de Carvajal (1542), Alonso de Rojas SJ (1639) e Christóbal de Acuña SJ (1641). **Revista de História**, n. 156, p. 31-57, 2007.
- MARX, K. O capital: crítica de economia política. Livro I: **O processo de produção do capital**. Tradução de Rubens Enderle. São Paulo: Boitempo, p. 113, 2013.
- MATTHES, H. e STREICHER, L. **Ueber Kapok und Akon und ihre Bitterstoffe**, Wachse und Harze. Mitteilung aus dem Institut für Pharmazie und Nahrungsmittelchemie der Universität Jena. Pp. 438-425, 1913.
- MEDINA, J.T. **Descubrimiento del río de las Amazonas**. Según la relación de CARVAJAL, G. 1541-1542, Academia Ckilena, Sevilla, Imprenta de RASCO E. BUSTOS TAVERA núm.1, MDCCCXCIV - 1894.
- MELACK, J. M. and HASS, L.L. Remote Sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon Basin. In: Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Wittmann, F.; Schöngart, J., Parolin, P. (Org.). **Central Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management**. 1ed.Heidelberg: Springer Ecological Studies, p. 43–61. 2010.
- MELO, R.B.; FRANCO, A.C., SILVA, M. C.O., PIEDADE, M.T.F., FERREIRA, C.S. Seed germination and seedling development in response to submergence in tree species of the Central Amazonian floodplains. **AoB PLANTS** (7): plv041; 2015.
- MENICUCCI, T.A. **Filogeografia e estrutura genética de populações da mungubeira (*Pseudobombax munguba* (Mart.&Zucc.) Dugand, Malvaceae - Bombacoideae) na Amazônia brasileira**. 2007. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Universidade Federal do Amazonas, Manaus/AM 2007.
- MINDLIN, J. **Viaje del Capitán Pedro Teixeira**, Águas arriba del Rio de las Amazonas (1638-1639), publicado por Marcos Jimenéz de la Espada, Madrid, 1889.

- MONTIBELLER, G. FO.; CARDOSO DE SOUZA, G.; SAVARIZ BÔLLA, K. D. Economia Ecológica e Sustentabilidade Socioambiental, **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, no. 23 25-35 2012.
- MWAIKAMBO, L.Y.; ANSELL, M. P. Chemical modifications of hemp, sisal, jute and kapok fibers by alkalization. **Journal of Applied Polymer Science**, 84:12, p. 2222-2234, 2002.
- NASSAR, A. P., **Conheça sobre Doenças Alérgicas**, Manual em PDF 2009, <http://paulonassar.com.br/manual.pdf> (acesso em ago. 2016).
- NOBRE, A. D. **O futuro climático da Amazônia**: Relatório de avaliação científica/ Antônio Donato Nobre. São José dos Campos, SP: ARA: CCST-INPE: INPA 2014.
- NOBRE, C. Climatologista brasileiro sugere um modelo econômico para salvar a Amazônia. **Newsletters UOL** - Resumo do dia. 2019. (acesso out 2019). <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2019/10/18/carlos-nobre-sugere-um-modelo-economico-para-salvar-a-amazonia.htm>
- NODA, S. do N. Agricultura familiar amazonense: mobilidade e relações de trabalho, na produção de juta e malva. In: WITKOSKI *et al.* (Orgs.) **A cultura de Juta e malva na Amazônia Ocidental: sementes de uma nova racionalidade ambiental?** São Paulo: Editora Annablume 2010.
- NURUDDIN M.F., PUAD, N.H.A., ZAINAL, A., FARHAN, S.A. ANDKHAMIDI M.F., Effectiveness of kapok fibre (*Ceibapentandra*) as roof insulation for residential buildings in hot climate. **Aust. J. Basic & Appl. Sci.**, 8(15): 86-91, 2014.
- OLIVEIRA M.D. M. e GONÇALVES E.C. P. Custo de Produção e Rentabilidade da Cultura da Seringueira: Safra 2018/19. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 14, n. 2, nov. 2019. Acesso em 27,12,2019; <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-09-2019.pdf>
- OLIVEIRA-WITTMANN, A. **Conteúdo de Tococromanóis em Espécies Arbóreas de várzea da Amazônia Central sob Condições Controladas**, Tese de Doutorado INPA/Max-Planck. 2007.
- OLIVEIRA, I. **A Dimensão dos Encantados**, Biblioteca24horas, São Paulo, ISBN: 879-19-3610-834-3 2011.
- PAMPLONA, J. B. & CACCIAMALI, M. C. O paradoxo da abundância: recursos naturais e desenvolvimento na América Latina. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.31 (89) 251-270, 2017.

