

BAMBU

Madeira do Futuro

VOLUME 2

**Uma compilação de estudos desenvolvidos
em instituições de pesquisa dos estados do
Acre e do Paraná**

ORGANIZADORES

Moisés Silveira Lobão

Berenice Kussumoto de Alcântara da Silva

Leila Priscila Peters

Márcio Aurélio Dantas Ferreira

Neila Cristina de Lima Fernandes

Lucas Vieira Lemos Romeu



Edufac

SINOPSE

BAMBU

Madeira do Futuro
VOLUME 2

**Uma compilação de estudos desenvolvidos
em instituições de pesquisa dos estados do
Acre e do Paraná**

Moisés Silveira Lobão, Berenice Kussumoto de Alcântara da Silva, Leila Priscila Peters, Márcio Aurélio Dantas Ferreira, Neila Cristina de Lima Fernandes, Lucas Vieira Lemos Romeu (org.)

Esta obra é o segundo volume da compilação de vários trabalhos de pesquisa desenvolvidos na Universidade Federal do Acre (Ufac). A presente edição abrange trabalhos realizados na Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (Funtac) e na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), que constavam do primeiro volume, em sua maioria, estudos desenvolvidos no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da Universidade Federal do Acre, os quais contêm a caracterização das propriedades anatômicas e físicas, assim como o uso de tratamentos preservativos de bambus – *Guadua weberbaueri* e *Guadua* aff. *lynnclarkiae* Londoño – mais conhecidos como taboca e bambu gigante, respectivamente. As pesquisas foram mais amplas, contendo: estudos sobre tecnologias envolvendo o bambu, realizadas no Brasil e no mundo, através de revisão bibliográfica de artigos científicos; inventário da ocorrência de bambu em uma região fronteiriça do estado do Acre; caracterização das propriedades anatômicas e físicas dos bambus do gênero *Guadua weberbaueri*; o uso de tratamentos preservativos naturais e residuais em duas espécies de *Guadua* (*G. weberbaueri* e *G. aff. Lynnclarkiae*); além da análise de dois distintos processos para a fabricação de carvão vegetal a partir do colmo do bambu da espécie *Dendrocalamus asper*.

BAMBU
Madeira do Futuro
VOLUME 2

**Uma compilação de estudos desenvolvidos
em instituições de pesquisa dos estados do
Acre e do Paraná**

- Organizadores -

Moisés Silveira Lobão
Berenice Kussumoto de Alcântara da Silva
Leila Priscila Peters
Márcio Aurélio Dantas Ferreira
Neila Cristina de Lima Fernandes
Lucas Vieira Lemos Romeu



Edufac

Rio Branco-Acre

2023

Bambu – madeira do futuro: uma compilação de estudos desenvolvidos em instituições de pesquisa dos estados do Acre e do Paraná, volume 2

Moisés Silveira Lobão, Márcio Aurélio Dantas Ferreira, Berenice Kussumoto de Alcântara da Silva, Leila Priscila Peters, Neila Cristina de Lima Fernandes, Lucas Vieira Lemos Romeu (Org.)

ISBN 978-65-88975-74-9 • *Feito Depósito Legal*

Copyright © Edufac 2023

Editora da Universidade Federal do Acre • Eufac,
Rod. BR364, Km 04 • Distrito Industrial 69920-900 • Rio Branco • AC

Editora Afiliada



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Diretor da Eufac

Gilberto Mendes da Silveira Lobo

Coordenadora Geral da Eufac

Ângela Maria Poças

Conselho Editorial (Consedufac)

Adcleides Araújo da Silva, Adelice dos Santos Souza, André Ricardo Maia da Costa de Faro, Ângela Maria dos Santos Rufino, Ângela Maria Poças (vice-presidente), Alessandra Pinheiro Cavalcante Costa, Carlos Eduardo Garção de Carvalho, Claudia Vanessa Bergamini, Délcio Dias Marques, Francisco Aquinei Timóteo Queirós, Francisco Naildo Cardoso Leitão, Gilberto Mendes da Silveira Lobo (presidente), Jáder Vanderlei Muniz de Souza, José Roberto de Lima Murad, Maria Cristina de Souza, Sheila Maria Palza Silva, Valtemir Evangelista de Souza, Vinícius Silva Lemos

Coordenadora Comercial • Serviços de Editoração

Ormifran Pessoa Cavalcante

Projeto Gráfico • Arte da Capa

Lucas Vieira Lemos Romeu

As informações, opiniões, conceitos expressos nesta obra, bem como a exatidão dos dados, referências, redação e revisão textual são de inteira responsabilidade do(as) autores(as).

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Ufac

B199b **Bambu: madeira do futuro – uma compilação de estudos desenvolvidos em instituições de pesquisa dos estados do Acre e do Paraná, 2 / Organizador: Moisés Silveira Lobão ... [et al.]. Rio Branco: Eufac, 2023. 155 p.: il.; 21 cm.**

**Inclui referências bibliográficas.
ISBN: 978-65-88975-74-9**

1. Bambusoideae. 2. Bioprospecção. 3. Fitorremediação. 4. Sustentabilidade. 5. Tecnologia. I. Lobão, Moisés Silveira ... [et al.] (Org.). II. Título.

CDD: 633.58

Marcelino G. M. Monteiro Bibliotecário CRB 11ª / 258

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	8
CAPÍTULO 1 – OS MÚLTIPLOS USOS DO BAMBU: UMA REVISÃO	10
CAPÍTULO 2 – AVANÇO TECNOLÓGICO NA PRESERVAÇÃO DE BAMBU NO ACRE: UMA REVISÃO	24
CAPÍTULO 3 – INVENTÁRIO FLORESTAL DIAGNÓSTICO DE OCORRÊNCIA DE BAMBU NO RAMAL ICURIÃ NO ESTADO DO ACRE	47
CAPÍTULO 4 – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO COLMO MADURO DO BAMBU GIGANTE DA AMAZÔNIA (<i>Guadua aff. Lynnclarkiae</i>)	63
CAPÍTULO 5 – ENSAIOS DE APODRECIMENTO ACELERADO DE COLMOS DE <i>Guadua aff. Lynnclarkiae</i> POR FUNGOS XILÓFAGOS EM LABORATÓRIO	76
CAPÍTULO 6 – AVALIAÇÃO DO USO DO ÓLEO ESSENCIAL DE PIMENTA LONGA EM SUBSTRATO DE PRODUTOS NATURAIS E RESIDUAIS NA PRESERVAÇÃO DO COLMO DE <i>Guadua aff. Lynnclarkiae</i>	94
CAPÍTULO 7 – CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DE COLMO DE <i>Guadua weberbaueri</i> SUBMETIDOS A ENSAIOS DE APODRECIMENTO ACELERADO POR FUNGOS XILÓFAGOS	120
CAPÍTULO 9 – PRODUÇÃO DE CARVÃO DE BAMBU EM RELATOR PORTÁTIL TIPO RETORTA	135

APRESENTAÇÃO

Esta obra é o segundo volume da compilação de vários trabalhos de pesquisa desenvolvidos na Universidade Federal do Acre (Ufac). Esta edição abrange trabalhos realizados na Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (Funtac) e na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Os capítulos que constavam no primeiro volume eram estudos desenvolvidos no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da Universidade Federal do Acre, os quais contêm a caracterização das propriedades anatômicas e físicas, assim como o uso de tratamentos preservativos de bambus – *Guadua weberbaueri* e *Guadua* aff. *lynnclarkiae* Londoño – mais conhecidos como taboca e bambu gigante, respectivamente.