- PARENTE I.C.I. **O Amazonismo e as Representações sobre os Seringueiros e a Natureza Amazônica**. Tese de Doutorado em Antropologia. Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Sociais. Pp. 247, 2018.
- PAROLIN, P. Diversity of adaptations to flooding in trees of Amazonian floodplains. Pesquisas, **Botânica** (63) 7-28, São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, p. 2-18, 2012.
- PAROLIN, P. Submerged in darkness: adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian Floodplains. **Annals of Botany** 103: 359-376, 2009.
- PEREIRA, M. S. **Navegar é Preciso: A Lógica e a Simbólica dos Usos Socioambientais do Rio**, Tese de doutorado, (PPG/CASA), do Centro de Ciências do Ambiente (CCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pp. 564, MANAUS 2015.
- PEREIRA, A. O.; RAMOS, M. B.P.; MELO, M.F. F. **Morfologia de frutos, sementes e plântulas e conservação ex situ, de sementes de *Pseudobombax munguba* (Mart. & Zucc.) Dugand**. I Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPq - PAIC/FAPEAM, Manaus-AM, 2012.
- PIEIDADE, M. T. F., SCHÖNGART, J., WITTMANN, F., PAROLIN, P., JUNK, W. Impactos da inundação e seca na vegetação de áreas alagáveis amazônicas. In: Borma L.S., Nobre C. (eds); **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo, Oficina de Textos, pp 268–305, 2013.
- PIMENTEL, L.E. R. Biocompósitos. Uma alternativa sustentável para a construção. ECOPOL- Comportamento e desempenho de produtos plásticos, materiais poliméricos com reciclados e biocompósitos com aplicação na construção: **2.º Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção**: Lisboa, 2016.
- PINHEIRO, I.F.; MORALES, A.R.; MEI, L.H. Polymeric biocomposites of poly (butylene adipate-co-terephthalate) reinforced with natural munguba fibers. 21:4381–4391. 2014.
- PINHO, E.; MAGALHÃES, L.; HENRIQUES, M. AND OLIVEIRA, R.; Antimicrobial activity assessment of textiles: standard methods comparison. **Annals of Microbiology** 61:493–498; 2011.
- PRACHAYAWARAKORN, J.; CHAIWATYOTHIN, S.; MUEANGTA, S. and HANCHANA, A. Effect of jute and kapok fibers on properties of thermoplastic cassava starch composites. **Mater. Des.** 47, 309–315. doi: 10.1016/j.matdes.2012.12.012, 2013.

- PROBST, A.; NORRIS, R.; CUTTING, K.F. Cutimed® Sorbact® Made Easy. **Wounds International** 3(2), 2012; Available in <http://www.woundsinternational.com>
- PURNAWATI, R.; FEBRIANTO, F.; NYOMAN, I.; WISTARA, J.; NIKMATIN, S.; HIDAYAT, W.; LEE, S.H. and KIM, N.H. Physical and Chemical Properties of Kapok (*Ceiba pentandra*) and Balsa (*Ochroma pyramidale*) **Fibers. J. Korean Wood Sci. Technol.** 46(4): p. 393-401 ISSN: 1017-0715, EISSN: 2233-7180, <https://doi.org/10.5658/WOOD.2018.46.4.393>, 2018.
- RÄTSCHE G. and HAASE K. Anatomic prerequisites for internal root aeration of three tree species of the Amazonian inundation forest: **AMAZONIANA XIX** (3/4): 185-198. Kiel 2007.
- RESCHKE, A.; CRUZ, A.C. M.; SAMPAIO, C. S.; GUINÂNCIO, C.; HIRAI, E.; CARNEIRO, J.C.B.; RODA, L.R. A.; CARDOSO, P. M.; GUERESI, S. **Regularização de áreas da união na Amazônia legal**; Contribuições ao Plano Amazônia Sustentável (PAS), Secretaria do Patrimônio da União, Ministério do Planejamento, Orçamento e GESTÃO, 2008.
- RINGEVAL, B., HOUWELING, S., VAN BODEGOM, P. M., SPAHNI, R., VAN BEEK, R., JOOS, F., AND RÖCKMANN, T. Methane emissions from floodplains in the Amazon Basin: challenges in developing a process-based model for global applications, **Biogeosciences**, 11, 1519–1558, 2014.
- ROCHA, S.F. R. **Biodiversidade cabocla: percepções de valor e conhecimento popular para a conservação dos recursos vegetais na várzea Amazônica**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis – SC, 2004.
- RODRIGUES, M. **El Marañon y Amazonas**. Madrid: Antonio Gonzáles de Reyes, Bibliothek Robert Bosch – Stuttgart, 1684.
- ROSHAN P. **High Performance Technical Textiles**. John Wiley & Sons, 26 de pp. 504, 2019.
- SACHS, J.D. **The Age of Sustainable Development**. New York, NY: Columbia University Press. pp. 543, 2015.
- SALOMÃO R. P.; BRIENZA S. J.; ROSA N. A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore** vol.38 no.1 Viçosa, 2014.
- SANTOS, G.R. **Propagação vegetativa de três espécies florestais utilizando estacas de grande porte**. Dissertação de Mestrado Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pp. 59, 2016.

- SCHAEFER, C.; LIMA, H.; TEIXEIRA, W. VALE J.F.; SOUZA, K.; CORRÊIA, G.; MENDONÇA, B.; AMARAL, E.; CAMPOS, M. e RUIVO, M.L. Solos da região Amazônica, in **Pedologia: solos dos biomas brasileiros**, Edition: 1, Publisher: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Editors: Curi N., Ker J. C., Novais R. F., Vidal-Torrado P., Ernesto C. e G. R. Schaefer, 111 – 176, 2017.
- SCHALLER, F. Nachruf/Obituary. Prof. Dr. Harald Felix Ludwig Sioli (1910–2004). **Amazoniana** 18:1/2163–168, 2004.
- SCHÖNGART, J. e JUNK, W.J. Forecasting the flood-pulse in Central Amazonia by ENSO-indices. Amsterdam: **Journal of Hydrology** v. 335, p. 124-132 2007.
- SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.T.F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; MORNA, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**. 18: 581-597, 2002.
- SCHUCH, R.; AHMAD, F.; MUKHERJEE, K.D. Composition of triacylglycerols containing cyclopropene fatty acids in seed lipids of munguba (*Bombax munguba* Mart.). *Journal of the American Oil Chemists' Society* 63: 778-783. 1986.
- SIGRIST, S.R. **Samaúma**. Portal Plantas Medicinais, PPMAC, 2017. <https://www.ppmac.org/content/samauma>, (acesso 29.02.2020)
- SILVA, A.A. **Propagação vegetativa de *Crateva benthamii*, com diferentes concentrações de ANA**. MANAUS, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, Escola Superior de Ciências da Saúde - ESA, Mestrado em Biotecnologia e recursos naturais – MBT, 2004.
- SILVA, J.A. M.; PEREIRA, M. F.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. Frutos e Sementes Consumidos pelo Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporados em Rações. Digestibilidade e Velocidade de Trânsito pelo Trato Gastrointestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, (Supl. 2) p.1815-1824, 2003.
- SIOLI, H. (Ed.): **The Amazon**. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. *Monographiae Biologicae* Volume 56, ed. H. J. Dumont. 762 pp. 1984.
- SOUZA, C. R.; BEZERRA DE LIMA, R. M.; AZEVEDO, C. P.; BRUM ROSSI, L. M. **Sumaúma, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental 22 p. - (Documentos; 41). ISSN 1517-3135 2005.
- SPRITZENDORFER, J. Raumschadstoff Styrol Europäische Gesellschaft für gesundes Bauen und Innenraumhygiene. **Internet-Informationsplattform zum Thema Wohngesundheit und Umwelterkrankungen**, 2019.

- SUN, Z.; TANG, M.; SONG, Q.; YU, J.; LIANG, Y.; HU, J. AND WANG, J. Filtration performance of air filter paper containing kapok fibers against oil aerosols. *Cellulose* 11, 2018.
- THE EUROPEAN MARKET for **Thermal Insulation Products** - Eleventh Edition. ID: 4454863; Region: Europe - IAL 2017.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**, Cortez: Autores Associados, /São Paulo: pp. 108 1986.
- TITIRICI, M.M.; FUNKE, A.; KRUSE, A.: Hydrothermal Carbonization of Biomass. In Pandey, A. [Hrsg.] **Recent Advances in Thermochemical Conversion of Biomass**. Amsterdam [u.a.] : Elsevier, 2015.
- TOCANTINS, L. **Amazônia, natureza, homem e tempo**, Editora Conquista, Rio de Janeiro, 1963.
- TOKARNIA, M. **BREXIT pode trazer oportunidades para o Brasil, dizem autoridades**. Empresa Brasil de Comunicação - Agência Londres, 2020. <http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2020-01/brexit-pode-trazer-oportunidades-para-o-brasil-dizem-autoridades>
- VAINSENER, S.A. **História do Algodão**. Fundação Joaquim Nabuco, Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA), <https://ampa.com.br/historia-do-algodao/> 2020, (acesso em 29,02,2020)
- VALADARES A.A. Terra legal e nossa várzea: duas concepções diversas de políticas de regularização fundiária e acesso à terra. IPEA, **Boletim regional, urbano e ambiental** 08, 2013. acesso em 27,12,2019; http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5587/1/BRU_n08_terra.pdf
- VIGNESH, D. and LAGA, S.K. **Kapok fiber a perspective fiber**, Vignesh Dhanabalan M. (Technical Textiles), Tech Info. 3/3/2015, 2015.
- VOUMBO, M.L.; WEREME, A.; GAYE, S.; ADJ M. AND SISSOKO G. Characterization of the Thermal Properties of Kapok. Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Université Marien Ngouabi, Congo Brazzaville. 2, s.l.: **Maxwell Scientific Organization**, Vol. 2. ISSN: 2040-7467. 2010.
- WANG, F.; ZHENG, Y.; ZHU, Y. AND WANG, A. Oriented Functionalization of Natural Hollow Kapok Fiber for Highly Efficient Removal of Toxic Hg(II) from Aqueous Solution. **Frontiers of Environmental Science** 04 <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00004>, 2016.

- WARD, P. S. Systematics, biogeography and host plant associations of the *Pseudomyrmex viduus* group (Hymenoptera: Formicidae), Triplaris - and Tachigali -inhabiting ants. **Zoological Journal of the Linnean Society**, Volume 126, Issue 4, Pages 451-540, 1999.
- WEISS, D.; HAJDUK, T. AND KNOPF, J.; **Step-by-Step Guide to Sustainable - Supply Chain Management**, German Federal Ministry for Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB), eds. Schmidt-Räntsch, A., Töpfer C., Huckestein B.; Public Relations, Division Berlin Germany, 2017.
- WICKHAM, H. A. **Rough notes of a journey through the wilderness, from Trinidad to Pará, Brazil by Way of the Great Cataracts, the Orinoco, Atabapo, and Rio Negro**. London: W.H.J. Carter, pp., 301, 1872.
- WITKOSKI, A.C. **Terras, Florestas e Águas de Trabalho – Os camponeses amazônicos e as formas de uso de seus recursos naturais**. Manaus: EDUA/FAPEAM, 2007.
- WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J.; BRITO, J.M.; OLIVEIRA-WITTMANN, A.; PAROLIN, P.; PIEDADE, M.T.F.; JUNK, W.J.; GUILLAUMET, J.- L. **Manual of tree species in central Amazonian white-water floodplains: Taxonomy, Ecology, and Use**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Manaus, Brazil, 2010.
- XIANGA, H.; WANGA, D.; LIUA, H.-C.; ZHAOA, N. AND XUA, J. Investigation on sound absorption properties of kapok fibers. **Chinese Journal of Polymer Science** 31 (3), 521–529, 2013.
- YOSHIKAWA, V.N. *Pseudobombax* in REFLORA - **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23596>. Acesso em: 26 Nov. 2019.
- ZHANG, X.; WANG, C.; CHAI, W.; LIU, X.; XU, Y.; ZHOU, S. Kapok fiber as a natural source for fabrication of oil absorbent: Oil absorbent fabricated from kapok fiber. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology** 92(7), DOI: 10.1002/jctb.5155, 2016.
- ZHUA, H.; WANG, H.; LI, Y.; BAO, W.; FANG, Z.; PRESTON, C.; VAALAND, O.; REN, Z. AND HU L. Lightweight, conductive hollow fibers from nature as sustainable electrode materials for microbial energy harvesting. **Nano Energy** 10, 268-276, 2014