Nesta obra as pesquisas foram mais amplas, e explanam sobre os temas: estudos sobre tecnologias envolvendo o bambu, realizadas no Brasil e no mundo, através de revisão bibliográfica de artigos científicos; inventário da ocorrência de bambu em uma região fronteira do estado do Acre; caracterização das propriedades anatômicas e físicas dos bambus do gênero *Guadua weberbaueri*; o uso de tratamentos preservativos naturais e residuais em duas espécies de *Guadua* (*G. weberbaueri* e *G. aff. lynnclarkiae*); além da análise de dois distintos processos para a fabricação de carvão vegetal a partir do colmo do bambu da espécie *Dendrocalamus asper*.

O incentivo a partir do ano de 2011, com a criação da Lei n.º 12.484/2011, que dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu (PNMCB), possibilitou uma alavancada no estudo e uso do bambu no Brasil, e permitiu que essa matéria-prima abundante, mas tão pouco valorizada no país, passasse a figurar como a principal dentre as demais, capaz de substituir o uso da madeira e de outros materiais não sustentáveis, como o aço e o concreto. Porém, há poucas revistas científicas especializadas na divulgação de pesquisas com o bambu, e muitas delas têm acesso restrito aos assinantes, por isso buscamos criar essa coletânea com trabalhos em língua portuguesa, que poderão ser acessados de forma gratuita pelos usuários.

Vale ressaltar que, mesmo com a política de incentivos ao uso do bambu no território nacional, o Brasil encontra-se em clara desvantagem, quando comparado com os países asiáticos (China e Indonésia), e mesmo com países da América do Sul (Colômbia e Equador), no tocante ao uso e à aceitação do bambu junto à população.

Nesse contexto, consideramos a necessidade de estudar as diversas espécies de bambu existentes no sudoeste da Amazônia, onde há ocorrência de florestas dominadas por bambus arborescentes, localizados na fronteira entre Brasil, Peru e Bolívia. Essas florestas abrangem 180 mil km² (18 milhões de hectares), sendo consideradas as maiores reservas naturais do planeta, que têm o gênero *Guadua*. Observamos que estudos são necessários a fim de viabilizar o seu uso múltiplo, já que o bambu se apresenta como uma alternativa sustentável para a recuperação de áreas degradadas, como fontes de biomassa, matéria-prima para construção civil, entre outros usos em pesquisas.

Moisés Silveira Lobão
Professor CCBN, Ufac.

Capítulo 1

OS MÚLTIPLOS USOS DO BAMBU: UMA REVISÃO

THE MULTIPLE USES OF BAMBOO:
A REVIEW

BERENICE K. ALCÂNTARA
MARIA ROSÁLIA N. DA COSTA
GABRIELA S. SOLÁ
THIAGO A. DA SILVA
ERLÂNGELA R. VIGA
RAQUEL R. DE SOUZA
NATÁLIA G. DE SOUZA
LEILA P. PETERS
MOISÉS S. LOBÃO

RESUMO

Este capítulo de revisão aborda os diferentes usos do bambu, demonstrando sua versatilidade, sua importância no desenvolvimento sustentável em diversos locais, bem como, seu potencial para recuperação de áreas degradadas e mitigação na emissão de gases do aquecimento global. As plantas de bambu têm diversas propriedades úteis como construção civil, celulose e papel, carvão, artesanato, alimentação, fármacos, cosméticos, produtos de higiene e limpeza. Essa revisão faz um levantamento das diferentes espécies de bambu e seus usos atuais e potenciais demonstrados em literatura científica levantados entre os anos de 1971 e 2022.

Palavras-chave: *Bambusoideae*; Tecnologia; Bioprospecção; Fitorremediação; Sustentabilidade.

ABSTRACT

This review chapter addresses the different uses of bamboo, demonstrating its applicability, its importance in sustainable development in different locations, as well as its potential for recovering degraded areas and mitigating global carbon emissions. Bamboo plants have several useful properties as civil construction, cellulose and paper, charcoal, handicrafts, food, pharmaceuticals, cosmetics, hygiene and cleaning products. This review surveys the different species of bamboo with current and potential uses found in the scientific literature between the years 1971 and 2022.

Keywords: *Bambusoideae*; Technology; Bioprospection; Phytoremediation; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O bambu é uma planta da família das gramíneas (Poaceae), subfamília Bambusoideae e é dividida em três tribos: Arundinarieae com cerca de 546 espécies de bambus lenhosos temperados; Bambuseae com 812 espécies de bambus lenhosos tropicais; e Olyreae com 124 espécies de bambus herbáceos (Clark et al., 2015). Os bambus são bastante variáveis em tamanho, possuindo espécies de pequeno porte, como exemplo o *Sasa borealis* no Japão com média de 50 cm de altura, e espécies de grande porte como *Dendrocalamus giganteus* na Ásia tropical que chegam à 40 m ou mais (Benton, 2015). No entanto, embora exista essa grande diversidade de bambus, as plantas dessa grande subfamília possuem biologia e morfologia bem peculiar: crescem assexuadamente por meio de rizomas ou bulbos subterrâneos dos quais

saem as raízes e colmos segmentados geralmente ocos, e para a reprodução sexuada, florescem uma vez na vida entre 20-70 anos (dependendo da espécie) e morrem após a frutificação (Clark et al., 2015; Liese et al., 2015; Guilherme; Riveiro; Cereda, 2017).

No mundo, existem cerca de 1482 espécies de bambu, sendo estas distribuídas em 119 gêneros (CLARK et al., 2015). No Brasil, atualmente são conhecidas 258 espécies de bambus nativos que são distribuídos por 35 gêneros (Filgueiras, 2017).

Dentre os múltiplos usos do bambu destacam-se: alimento, cosméticos, produtos de limpeza e higiene, fármacos, construção civil, produção de papel, produção de carvão, recuperação de áreas degradadas, contenção das bordas de áreas de desmatamento e fitorremediação.

Essa revisão utilizou as bases de dados do Google Acadêmico, Scopus, Web of Science, Scielo e PubMed, sendo utilizadas as seguintes palavras-chave para o critério de busca: “bamboo uses review; bamboo shoots; bamboo food; bamboo medicine; bamboo phytoremediation; bamboo carbon sequestration”. Foram selecionados os trabalhos dos últimos 50 anos que serão aqui citados em cada subitem dessa revisão.

2. USOS DO BAMBU NA ALIMENTAÇÃO

Existe no mercado uma variedade de produtos oriundos do bambu para alimentação, como exemplo brotos fermentados, picles, cerveja de bambu e biscoitos feitos com brotos de bambu (Choudhury; Sahu; Sharma, 2012; Choudhury et al. 2015).

Dentre as espécies utilizadas para consumo alimentar podem-se citar: *Bambus pallida*, *Bambusa balcoa*, *Bambusa bambos*, *Bambusa multiples*, *Bambusa polymorpha*, *Bambusa tulda*, *Bambusa vulgaris*, *Dendrocalamus giganteus*, *Dendrocalamus asper*, *Dendrocalamus hamiltonii*, *Dendrocalamus logispathus*, *Dendrocalamus merrilianus*, *Dendrocalamus strictus*, *Melocanna bambusoides*, *Phyllostachys dulcis*, *Phyllostachys edulis*, *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys pubescens*, *Phyllostachys nuda*, *Phyllostachys viridi*, *Pseudoxytenanthera albociliata*, *Schizostachyum elegans* e *Thyrsostachys siamensis*. Os brotos dessas espécies são consumidos frescos, cozidos ou utilizados para produção de picles, fermentados, e ainda como biscoitos, principalmente em países orientais, como, Índia, China, Japão, Taiwan, Tailândia, Nepal e Butão (Choudhury; Sahu; Sharma, 2012; Singhal et al., 2013; Liese et al., 2015).