ANEXOS

ANEXO I – Laudo Laboratorial – Atividade antibacteriana, Amazon-Kapok

HOHENSTEIN 

Hohenstein Laboratories - Schlosssteige 1 - 74357 Bönnigheim - GERMANY

Universität Hohenheim (490)
Herr Stefan Keppler
Garbenstraße 13
70599 Stuttgart

Hohenstein Laboratories
GmbH & Co. KG

Schlosssteige 1
74357 Bönnigheim - Germany

Life Science & Care
Telefon / Phone +49 7143 271 420
Fax +49 7143 271 94420
j.secker@hohenstein.de

Zuständig für Rückfragen / Contact person
Jutta Secker

Unser Zeichen / Our ref.
jkr

Datum / Date
04. März 2019

Bericht Nr. / Report No. **19.8.3.0018**

| | |
|--|---|
| Auftraggeber: Client: | siehe Anschrift see address |
| Prüfgegenstand: Test sample: | siehe Seite 2 see page 2 |
| Auftragsdatum: Date of order: | 25.02.2019 |
| Eingang Prüfgegenstand: Receipt of test samples: | 25.02.2019 |
| Prüfzeitraum: Period of testing: | 26.02.2019 bis / to 01.03.2019 |
| Probenahme: Sampling: | Der Prüfgegenstand wurde uns vom Auftraggeber übersandt. The test sample has been delivered to us by the client. |

Der Bericht umfasst 4 Seiten. / The report comprises 4 pages.

Es gelten unsere Allgemeinen
Geschäftsbedingungen:
www.hohenstein.de/pdf/agg.pdf
Our terms of business shall apply:
www.hohenstein.de/pdf/agg_e.pdf

Telefon / Phone
+49 7143 271 0
Fax +49 7143 271 51
info@hohenstein.de
www.hohenstein.de

USt-IdNr. /
VAT Reg. No.
DE315128106

Hohenstein Laboratories GmbH & Co. KG - AG Stuttgart HRB 734658
Personlich haftende Gesellschafterin: Hohenstein Verwaltungs GmbH - AG Stuttgart HRB 752954
Gf: Dr. Stefan Secker, Florian Girmund, Dr. Timo Hanneke, Prof. Dr. Dirk Hölter
Sitz der Gesellschaft in Bönnigheim
Hohenstein Laboratories GmbH & Co. KG - County Court Stuttgart HRB 734658
Personally liable associates: Hohenstein Verwaltungs GmbH - County Court Stuttgart HRB 752954
GfDs: Dr. Stefan Secker, Florian Girmund, Dr. Timo Hanneke, Prof. Dr. Dirk Hölter
Company Headquarter in Bönnigheim

UNTERSUCHUNGSZIEL / AIM OF TEST

Prüfung von textilen Flächegebilden und Materialien auf antibakterielle Aktivität.

Textile materials – Determining the antibacterial activity.

PRÜFGEGENSTAND / TEST SAMPLES

| Probennr. / Sample No. | Prüfgegenstand | Test sample |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 19.8.3.0018 | Amazon-Kapok-Fasern, natur | Amazon-Kapok-fiber, nature |

Der Prüfgegenstand wurde wie vom Auftraggeber eingesandt für die Prüfung verwendet.

The sample was used like handed over by the customer.

METHODE / METHODS**PRÜFGRUNDLAGE****DIN EN ISO 20743:2013-12**Textilien - Bestimmung der antibakteriellen Wirkung antibakteriell behandelter Erzeugnisse*
8.1. Absorptionsverfahren
Messverfahren: Plattenzählverfahren

Testkeime:

- Staphylococcus aureus ATCC 6538
- Klebsiella pneumoniae ATCC 4352

Lieferquelle: DSMZ

Sterilisation: UV

TEST SPECIFICATION**DIN EN ISO 20743:2013-12**Textiles - Determination of the antibacterial activity of antibacterial finished products*
8.1. Absorption method
Measurement method: plate count method

Test strains:

- Staphylococcus aureus ATCC 6538
- Klebsiella pneumoniae ATCC 4352

Source of supply: DSMZ

Sterilisation: UV

MODIFIKATIONEN

- Standard PES als Kontrollmaterial

MODIFICATIONS

- Standard PES as control material

BERECHNUNGSGRUNDLAGE

Berechnet wird der Keimwachstumswert über 18 Stunden auf der Probe gegenüber dem Kontroll- oder Referenzmaterial, nach der Formel

CALCULATION

The value of germ growth is calculated over 18 hours on the sample, in comparison to the control or reference material and according to the formula:

$$A = (\log_{10} C_{18h} - \log_{10} C_{0h}) - (\log_{10} T_{18h} - \log_{10} T_{0h})$$

C = Kontrollmaterial / Referenzmaterial
T = ProbenmaterialC = control / reference material
T = sample

ERGEBNIS / RESULT**STAPHYLOCOCCUS AUREUS ATCC 6538**Konzentration des Inokulats / Concentration of inoculum: $3,31 \times 10^5$ KBE/ml / cfu/ml

Reduktionswerte / Reduction values:

| Prüfgegenstand/ test sample | | Mittelwert / average value | | Reduktionswert / reduction value A |
|--|------|------------------------------------|--------------------|--|
| | | KBE absolut cfu absolute | log KBE log cfu | log ₁₀ KBE log ₁₀ cfu |
| Kontrolle / control PES ¹⁾ | 0 h | $6,64 \times 10^4$ ²⁾ | 4,82 | - |
| | 18 h | $4,24 \times 10^7$ ²⁾ | 7,63 | - |
| 19.8.3.0018 | 0 h | $5,77 \times 10^4$ ²⁾ | 4,76 | - |
| | 18 h | $1,44 \times 10^5$ * ²⁾ | 5,16 | 2,41 |