No Japão e nos Estados Unidos, o gênero *Phyllostachys* é considerado o mais importante para o consumo de brotos de bambu (Diver, 2001). Em termos de mercado de brotos de bambu, o Japão importou o equivalente à 150 milhões de dólares americanos, seguido dos Estados Unidos, que importou mais de 47 milhões de dólares americanos em 2018 (INBAR, 2019). A China é o principal fornecedor e produtor mundial, com exportações que, em 2018, chegaram à 308 milhões de dólares americanos, somente considerando os brotos de bambu (INBAR, 2019).

No Brasil, a introdução do broto de bambu na alimentação ocorreu com a imigração dos chineses em 1812, no Rio de Janeiro, com a introdução das espécies *Phyllostachys bambusoides* e *Phyllostachys aurea*. O consumo do broto de bambu se intensificou no estado de São Paulo, com a chegada de imigrantes japoneses em 1908 que introduziram a espécie *Phyllostachys pubescens* na produção (Korte, 2018).

Além dos brotos, colmos jovens de *Dendrocalamus asper* e *Bambusa vulgaris* podem ser utilizados para produção de farinhas, sendo fontes importantes de fibras e amido (Felisberto et al., 2017). A farinha dos colmos jovens de bambu pode ser utilizada para produção de massas e, após extração do amido, é considerada um ingrediente similar à fibra de trigo branca, com alto teor de fibras insolúveis (Felisberto; Beraldo; Clerici, 2017). O consumo de fibras insolúveis em massas pode apresentar efeitos benéficos à saúde que vão desde redução de riscos às doenças cardiovasculares até mesmo prevenção de câncer do colo intestinal (Rodríguez et al., 2006).

Os colmos de bambu também podem ser utilizados para a fabricação de vinho (Liese et al., 2015). O interessante é que dentre as milhares de espécies existentes, somente uma é utilizada para este fim, *Oxytenanthera abyssinica*, na Tanzânia onde os plantios são realizados em propriedades familiares geridas de acordo com métodos agrícolas tradicionais (Liese et al., 2015).

Com relação às folhas, na China, as espécies dos gêneros *Phyllostachys* e *Sasa* são utilizadas para fabricação de cerveja e chás, respectivamente (Singhal et al., 2013; Liese et al., 2015). Frutos de bambu também podem ser utilizados na alimentação, como exemplo, a espécie *Melocanna baccifera* que produz frutos relativamente grandes (quando comparados com outros bambus) que são utilizados como fonte de proteínas na Índia (Liese et al., 2015).

3. USO DO BAMBU NA PRODUÇÃO DE FÁRMACOS

O uso do bambu em fármacos e outros produtos, abre um grande leque de oportunidades. Nos países orientais, desde os tempos antigos, o conhecimento tradicional mostra a utilização dos brotos de bambu para preparações farmacêuticas como o sal de bambu, o vinagre de bambu e extratos de bambu que são eficientes no controle do diabetes e nos níveis de colesterol dentro dos limites da normalidade (Singhal et al. 2013).

Extratos de bambu têm sido utilizados na Coreia para tratamento de hipertensão, sudorese e paralisia (Hossain; Islam; Numan, 2015). Ademais, foi estabelecido que o extrato de bambu tem atividades antioxidantes e efeitos anti-inflamatórios (Hu; Zhang; Kitts, 2000; Jung et al. 2005).

Bambusa arundinacea é uma planta medicinal ayurvédica com reputação medicinal bastante conhecida no oriente. Várias partes dessa planta como folhas, raízes, brotos e sementes possuem propriedades anti-inflamatórias, antidiabético, antioxidante, anti-helmíntico e atividade adstringente (Rathod et al. 2015). A raiz queimada de *Bambusa arundinacea* é aplicada em micoses, gengivites e artrites. A casca é usada em erupções pele. As folhas possuem propriedades antilepróticas e atividades anticoagulantes que podem ser utilizadas na hemoptise (Hossain; Islam; Numan, 2015).

Brotos fermentados de *Bambusa tulda* e *Dendrocalamus giganteus* são utilizados como matéria prima para produção de drogas esteróides na Índia (SRIVASTAVA, 1990). Brotos de *Bambusa vulgaris* têm sido utilizados em medicamentos para o tratamento de icterícia (Nirala et al., 2017).

Na China, o consumo de brotos de bambu contribui com aproximadamente 46% da ingestão diária de antioxidantes. Espécies do gênero *Phyllostachys* são as mais utilizadas. Ademais, colmos jovens também podem ser aproveitados, como os da espécie *Phyllostachys glauca* que são torrados para produzir um suco de bambu utilizado em remédios (Singhal et al., 2015).

No Brasil, rizomas de *Guadua paniculata* são tradicionalmente utilizados para o tratamento de infecções e dor, no entanto, as bases químicas responsáveis por seus efeitos terapêuticos foram descritas recentemente no estudo de Sousa et al. (2021).

4. USOS TECNOLÓGICOS DO BAMBU

O bambu emerge como excelente alternativa para emprego na construção civil. Características como sua elevada taxa de crescimento, seu caráter renovável e biodegradável, sua baixa densidade associada a elevada resistência mecânica e sua grande versatilidade de aplicações são de grande interesse (Marques et al., 2020). As propriedades estruturais do bambu são excelentes, como exemplos a relação momento de inércia pela área da seção transversal quando comparada à madeira supera-a em 2,5 vezes, e as relações rigidez por massa específica e resistência por massa específica superam a madeira e o concreto, podendo ser comparáveis ao aço (Souza, 2014).

Percebe-se também, que o bambu tem uma grande importância social, pois é muito empregado como material alternativo para pessoas de baixa renda em tubulações hidráulicas ou habitações alternativas. Segundo Benavides (2012), o bambu cumpre um importante papel na habitação de interesse social, sendo utilizado como material de construção em diversas culturas, sobretudo na Ásia e parte da América Latina, por ser um recurso natural com características físicas e mecânicas adequadas para aproveitá-lo na construção.

No Brasil, algumas aplicações do bambu na construção foram listadas por Beraldo, Naas e Freire (1991), sendo estas: esteiras para divisórias externas ou internas; formas de lajes, vigas, colunas ou pilares de concreto; andaimes provisórios; telhados (tesouras, armaduras secundárias e material de cobertura); cúpulas, pórticos ou arcadas; placas decorativas para piso e paredes; chapas laminadas ou plastificadas; pontes pênses e pontes rígidas; diques para represamento de água; aquedutos e poços artesianos; escadas de degraus; tanques, sanitários e lavatórios; ripados e cercas.

A maior parte da produção do bambu no Brasil é voltada para construções rurais. Observa-se que treliças para plantações aéreas, cercas e curral, são finalidades mais recorrentes do uso da espécie, além de ser utilizado no controle de drenagem e irrigação (Almeida, 2013). A espécie *Dendrocalamus giganteus*, também conhecida como bambu gigante, é a mais usada na construção civil, pois possui um diâmetro superior as demais espécies, além de apresentar um grau de resistência a tração mecânica, dispõe de fibras longas e contínua na direção longitudinal do colmo (Souza; Leão; Quaresma, 2020).

Outras espécies como *Dendrocalamus asper*, *Guadua angustifolia* e *Plyllastachys pubescens* são muito usadas na construção civil por apresentarem altura superior a 20 metros

e por oferecerem resistência mecânica adequada, que acabam sendo características essenciais em materiais utilizados na construção civil (Liese, 2003).

Além da construção civil, o bambu pode ser utilizado para fabricação de diversos móveis. Ao conhecer a potencialidade do bambu em sua forma industrializada, arquitetos e designers de móveis passaram a adotar a espécie como uma alternativa de matéria-prima viável em seus projetos (INBAR, 2003). Com o objetivo de lançar no mercado produtos ecologicamente mais adequados, estúdios que fabricam móveis começam a introduzir o bambu como material sustentável e de baixo impacto ambiental. Móveis como cadeiras, espreguiçadeiras, banquetas e mesas são os mais fabricados com lâminas tratadas de bambu (Orthey et al., 2015). No Brasil, ganha destaque a empresa ‘Oré Brasil’ como único empreendimento nacional a implantar a produção de móveis com bambu industrializado. As coleções de móveis da empresa já tiveram reconhecimento nacional e internacional através de premiações em designs com móveis fabricados de bambu (Orthey et al., 2015).

A produção de carvão vegetal a partir dos colmos de bambu é uma outra importante aplicação. Brand et al. (2020) avaliou a produção de carvão vegetal a partir do uso de quatro espécies de bambu: *Bambusa vulgaris*, *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys edulis* e *Phyllostachys nigra*, e os resultados obtidos foram satisfatórios. A qualidade do carvão vegetal variou entre as espécies de bambu, tendo como único ponto negativo o alto teor de cinzas para uso doméstico do carvão vegetal, a espécie *Bambusa vulgaris* apresentou o maior rendimento no processo produtivo, porém gerou carvão mais leve e com pior desempenho energético. Entre as espécies avaliadas, o *Phyllostachys nigra* foi a que produziu o carvão vegetal com a melhor qualidade energética e com boas propriedades físicas e rendimento gravimétrico. A qualidade do carvão vegetal varia em relação à altura do colmo. O topo dos colmos, que é o resíduo que pode ser destinado para a produção de carvão em plantios comerciais de bambu para múltiplos usos, apresentou maior rendimento no processo produtivo e carvão com maior densidade.

O uso do bambu também pode contribuir com a indústria de celulose e papel. Em um estudo de Azzini e Ciaramello (1971), cinco espécies de bambu (*Bambusa tuldooides*, *B. textilis*, *B. ventricosa*, *B. malingensis* e *B. dissimulator*) foram submetidas ao tratamento com sulfato, para avaliar o rendimento na produção de celulose, e elas não apresentarão nenhuma diferença. Constatou-se para *B. textilis* e *B. tuldooides* rendimento de celulose que superou em praticamente 20% aquele constatado para *B. malingensis* e *B. dissimulator*.

A vantagem do bambu com relação ao pinus e eucalipto é o seu rápido crescimento que favorece um intervalo de tempo menor entre uma colheita e outra. O Brasil ocupa a primeira posição, no ranking mundial, dos países que mais exportam celulose, no ano de 2020 o país exportou o equivalente a seis bilhões de dólares (IBÁ, 2021).

A grande demanda na produção de papel e celulose no Brasil é oriunda principalmente das espécies vegetais eucalipto e pinus. A celulose obtida do pinus é classificada como de fibra longa, por apresentar maior resistência mecânica e porosidade (Castro, 2009). Já a celulose extraída do eucalipto é conhecida por suas fibras curtas, adequada para fabricação de papéis de impressão e escrita, lenços e papel higiênico (Paula et al., 2019).

Estudos apontam uma semelhança no comprimento das fibras de bambu e pinus. Redko (1976), em seu estudo comparou o comprimento das fibras de *Dendrocalamus strictus* e *Pinus elliotti*. Verificou-se que o comprimento médio das fibras de bambu (3,2 mm) é similar ao comprimento das fibras de pinus (3,5 mm), ambos considerados pela literatura celulose de fibra longa, ideal para as indústrias de celulose e papel.

Com base nas propriedades químicas e anatômicas do bambu, percebe-se que ele é um material com grande potencial como matéria prima para indústria de celulose e papel, pois apresenta altos teores de celulose e minerais, contendo teores mais baixos de hemicelulose e extrativos, além de que sua densidade é similar as outras matérias primas utilizadas convencionalmente para esse fim (Pego et al., 2019).

A indústria de celulose e papel proveniente do bambu no Brasil ainda vem ganhando espaço no mercado. Atualmente estima-se que em todo país sejam produzidos anualmente cerca de 150 mil toneladas de celulose de bambu, sendo a maior parte desse volume fabricada pelo Centro Polivalente de Atividades Sociais Culturais e Ambientais (Cepasa), que possui cerca de 50 mil hectares plantados da espécie *Bambusa vulgaris* no estado do Pernambuco e demais áreas no nordeste do país (Santi, 2015).

5. USO DO BAMBU NO SEQUESTRO DE CARBONO E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

O bambu apresenta um grande potencial agrícola podendo ser utilizado no reflorestamento, na reposição de matas ciliares, na regeneração ambiental, no controle da erosão e no combate ao assoreamento de cursos de água, assim sendo, o uso do bambu na

recuperação de áreas degradadas é uma técnica promissora pois este apresenta a capacidade de melhorar as estruturas do solo, bem como estabilizar o solo e contribuir com sua matéria orgânica aumentando a fertilidade e biomassa microbiana (Lima et al., 2014).

Ademais, outra importância do bambu para a recuperação de áreas degradadas, especialmente áreas contaminadas por metais, se trata do seu uso potencial como fitorremediador (Barros, 2007; Quege et al., 2011; Asamoah; Ofori-Sarpong; Amankwah, 2012; Almeida, 2013; Bian et al., 2020; Silva et al., 2021). A fitorremediação com bambu oferece vantagens como baixo impacto ambiental, baixo custo, pois além de ser uma alternativa limpa, por conter lixiviadores e melhorar a estrutura do solo, também oferece recursos econômicos e benefícios ambientais como regulação hídrica e fixação de CO₂ (Barros, 2007).

Com sua rápida taxa de crescimento e alta rebrota anual após colheita, as florestas de bambu têm um alto potencial de armazenamento de carbono, especialmente quando os colmos colhidos são transformados em produtos duráveis (Song et al., 2011). Zhou e Jiang (2004 apud Song et al., 2011) descobriram que a capacidade de armazenamento total de carbono em um ecossistema típico de Moso bambu, incluindo a biomassa do solo, foi de 106,36 t·ha⁻¹, dos quais 34,3 t·ha⁻¹ são de vegetação acima do solo, representando 32,3% do total, e 72,2 t·ha⁻¹ se encontram na biomassa do solo (de 0 a 60 cm de profundidade), representando 67,7% do total. Isso sugere que, nessas florestas, o teor de carbono do solo é duas vezes maior que o conteúdo da vegetação acima do solo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além das milhares de aplicações para o bambu, surgem constantemente novas ideias, mostrando o potencial dessa matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos para o mercado. Os usos principais dos colmos de bambu estão voltados para a construção civil, porém também podem ser usados na culinária e medicina. Os brotos de bambu também são muito utilizados para consumo em diversos países, especialmente orientais. Folhas e frutos são utilizados em medicamentos e alimentação. Este trabalho elucidou alguns exemplos dos usos do bambu e suas espécies que foram encontrados na literatura dos últimos 50 anos. Muitos outros usos podem vir a ser adicionados no futuro visto este ser um material renovável e com uma versatilidade imensurável.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. V. de. Remediação in vitro de poluentes orgânicos persistentes com utilização de plantas e nanopartículas. 2013. 176 f. Tese (Doutorado em Multidisciplinar) – **Repositório da Universidade Federal de São Carlos**, São Carlos, SP, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/261>. Acesso em:

ASAMOAHA, R. K.; OFORI-SARPONG, G.; AMANKWAH, R. K. Biosorption of heavy metals from wastewater using *Bambusa vulgaris* (Bamboo). **2nd UMaT Biennial International Mining and Mineral Conference**. Tarkwa, Gana, p. 56-61. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/2.1.4726.1764>

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D. Bambu como matéria-prima para papel: IV - Estudos sobre o emprego de cinco espécies de *Bambusa*, na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 30, n. 23, p. 305-319. 1971. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051971000200015>.