1) Kontrollmaterial (nicht antibakteriell aktiv)

1) Reference material (not antibacterial active)

2) Die KBE Bestimmung erfolgt im 3-fach Ansatz; angegeben wird der Mittelwert

2) Mean value of colony count in triplicate

* Anmerkung: die Streuung der Einzelwerte war >2 log-Stufen: $1,88 \times 10^4$ / $4,09 \times 10^5$ / $3,77 \times 10^3$ * Note: the range of the single values was >2 log steps: $1,88 \times 10^4$ / $4,09 \times 10^5$ / $3,77 \times 10^3$ **KLEBSIELLA PNEUMONIAE ATCC 4352**Konzentration des Inokulats / Concentration of inoculum: $2,70 \times 10^5$ KBE/ml / cfu/ml

Reduktionswerte / Reduction values:

| Prüfgegenstand/ test sample | | Mittelwert / average value | | Reduktionswert / reduction value |
|--|------|------------------------------------|--|--|
| | | KBE absolut cfu absolute | log ₁₀ KBE log ₁₀ cfu | log ₁₀ KBE log ₁₀ cfu |
| Kontrolle / control PES ¹⁾ | 0 h | $4,32 \times 10^4$ ²⁾ | 4,64 | - |
| | 18 h | $4,72 \times 10^7$ ²⁾ | 7,67 | - |
| 19.8.3.0018 | 0 h | $3,95 \times 10^4$ | 4,60 | - |
| | 18 h | $4,50 \times 10^4$ * ²⁾ | 4,65 | 2,91 |

1) Kontrollmaterial (nicht antibakteriell aktiv)

1) Reference material (not antibacterial active)

2) Die KBE Bestimmung erfolgt im 3-fach Ansatz; angegeben wird der Mittelwert

2) Mean value of colony count in triplicate

* Anmerkung: die Streuung der Einzelwerte war >2 log-Stufen: $1,34 \times 10^5$ / $8,38 \times 10^2$ / <20* Note: the range of the single values was >2 log steps: $1,34 \times 10^5$ / $8,38 \times 10^2$ / <20

ZUSAMMENFASSUNG / CONCLUSION**BEURTEILUNGSKRITERIEN**

Nach DIN EN ISO 20743:2013-12, Anhang F

| Effektivität der antibakteriellen Eigenschaft | Wert der antibakteriellen Wirkung A (log ₁₀ KBE) |
|---|---|
| keine | A < 2 |
| signifikant | 2 ≤ A < 3 |
| stark | A ≥ 3 |

Anmerkung: Eine Zertifizierung der antibakteriellen Wirksamkeit ist erst ab einer signifikanten Aktivität möglich - unabhängig einer Wirksamkeitssteigerung

ASSESSMENT CRITERIA

According to DIN EN ISO 20743:2013-12, Appendix F

| Efficacy of the antibacterial property | Value of the antibacterial efficacy A (log ₁₀ cfu) |
|--|---|
| no | A < 2 |
| significant | 2 ≤ A < 3 |
| strong | A ≥ 3 |

Note: A certificate of the antibacterial activity can be exposed only if a significant efficacy is given - independent of a efficacy graduation

BEURTEILUNG

- **Kontrollen**

Die biologische Aktivität der Teststämme und die Ergebnisse der Kontrollversuche waren nicht zu beanstanden. Damit war der Versuchsverlauf valide.

- **Probe 19.8.3.0018**

Unter gegebenen Versuchsbedingungen wurde für die untersuchte Probe im Vergleich zum Kontrollmaterial (Standard PES) gegenüber dem eingesetzten Teststamm *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 eine und gegenüber *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352 eine **signifikante** antibakterielle Aktivität nachgewiesen.

ASSESSMENT

- **Controls**

The biological activity of the test strains and the results of the controls were not to object. The experimental procedure was valid.

- **Sample 19.8.3.0018**

There is a **significant** antibacterial activity with the test strain *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 and *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352 under given test conditions for the tested samples, calculated with the control material (non-treated PES).

Schloss Hohenstein, 04. März 2019

Head of Product Management &
Business Development
Life Science & Care



M.Sc. Christin Glöckner



Product Manager Microbiology
Life Science & Care



Dipl.-Biol. Jutta Secker

Das Ergebnis bezieht sich nur auf die eingesetzten Gegenstände. Der Bericht darf nicht ausgeteilt, sondern nur in seinem vollen Umfang weitergegeben werden. Eine Benutzung des Berichts zu Werbezwecken oder die Veröffentlichung teiler Interpretationen der Ergebnisse ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Hohenstein Institute zulässig. Rechtswirksamkeit hat nur der autorisierte Bericht. Die vom Kunden übergebenen Unterlagen bzw. Materialien werden, soweit die Beschaffenheit dies zulässt, 3 Monate aufbewahrt. Für den gesetzlich geregelten Bereich gilt eine Aufbewahrungsfrist von 10 Jahren. Die Akkreditierung gilt für die in der Kundenanfrage aufgeführten Verfahren (Akkreditierungen siehe www.hohenstein.de/de/about_hohenstein/akkreditation/akkreditation.htm) - im Bericht mit * gekennzeichnet.
The results relate only to the samples submitted. This report must only be reproduced in full and not in extract form. Use of the report in advertising or the publication of free interpretations of the results is only allowed with the express permission of the Hohenstein Institute. Only the authorized report is legally binding. Documents and materials delivered by the client will be retained for 3 months, provided their condition allows it. A storage period of 10 years applies to the legally regulated area. The accreditation applies for the methods listed in the annex to the certificate (accreditations see www.hohenstein.de/de/about_hohenstein/akkreditation/akkreditation.htm) - marked * in the report.

ANEXO II – Laudo Laboratorial – Citotoxicidade, Amazon-Kapok

HOHENSTEIN 

Hohenstein Laboratories - Schlosssteige 1 - 74357 Bönnigheim - GERMANY

Universität Hohenheim
Schloss Hohenheim 1
70599 Stuttgart

Hohenstein Laboratories
GmbH & Co. KG

Schlosssteige 1
74357 Bönnigheim - Germany

Life Science & Care
Telefon / Phone +49 7143 271 444
Fax +49 7143 271 94421
blobservice@hohenstein.de

Zuständig für Rückfragen / Contact person
Anne Schopfer

Unser Zeichen / Our ref.
hec

Datum / Date
04. März 2019

Bericht Nr. / Report No. 19.8.5.0039

Auftraggeber: siehe Anschrift
Client: see address

Prüfgegenstand: siehe Seite 2
Test sample: see page 2

Auftragsdatum: 25.02.2019
Date of order:

Eingang Prüfgegenstand: 25.02.2019
Receipt of test samples:

Prüfzeitraum: 28.02.2019 bis / to 04.03.2019
Period of testing:

Probenahme: Der Prüfgegenstand wurde uns vom Auftraggeber übersandt.
Sampling: The test sample has been delivered to us by the client.

Der Bericht umfasst 6 Seiten. / The report comprises 6 pages.

Es gelten unsere Allgemeinen
Geschäftsbedingungen:
www.hohenstein.de/pdf/agt.pdf
Our terms of business shall apply:
www.hohenstein.de/pdf/agt_e.pdf

Telefon / Phone
+49 7143 271 0
Fax +49 7143 271 51
info@hohenstein.de
www.hohenstein.de

ÜNR-Nr. /
VAT Reg. No.
DE815128106

Hohenstein Laboratories GmbH & Co. KG - AG Stuttgart HRB 734858
Persönlich haftende Gesellschafterin: Hohenstein Verwaltungs GmbH - AG Stuttgart HRB 752904
GP: Dr. Stefan Droste, Florian Simon, Dr. Timo Hannew, Prof. Dr. Dirk Hübner
StZ der Gesellschaft: AG Bönnigheim
Hohenstein Laboratories GmbH & Co. KG - County Court Stuttgart HRB 734858
Personally liable associate: Hohenstein Verwaltungs GmbH - County Court Stuttgart HRB 752904
GDL: Dr. Stefan Droste, Florian Simon, Dr. Timo Hannew, Prof. Dr. Dirk Hübner
Company Headquarter in Bönnigheim

UNTERSUCHUNGSZIEL / AIM OF TESTPrüfung der *in vitro* Zytotoxizität zur biologischen
Beurteilung von Medizinprodukten*Tests for in vitro cytotoxicity for biological evaluation of
medical devices***PRÜFGEGENSTAND / TEST SAMPLES**

| Probennr. / Sample No. | Prüfgegenstand | Test sample |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 19.8.5.0039 | Amazon-Kapok-Fasern, natur | Amazon-Kapok-fibre, nature |

Der Prüfgegenstand wurde wie vom Auftraggeber
eingesandt für die Prüfung verwendet.*The sample was used like handed over by the
customer.***METHODE / METHODS****GRUNDSÄTZLICHE VORBEMERKUNGEN**

Mit Biokompatibilitätsuntersuchungen nach DIN EN ISO 10993 wird die biologische Verträglichkeit von Produkten geprüft, die u.a. auf intakter Haut ohne Vorerkrankungen und in direktem Kontakt zur Körperoberfläche stehen. Die Prüfung auf Zytotoxizität nach DIN EN ISO 10993-5 ist als Basis für alle Medizinprodukte anerkannt und erforderlich. Durch den Einsatz von Zellkulturen ist es möglich, aus den geprüften Produkten herauslösbare toxische Substanzen nachzuweisen. Zellschädigende Effekte werden mit dem Begriff "Zytotoxizität" beschrieben. Die Zytotoxizitätsprüfung liefert damit erste Anhaltspunkte für die biologische Verträglichkeit des eingesetzten Produktes. Die Freisetzung toxischer Substanzen aus einem Textilprodukt mit Hautkontakt ist Voraussetzung für die Entstehung einer Hautirritation. Die Prüfung auf Zytotoxizität erlaubt die Beurteilung eines Gefahrenpotenzials zur Hautirritation. Dieses wird als Summenparameter erfasst. Der Test ist keine Analytik zu den irritationsauslösenden Einzelsubstanzen oder auf allergieauslösende Substanzen.

GENERAL REMARKS

This test is carried out by means of biocompatibility tests according to DIN EN ISO 10993. The biological compatibility is tested on products, which, among others, are applied on intact skin without previous illnesses and which are in direct contact to the body surface. The test for cytotoxicity according to DIN EN ISO 10993-5 is an approved methodology and required for medical devices and products. The use of cell cultures allows the detection of extractable toxic substances from the tested products. Cell toxic effects are described by the term "cytotoxicity". The cytotoxicity test provides first evidence for the biological compatibility of the used product. The release of toxic substances from a textile product with skin contact is the precondition for the development of skin irritations. The test for cytotoxicity permits the evaluation of a risk potential for skin irritation. This potential is recorded as a sum parameter. The test is not an analysis to determine single skin-irritating or allergenic substances.