BARROS, A. C. de A. **Estudos sobre o potencial do bambu *Guadua angustifolia* Kunz. para a fitorremediação dos metais pesados Zinco e Cádmiio**. 2007. 80 f. Dissertação (Mestrado em Química; Biotecnologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufal.br/handle/riufal/1067>

BENAVIDES, A. S. J. **Proposta de sistema construtivo para habitação de interesse social com bambu *Guadua***: um estudo de caso no Equador. 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/99326>

BENTON, A. Priority Species of Bamboo. *In*: LIESE, W.; KOHL, M. (editors). Bamboo: the plant and its uses. Bamboo. **Tropical Forestry**, Springer, Cham, Suíça, vol. 10, p. 31-42. 2015. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-14133-6_2.

BERALDO, A.L.; NAAS, I. A.; FREIRE, W.J. **Construções rurais - materiais**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 1991. p. 105-161.

BIAN, F.; Zhong, Z.; Zhang, X.; Yang, C.; Gai, X. Bamboo - An untapped plant resource for the phytoremediation of heavy metal contaminated soils. **Chemosphere**, Amsterdã, Holanda, v. 246, n. 125750, p. 1-9. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125750>

BRAND, M. A.; GAA, A. Z. N.; BALDUINO JUNIOR, A. L.; CUNHA, A. B.; RIOS, P. D'A. Potencial do uso de quatro espécies de bambu para a produção de carvão vegetal para uso doméstico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS. v. 30, n. 1, p. 60-71. jan./mar. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509827348>

CASTRO, H. F. **Papel e celulose**. Curso de processos químicos industriais II – Apostila 4. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, Lorena, SP. 2009. 30 p. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840556/434/apostila4papelecelulose.pdf>.

CHOUDHURY, D.; SAHU, J. K.; SHARMA, G. D. Value addition to bamboo shoots: a review. **Journal of Food Science and Technology**, Washington, Estados Unidos da América, v. 49, n. 4, p. 407-414. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0379-z>.

CHOUDHURY, M.; BADWAIK, L. S.; BORAH, P. K.; SIT, N.; DEKA, S. C. Influence of bamboo shoot powder fortification on physico-chemical, textural and organoleptic characteristics of biscuits. **Journal of food science and technology**, Washington, DC, v. 52, p. 6742-6748. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1709-3>.

CIARAMELLO, D.; AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel: III-Estudos sobre o emprego de quatro espécies de Bambusa, na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 30, n.19, p. 199-213. 1971. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051971000200011>

CLARK, L.G.; LONDONO, X.; RUIZ-SANCHEZ, E. Bamboo Taxonomy and Habitat. *In*: LIESE, W.; KOHL, M. (editors). Bamboo: The plant and its uses. **Bamboo. Tropical Forestry**, Springer, Cham, Suíça, vol. 10, p. 1-30. 2015. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-14133-6_1.

DIVER, S. **Bamboo**: a multipurpose agroforestry crop. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA), Fayetteville, Carolina do Norte, Estados Unidos da América, 2001. 13p. Disponível em: http://www.agri-synergy.com/uploads/3/0/4/1/3041271/bamboo_multipurpose_agroforestry_crop.pdf.

FELISBERTO, M. H. F.; BERALDO, A. L.; CLERICI, M. T. P. S. Young bamboo culm flour of *Dendrocalamus asper*: Technological properties for food applications. **LWT - Food Science and Technology**, Athens, Georgia, Estados Unidos da América, v. 76, Part B, p. 230-235, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.015>.

FELISBERTO, M. H. F.; MIYAKE, P. S.E.; BERALDO, A. L.; CLERICI, M. T. P. S. Young bamboo culm: Potential food as source of fiber and starch. **Food Research International**, Amsterdã, Holanda, v. 101, p. 96-102, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.058>.

FILGUEIRAS, T. S.; VIANA, P. L. Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação. *In*: DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil**: da biologia à tecnologia. Rio de Janeiro: ICH, 2017. p. 10-27. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>

GUILHERME, D. de O.; RIBEIRO, N. P.; CEREDA, M. P. Cultivo, manejo e colheita do bambu. *In*: DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil**: da biologia a tecnologia. 1. ed., Rio de Janeiro: ICH, 2017. p. 28-41. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>.

GUOMO, Z. H. O. U.; PEIKUN, J. Density, storage and spatial distribution of carbon in *Phyllostachy pubescens* forest. **Scientia Silvae Sinicae**, Pequim, China, v. 40, n. 6, p. 20-24, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.11707/j.1001-7488.20040604>.

HOSSAIN, M. F.; ISLAM, M. A.; NUMAN, S. M. Multipurpose Uses of Bamboo Plants: A Review. **International Research Journal of Biological Sciences**, Bangladesh, India, v. 4, n.

12, p. 57-60, 2015. Disponível em: <http://www.isca.in/IJBS/Archive/v4/i12/10.ISCA-IRJBS-2015-140.php>.

HU, C.; ZHANG, Y.; KITTS, D. D. Evaluation of antioxidant and prooxidant activities of bamboo *Phyllostachys nigra* var. Henonis leaf extract in vitro. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, Estados Unidos da América, v. 48, n. 8, p. 3170-3176, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf0001637>.

IBÁ. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2021**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Economia (FGV IBRE). 2021. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>.

INBAR. INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN. **Laminated Bamboo Furniture**. INBAR Technology Pages, China, 2003.

INBAR - INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN. **Trade Overview 2018 Bamboo and Rattan Commodities in China**. International Bamboo and Rattan Organisation. Pequim, China. 2019. 17p. Disponível em: http://dev.inbar.int:8000/fr/resources/inbar_publications/trade-overview-2018-bamboo-and-rattan-commodities-in-china/.

JIVANI, N. P.; RATHOD, J. D.; PATHAK, N. L.; PATEL, R. G.; BHATT, N. M. Phytopharmacological properties of *Bambusa arundinacea* as a potential medicinal tree: An overview. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, Índia, v. 1, n. 10, p. 27-31, 2011. Disponível em: https://japsonline.com/admin/php/uploads/293_pdf.pdf.

JUNG, H-J.; JUNG, H. N.; JONGWON, C.; KYUNG-TAE, L.; HEE-JUHN, P. Antiinflammatory effects of chiisanoside and chiisanogenin obtained from the leaves of *Acanthopanax chiisanensis* in the carrageenan-and Freund's complete adjuvant-induced rats. **Journal of Ethnopharmacology**, Amsterdã, Holanda, v. 97, n. 2, p. 359-367, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.11.026>.

KORTE, G. **Broto de bambu**, bioeconomia do campo. Associação Brasileira dos Produtores de Bambu. Conab: Reunião conjunta das Câmaras Setoriais de Fibras Naturais Federação das Indústrias do Estado da Bahia Seagri/BA e MAPA Salvador Bahia. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/fibras-naturais/2018/copy_of_19a-ro/bambu-fieb.pdf.

LIESE, W. Structures of a bamboo culm affecting its utilization. *In: Proceedings of International Workshop on Bamboo Industrial Utilization*. 2003. p. 1-8.

LIESE, W.; WELLING, J.; TANG, T. K. H. Utilization of bamboo. *In: LIESE, W.; KOHL, M. (editors). Bamboo: the plant and its uses*. Bamboo. Tropical Forestry, vol 10. Springer, Cham, Suíça. p. 299-346, 2015. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-14133-6_10.

LIMA, L. D. P; CABRERA, J. M. F; GARCÍA, A. D. G; SANTANA, R. M. C. **Benefícios Do Bambu Na Recuperação De Terras Degradadas** - 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014. Disponível em: https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=663&ano=_quarto.

MARQUES, S. C.; LUIZ, G.A.; DA SILVA, T. G. Emprego do bambu na construção civil. **Epitaya E-books**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 12, p. 72-81, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.47879/ed.ep.2020144p72>.

NIRALA, D. P.; AMBASTA, N.; KUMARI, P. A Review on Uses of Bamboo Including Ethno-Botanical Importance. **International Journal of Pure and Applied Bioscience**, Índia, v. 5, n. 5, p. 515-523, 2017. <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.5398>.

ORTHEY, A.; BARAUNA, D.; RAZERA, D. L. Processos do bambu laminado colado e sua aplicação no design de móveis. **Blucher Design Proceedings**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 102-117, 2016. DOI: 10.5151/despro-gamp2015-AC_T2_02.

PAULA, I. de; GUERTA, A. C.; MARTINEZ, R. M. Comparison of *Eucalypt*, *Pine*, and Sugarcane cellulose fibers used for paper production. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 43, n. 4, p. 1-7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-90882019000400011>.

PEGO, M. F.; BIANCHI, M. L.; VEIGA, T. R. L. A. Avaliação das propriedades do bagaço de cana e bambu para produção de celulose e papel. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, PA, v. 62, p. 1-11, 31 dez. 2019. Disponível em: <http://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3158/1580>.

QUEGE, K. E.; ALMEIDA, R. A.; UCKER, F. E. Utilização de plantas de bambu no tratamento de esgoto sanitário pelo sistema de alagados construídos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, RS, v. 10, n. 10, jan./abr., p. 2069-2080, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/223611707440>.

REDKO, B. V. P.; MAZZEI, F. M. Celulose do bambu. **Boletim ABCP**, São Paulo, v. 1, n. 7, p. 9-14, 1967. Disponível em: <https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/27-%20celulose%20de%20bambu%20Redko.pdf>.

RODRÍGUEZ, R.; JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, Holanda, v. 17, n. 1, p. 3-15, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.10.002>.

SANTI, T. Bambu para toda obra. **O Papel**, São Paulo, v. 76, n. 4, p. 23-34, 2015. Disponível em: http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1429277844_8a47ecf889f6c2e83ab532a70c82e6da_1666124705.pdf.

SINGHAL, P.; BAL, L. M.; SATYA, S.; SUDHAKAR, P.; NAIK, S. N. Bamboo shoots: a novel source of nutrition and medicine. **Critical reviews in food science and nutrition**, Londres, v. 53, n. 5, p. 517-534, 2013. DOI: 10.1080/10408398.2010.531488.

SONG, X.; ZHOU, G.; JIANG, H.; YU, S.; FU, J.; LI, W.; WANG, W.; MA, Z.; PENG, C. Carbon sequestration by Chinese bamboo forests and their ecological benefits: assessment of potential, problems, and future challenges. **Environmental Reviews**, Canadá, v. 19, n. NA, p. 418-428, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/a11-015>.

SOUSA, B. A.; SILVA, O. N.; PORTO, W. F.; ROCHA, T. L.; SILVA, L. P.; LEAL, A. P. F.; BUCCINI, D. F.; FAJEMIROYE, J. O.; CALDAS, R. de A.; FRANCO, O. L.; GROSSI-

DE-SÁ, M. F.; NUÑEZ, C. de La F.; MORENO, S. E. Identification of the active principle conferring anti-inflammatory and antinociceptive properties in bamboo plant. **Molecules**, Basel, Suíça, v. 26, n. 10, p. 3054, 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules26103054>.

SOUZA, A. M. de. **Os diversos usos do bambu na construção civil**. 2014. 103 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, 2014. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6323/3/CM_COECI_2014_1_08.pdf.

SOUZA, F. M.; LEÃO, L. O.; QUARESMA, W. M. G. Estado da Arte do Bambu na Construção Civil. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, PR, v. 6, n. 4, p. 19637-19653, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-216>.

SRIVASTAVA, R. C. Bamboo, new raw material for phytosterols. **Current Science**, India, v. 59, n. 24, p. 1333-1334, 1990. Disponível em: <https://eurekamag.com/research/007/049/007049768.php>.

TEIXEIRA, A. A. **Painéis de bambu para habitações econômicas: avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa**. 2006. 204 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5185/1/2006_Anelizabete%20Alves%20Teixeira.pdf.

Capítulo 2

AVANÇO TECNOLÓGICO NA PRESERVAÇÃO DE BAMBU NO ACRE: UMA REVISÃO

TECHNOLOGICAL ADVANCEMENT IN BAMBOO PRESERVATION IN ACRE: A REVIEW

LEILA P. PETERS
FERNANDA V. DINIZ
BERENICE K. ALCÂNTARA
CLARICE M. CARVALHO
MOISÉS S. LOBÃO

RESUMO

O bambu é uma gramínea gigante que assume funções semelhantes a árvore em ecossistemas florestais. Dada sua diversidade, distribuição e usos, o bambu surgiu nos últimos anos como principal matéria prima de produto não madeireiro capaz de substituir a madeira, entre outras matérias primas, que possuem maior custo econômico e ambiental para sua obtenção. Porém, os bambus são suscetíveis aos organismos xilófagos, reduzindo sua vida útil nas suas aplicações. Desta forma, preconiza-se a aplicação de produtos preservativos para aumentar a sua durabilidade quando em uso. Assim, o presente trabalho tem como objetivo a revisão sistemática de trabalhos científicos sobre o bambu encontrados nas plataformas Google Acadêmico, Scopus, Springer e Web of Science, de 2001 a 2021, em nível mundial e continental, e de 1977 até 2021 para estudos no Estado do Acre, a fim de fornecer um panorama geral do desenvolvimento dessas pesquisas tecnológicas, e mais especificamente sobre o uso de métodos preservativos para possibilitar o prolongamento da vida útil do bambu. Os resultados demonstraram que um total de 17 países apresentaram estudos com tratamentos preservativos em diferentes espécies de bambu e as publicações científicas parecem estar associadas com a tradição pela população no uso do bambu, tendo a China quase a metade (47%) das publicações, seguido por Taiwan (9%) e Índia (6%), e o Brasil (6%), pelos incentivos governamentais e parcerias bilaterais entre Brasil e China. Outra informação relevante é que a China é o país com maior número de publicações sobre a preservação do bambu, destacando-se como as mais estudadas a espécie *Phylostachys pubescens*, *Dendrocalamus asper* e o gênero *Bambusa* e *Phylostachys*, dentro e fora do continente asiático. Em relação aos métodos de preservação, o que mais se destacou foi o uso de métodos químicos e físicos, principalmente para o gênero *Phylostachys* (46%), por este gênero fazer parte de uma cadeia tecnológica que transformam seus colmos em produtos engenheirados, a partir do uso de colas e preservativos químicos (39%) e físico-químicos (23%), na qual utiliza-se a prensagem a quente para produção de painéis. Quanto ao estado do Acre, os principais estudos envolvendo bambu são para área de ecologia e conservação (32,8%), ficando os trabalhos voltados para a área de tecnologia e aplicações com menor destaque (12,1%). O único gênero estudado é *Guadua*, sendo as espécies mais estudadas *G. sarcocarpa* (13,6%) e *G. weberbaueri* (10,6%). Conclui-se também que a maioria dos trabalhos publicados no Brasil e no Acre se iniciaram a partir dos incentivos governamentais, principalmente a partir do ano de 2011, quando foi votada uma lei que institui uma política de fomento à cadeia produtiva do bambu, que possibilitou o avanço em técnicas de preservação