PRÜFGRUNDLAGE**DIN EN ISO 10993-5: 2009-10^A**Biologische Beurteilung von Medizinprodukten -
Teil 5: Prüfungen auf in vitro-Zytotoxizität

In Verbindung mit:

DIN EN ISO 10993-1: 2010-04

Biologische Beurteilung von Medizinprodukten -
Teil 1: Beurteilung und Prüfungen im Rahmen eines
Risikomanagementsystems

DIN EN ISO 10993-12: 2012-10

Biologische Beurteilung von Medizinprodukten -
Teil 12: Probenzubereitung und Referenzmaterialien

DIN EN ISO 105-E04: 2013-08

Textilien – Farbechtheitsprüfungen –
Teil E04: Farbechtheit gegen Schweiß

Zelllinie / Passagenzahl 32

L 929 Zellen (ATCC Nr. CCL1, NCTC Klon 929 L). Die
Zelllinie wird seit vielen Jahren erfolgreich für in vitro-
Experimente eingesetzt und zeichnet sich durch eine
gute Klonierungsfähigkeit sowie durch eine hohe
Proliferationsrate aus.

Kulturmedium

DMEM mit 10 % FCS (DMEM: Fa. Biochrom,
Chargennummer intern dokumentiert; FCS: Fa. Sigma,
Chargennummer intern dokumentiert).

Extraktionsverfahren

Inkubation des Untersuchungsgutes mit saurer
Schweißlösung nach Norm
DIN EN ISO 105-E04 für 24 Std. unter leichtem
Schütteln bei 37 °C; der Original-Schweißextrakt wird
auf pH 7,3 - 7,4 eingestellt und sterilfiltriert.

Inkubation der Zellkultur

68-72 Std. mit Original-Schweißextrakt in
4 Verdünnungsstufen.

Untersuchung der Zytotoxizität

Nach Inkubation der Zellen wird der Proteingehalt
mittels BCA-Test als Maß für das Zellwachstum mit
dem der Kontrollen verglichen. [1; 2]

- [1] Smith, P. K., Krohn, R. L. et al. (1985). Measurement of protein using bicinchoninic acid. *Anal Biochem* 150(1): 76-85.
 [2] ZLG Zytotoxizität. Auswahl der Prüfsysteme, Extraktionsverfahren, Referenzmaterialien, Aussagekraft und Auswertung der
 Ergebnisse Antworten und Beschlüsse des HAK Biologische Prüfungen.

TEST SPECIFICATION*Biological evaluation of medical devices –
Part 5: Tests for in vitro cytotoxicity**In addition with:**Biological evaluation of medical devices – Part 1:
Evaluation and testing within a risk management
system**Biological evaluation of medical devices – Part 12:
Sample preparation and reference materials**Textiles - Tests for colour fastness – Part E04:
Colour fastness to perspiration**Cell line / passage No. 32**L 929 Cells (ATCC No. CCL1, NCTC clone 929 L). This
cell line has been used successfully for many years for
in vitro experiments. It is characterized by its good
capability for cloning and its high proliferation rate.**Culture medium**DMEM with 10 % FBS (DMEM from Biochrom, batch
number documented internally; FBS from Sigma, batch
number documented internally).**Extraction process**Incubation of test product with an acid perspiration
solution according to
DIN EN ISO 105-E04 for 24 hours with slight shaking
at 37 °C; the original perspiration extract is adjusted to
pH 7.3 to 7.4 and sterilised by filtration.**Incubation of cell culture**68-72 hours with original perspiration extract in
4 dilutions.**Test for cytotoxicity**After incubation of the cells, the protein amount is
compared with the controls to measure the cell growth
(BC-Assay). [1; 2]*

Eine sensorische Prüfung des Probenmaterials sowie eine Prüfung des Schweißextraktes auf Verfärbung erfolgt durch mehrere Prüfer. Bakterielle Kontaminationen von nicht sterilen Probenmaterialien werden durch Untersuchung des Schweißextraktes festgestellt.

An investigation of the perspiration extract for odor and staining/dicoloration is conducted by a panel of testers. Bacterial contamination of non-sterile samples is detected in the perspiration extract.

Eine Positiv- und eine Negativkontrolle werden im Experiment mitgeführt, um die Validität des Testsystems zu bestätigen. In Gegenwart zytotoxischer Substanzen zeigen sich veränderte Proliferations- und Teilungsraten der Zellen (Wachstumshemmungs-Test).

A positive and a negative control are included in the experiment in order to confirm the validity of the test system. In the presence of cytotoxic substances different proliferation and division rates appear (growth inhibition-test).

Lösungsmittelkontrolle

Schweißlösung (pH 7,3 – 7,4)

Solvent control

Perspiration solution (pH 7.3 to 7.4)

Positivkontrolle

DMSO (5 %) in Schweißlösung (pH 7,3 – 7,4)

Positive control

DMSO (5 %) in perspiration solution (pH 7.3 to 7.4)

Negativkontrolle

KulturmEDIUM

Negative control

Culture medium

PrüfmateriAl

Verdünnungen des Probenextraktes in Schweißlösung (pH 7,3 – 7,4)

Test material

Dilutions of the sample extract in perspiration solution (pH 7.3 to 7.4)

Hinweis: Die vorliegende Prüfung der Zytotoxizität an Medizinprodukten (MP) wird nicht explizit im Hinblick auf die Bewertung von Nanopartikeln (ISO/TR 10993-22) ausgeführt. Dies bedeutet, dass keine Risikobewertung der Nanopartikel, die in ein MP eingebracht wurden, oder die bei Herstellung, Sterilisation oder Gebrauch eines MP entstehen können, durchgeführt wird.

Note: The present cytotoxicity test on medical devices (MD) is not performed for the assessment of nanoparticles (ISO/TR 10993-22). This means, that no risk assessment of nanoparticles, integrated in a MD or caused by production, sterilization or use of a MD, is implemented.