do bambu, utilizando-se métodos naturais que são menos agressivos ao homem e ao meio ambiente.

Palavras-chave: *Phylostachys pubescens*; métodos químicos e físicos de preservação; *Guadua sarcocarpa*; *Guadua weberbaueri*.

ABSTRACT

Bamboo is a giant grass that assumes tree-like functions in forest ecosystems. Due to its diversity, distribution and uses, bamboo has emerged in recent years as the main raw material for a non-wood product capable of replacing wood, among other raw materials, which have greater economic and environmental costs to obtain. However, bamboos are susceptible to xylophagous organisms, reducing their useful life in their applications. Thus, the application of preservative products is recommended to increase their durability when in use. This work aims to systematically review scientific papers on bamboo found in Google Academic, Scopus, Springer and Web of Science platforms, in the last 20 years, worldwide, continental and in the State of Acre, in order to provide an overview of the development of this technological research, and more specifically on the use of preservative methods to enable the extension of the bamboo's lifespan. The results showed that a total of 17 countries presented studies with preservative treatments in different bamboo species and scientific publications seem to be associated with the population's tradition in the use of bamboo, with China having almost half (47%) of the publications, followed by Taiwan (9%), India (6%) and Brazil (6%). Another relevant information is that China is the country with the largest number of publications on bamboo preservation, with the most studied species being *Phylostachys pubescens*, *Dendrocalamus asper* and the genus *Bambusa* and *Phylostachys*, inside and outside the Asian continent. Regarding preservation methods, stands out the use of chemical and physical methods, mainly for the *Phylostachys* genus (46%), as this genus is part of a technological chain that transform their culms into engineered products, from the use of chemical glues and preservatives (39%) and physical-chemical (23%) which uses hot pressing to produce panels. For the state of Acre, the main studies involving bamboo are inside the area of ecology and conservation (32.8%), while studies on technology and their applications were less prominent (12.1%). In the state of Acre, *Guadua* is the most studied genus, in which *G. sarcocarpa* (13.6%) and *G. weberbaueri* (10.6%) are the most studied species. It is also concluded that most of the works published in Brazil and Acre started from government incentives, especially from the year 2011, when a law was voted instituting a policy to

promote the bamboo production chain, which enabled the advances in bamboo preservation techniques, using natural methods that are less aggressive to man and the environment.

Keywords: *Phyllostachys pubescens*; chemical and physical methods of preservation; *Guadua sarcocarpa*; *Guadua weberbaueri*.

1. INTRODUÇÃO

O bambu faz parte do rico patrimônio vegetal brasileiro, sendo líder de ocorrência nas Américas, com aproximadamente 250 espécies, entre nativas e exóticas, sendo a grande maioria endêmica, porém o setor produtivo nacional do bambu ainda é bastante incipiente e desconhecido pela maior parte da população brasileira, e por isso, carece de atenção compatível com a sua importância e com a sua diversidade de usos possíveis (CGEE, 2018).

Provavelmente, um dos motivos do baixo uso deste recurso é o pouco conhecimento por estudos científicos sobre os bambus nativos do Brasil, apesar que desde o ano de 1850, quando foram implantadas as primeiras fábricas de celulose e papel no Brasil, estas justamente utilizavam o bambu como matéria-prima, em pequenas unidades nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e no Rio Grande do Sul, por falta de florestas homogêneas como as de pinheiros que alimentavam as fábricas de papel no Hemisfério Norte (Drumond; Wiedman, 2017).

Porém, por volta dos anos 1970, o bambu foi substituído por madeiras de plantações de pinus e eucaliptos para a fabricação de papel e celulose que foram plantados em larga escala nos estados do Sul e Sudeste do Brasil. Depois de aproximadamente 30 anos, um novo interesse no uso do bambu surgiu no Brasil e no mundo na virada do século XXI, em função dos enormes avanços obtidos pela China na industrialização da cadeia produtiva do bambu, o que possibilitou no ano de 2011 a aprovação, pelo Congresso Nacional, da Lei Federal 12.484, que instituiu a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu com a assinatura do Acordo Bilateral Brasil-China sobre tecnologias do bambu, articulado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTIC) (Drumond; Wiedman, 2017; CGEE, 2018).

Dentre o potencial do uso do bambu, o principal será a substituição da madeira por esse material não convencional, que passou a denominar como “madeira do futuro” ou “madeira ecológica”. Há diversas aplicações e usos para o bambu, sendo muitos os setores

desenvolvidos no país para sua utilização, tais como papel e celulose, construção, varas de pescar, móveis, artesanato, laminação e outros (Pereira; Beraldo, 2008; Moura, 2019). Porém, mesmo com essa política de incentivos do uso do bambu no território nacional, o Brasil encontra-se ainda em clara desvantagem, quando comparado com os países asiáticos (China e Taiwan, Filipinas, entre outros), bem como a países da América do Sul (Colômbia e Equador), no tocante ao uso e aceitação do bambu junto à população (Rosa et al., 2016; CGEE, 2018).

Uma hipótese provável para esse possível “atraso” tecnológico em relação a Colômbia e Equador refere-se à direção segundo a qual se processou a colonização desses países, ou seja, enquanto, que o Brasil foi colonizado via Oceano Atlântico, a Colômbia e o Equador o foram pelo Oceano Pacífico. Portanto, quando os espanhóis iniciaram a colonização de seus territórios na América do Sul, já se defrontaram com verdadeiras fortalezas construídas pelos indígenas desses países, feitas com o bambu *Guadua* (Silva, 2019).

E é nesse contexto, que podemos considerar essa localização estratégica do estado do Acre que se encontra no sudoeste da Amazônia, onde há ocorrência de florestas dominadas por bambus arborescentes localizados na fronteira entre Brasil, Peru e Bolívia, as quais abrangem 180 mil Km² (18 milhões de hectares), sendo consideradas as maiores reservas naturais do planeta com o gênero *Guadua* (Pereira; Beraldo, 2008).

Nessas áreas, as espécies dominantes são *Guadua weberbaueri*, *Guadua sarcocarpa* e *Guadua superba* (Silveira, 2005). Mas estudos de Londoño e Zurita (2008) e Londoño (2013), verificaram a ocorrência de outras duas espécies descritas para a flora do Acre. *Guadua aff. chaparensis* Londoño e Zurita e o *Guadua aff. lynnclarkiae* Londoño.