BERECHNUNGSGRUNDLAGE

CALCULATION

Die Berechnung der prozentualen Wachstumshemmung (% WH) erfolgt nach folgender Formel:

The calculation of growth inhibition in percentage terms (%WH) is:

$$\%WH = 100 - 100 \times \frac{(OD_{570nm} \text{ Probe/sample}) - (OD_{570nm} \text{ Leerwert/blank})}{(OD_{570nm} \text{ Kontrolle/control}) - (OD_{570nm} \text{ Leerwert/blank})}$$

OD_{570nm} Probe

Mittelwert Extinktionswert einer Probenverdünnung aus 3 Parallelansätzen

OD_{570nm} sample

Average extinction of a sample dilution out of 3 parallel wells

OD_{570nm} Leerwert

Mittelwert Extinktionswert des Leerwerts (ohne Zellen) aus 3 Parallelansätzen

OD_{570nm} blank

Average extinction of the blank (without cells) out of 3 parallel wells

OD_{570nm} Kontrolle

Mittelwert Extinktionswert der Lösungsmittelkontrolle aus 3 Parallelansätzen

OD_{570nm} control

Average extinction of the control out of 3 parallel wells

ERGEBNIS / RESULT■ **Probe / Sample 19.8.5.0039**

Im Schweißextrakt wurde mit bloßem Auge **eine Verfärbung** beobachtet. Es wurde am Probenmaterial bzw. Schweißextrakt **ein starker pflanzlicher Geruch** festgestellt.

*The observation of perspiration extract showed a discoloration.
In the investigation on odor a strong vegetable smell was detected.*

Am Schweißextrakt wurde eine Erhöhung des pH-Wertes von 5,5 auf 6,2 beobachtet.

The pH-value in the perspiration extract was 6.2 instead of 5.5.

| Rel. Proteingehalt / Rel. protein content OD [570nm] | X | ± | s | Wachstumshemmung / growth inhibition in % |
|---|--------|---|--------|---|
| Leerwert / blank: | 0,1623 | | | |
| Positivkontrolle / positive control: | 0,2827 | ± | 0,0051 | 91 |
| Negativkontrolle / negative control: | 1,5741 | ± | 0,0536 | 0 |
| Lösungsmittelkontrolle / solvent control: | 1,4398 | ± | 0,0433 | 0 |
| Prüfgegenstand / test sample: | | | | Limit |
| 33,30% | 1,3826 | ± | 0,0855 | 6 |
| 22,20% | 1,3326 | ± | 0,0763 | 8 |
| 14,80% | 1,3638 | ± | 0,0760 | 6 |
| 9,90% | 1,3437 | ± | 0,0780 | 8 |

X entspricht Mittelwert aus Mehrfachmessungen
s entspricht der Standardabweichung
Versuchsdurchführung: nka

X is the average of multiple measurements
s is the standard deviation
Test performance: nka

Unter den angegebenen Bedingungen zeigte der Schweißextrakt der Probe eine Wachstumshemmung von 8 % im Zytotoxizitätstest.

Under the mentioned test conditions, the perspiration extract of the test material showed a growth inhibition of 8 % in the cytotoxicity test.

Ausgehend vom Prüfmaterial konnte keine dosisabhängige Wachstumshemmung der L929 Zellen beobachtet werden.

No dose-dependent growth inhibition of L929 cells could be observed, which derived from the test material.

ZUSAMMENFASSUNG / CONCLUSION

BEURTEILUNGSKRITERIEN

Nach DIN EN ISO 10993-5 wird eine Wachstumshemmung von **mehr als 30 %** im Vergleich zur Lösungsmittelkontrolle als eine zytotoxische Wirkung angesehen.

ASSESSMENT CRITERIA

According to DIN EN ISO 10993-5 a growth inhibition of **more than 30 %** in comparison to the solvent control is considered as a clear cell-toxic effect.

BEURTEILUNG

▪ **Probe / Sample 19.8.5.0039**

Extrakt von Amazon-Kapok-Fasern, natur

Die ermittelte Wachstumshemmung von unter 30 % zeigt, dass aus dem Prüfgegenstand keine zelltoxischen Substanzen freigesetzt werden.

ASSESSMENT

Extract of Amazon-Kapok-fibre, nature

The detected growth inhibition of less than 30 % shows that no cytotoxic substances are released.

Schloss Hohenstein, 04. März 2019

Head of Product Management &
 Business Development
 Life Science & Care



M.Sc. Christin Glöckner



Product Manager
 Material Performance
 Life Science & Care



Nadja Berner-Dannenmann

Das Ergebnis bezieht sich nur auf die eingesetzten Gegenstände. Der Bericht darf nicht auszugsweise, sondern nur in seinem vollen Umfang weitergegeben werden. Eine Benutzung des Berichts zu Werbezwecken oder die Veröffentlichung teiler Interpretationen der Ergebnisse ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Hohenstein Institute zulässig. Rechtswirksamkeit ist nur der autorisierte Bericht, die vom Kunden übergebenen Unterlagen bzw. Materialien werden, soweit die Beschaffenheit dies zulässt, 3 Monate aufbewahrt. Für den gesetzlich geregelten Bereich gilt eine Aufbewahrungsfrist von 10 Jahren.
 Die Akkreditierung gilt für die in der Urkundenanlage aufgeführten Verfahren (Akkreditierungen siehe www.hohenstein.de/de/about_hohenstein/akkreditation/akkreditation.html) – im Bericht mit * gekennzeichnet.
 The results relate only to the samples submitted. This report must only be reproduced in full and not in extract form. Use of the report in advertising or the publication of free interpretations of the results is only allowed with the express permission of the Hohenstein Institute. Only the authorized report is legally binding. Documents and materials delivered by the client will be retained for 3 months, provided their condition allows it. A storage period of 10 years applies to the legally regulated area.
 The accreditation applies for the methods listed in the annex to the certificate (accreditations see www.hohenstein.de/de/about_hohenstein/akkreditation/akkreditation.html) – marked * in the report.