O estado do Acre teve sua economia sempre voltada ao extrativismo, principalmente do látex da borracha, mas que hoje essa atividade encontra-se em declínio, e as extrações de madeira juntamente com a agropecuária passaram a ser os principais setores de desenvolvimento do Estado. Estas atividades registraram retração expressiva de 32,3% no ano de 2018, influenciada no caso da indústria madeireira pela diminuição dos incentivos do governo estadual e o aumento da distância e disponibilidade da matéria prima (CGEE, 2018).

Nesse contexto, surge a oportunidade de incluir à cadeia econômica do Estado do Acre a utilização das suas reservas de bambu, porém há escassez de pesquisas para sanar a lacuna da demanda de desenvolvimento e consolidação da cadeia produtiva das espécies tropicais

nativas de ocorrência natural nessa região trifronteiriça entre Acre, Bolívia e Peru (Londoño, 2013; CGEE, 2018).

A maioria das espécies de bambu apresenta baixa durabilidade natural ao ataque de organismos xilófagos, devido à presença do amido nas células parenquimáticas e exposto às intempéries, e quando em permanente contato com a umidade do solo, torna-se alvo do ataque de fungos apodrecedores (Pereira; Beraldo, 2008; Moura, 2019).

Portanto o objetivo desse trabalho foi realizar um estudo de revisão bibliográfica dos trabalhos científicos nas plataformas Google Acadêmico, Scopus, Springer e Web of Science sobre temas específicos de utilização tecnológica do Bambu, de 2011 a 2021, a nível mundial, continental e no Estado do Acre, a fim de fornecer um panorama geral do desenvolvimento dessas pesquisas tecnológicas, e mais especificamente aqueles onde se utilizou métodos preservativos para possibilitar o prolongamento da vida útil do bambu em uso.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão sistemática sobre os principais tipos de tratamentos preservativos do bambu, a qual foi redigida com base nas diretrizes propostas no guia Preferred Reporting Intems for Systematic Reviews and MetaAnlyses (PRISMA) (Moher et al., 2015).

A busca pelos artigos se deu em quatro bases distintas: *Google Acadêmico*, *Scopus*, *Springer e Web of Science*, os quais foram identificados pelos seguintes descritores: *bamboo preservation* e *bamboo treatment methods for engineering*. Artigos publicados em inglês, português e espanhol entre os anos de 2001 a 2021 foram utilizados nesta revisão.

O critério de inclusão dos artigos foram estudos que analisaram métodos preservativos em bambu. Quanto aos critérios de exclusão, os artigos considerados inadequados foram aqueles que não citavam local em que foi realizada a pesquisa.

Para os artigos sobre bambu no Acre, foram utilizados os descritores *bamboo e Acre*, sendo selecionados artigos publicados de 1977 até 2021 que utilizaram informações ou amostras de bambo do estado do Acre (Figura 1).

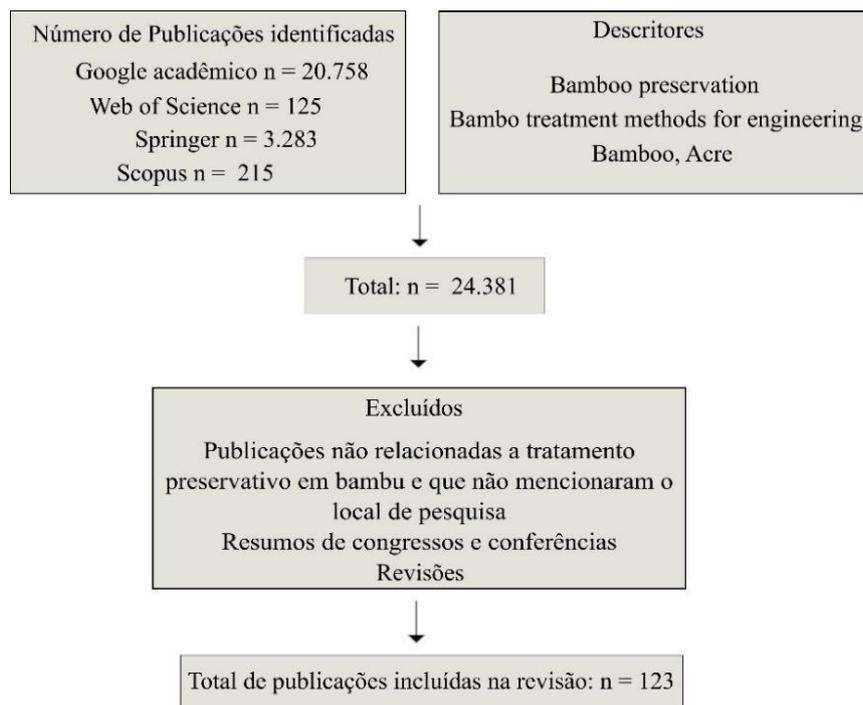


Figura 1. Fluxograma da identificação e seleção dos artigos de revisão de literatura sobre métodos de preservação de bambu.

Os artigos foram sistematizados no programa Excel, para separar informações sobre espécie, país em que foi realizada a pesquisa, tipo de tratamento (químico, físico, natural, químico-físico, químico-natural, físico-natural e químico-físico-natural) e autor/ano da publicação. Posteriormente essas informações foram organizadas em tabelas e figuras com o intuito de obter uma análise comparativa.

Além disso, para as análises das publicações científicas a nível mundial, os países foram separados por continentes e também foi utilizada a classificação dos países de acordo com o bloco econômico (G8, BRICS, demais países). O primeiro bloco é formado pelos países que fazem parte do G8, são nações altamente industrializadas e têm a maior riqueza total e PIB do mundo, a qual podemos citar Estados Unidos, Reino Unido, França, Alemanha e Canadá (Ghazvini et al., 2020). Já o grupo dos países pertencente ao BRICS, países em desenvolvimento, mas que possuem grande população e que têm grande potencial de crescimento, dentre os quais pode se citar: Brasil, Índia e China (Santana et al., 2014). E um terceiro grupo formado pelos demais países que não pertencem a esses dois grupos citados anteriormente.

Em relação as espécies que foram relatadas nas publicações analisadas, estas foram separadas inicialmente por nome científico e posteriormente para realização da análise multivariada, separou-se estas espécies em seus respectivos gêneros. Além disso, houve uma classificação quanto ao tipo de tratamento realizado (químico, físico e natural e suas combinações) e por fim buscou-se determinar qual o componente do bambu utilizado (colmo, talisca e produto engenheirado) para realização do tratamento preservativo.

Com a obtenção desses dados, realizou o agrupamento técnica de Análise de Componentes Principais, com o programa Statistica 7 (Vicini et al., 2020), analisando-se inicialmente as variáveis do continente, bloco econômico e o número de trabalhos separados pelos países, analisando as covariâncias e as correlações, baseadas nas raízes (ou valores) das variáveis (características) e nos vetores gerados, em matrizes simétricas, considerando as duas primeiras raízes extraídas que apresentarem os maiores autovalores, o mesmo foi realizado utilizando-se as variáveis: tipo de tratamento preservativo realizado, e o componente do bambu utilizado separadas pelos gêneros estudados.

A distância Euclidiana foi utilizada com base no conjunto de estudos realizados com o bambu de acordo com o país, gênero, tipo de tratamento preservativo realizado, e o componente do bambu utilizado para verificar as similaridades ou dissimilaridades e quais características apresentaram maior diferença significativa entre as amostras e variáveis utilizadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 17 países apresentaram estudos com tratamentos preservativos em diferentes espécies de bambu nos últimos 20 anos (Figura 2) (Tabela suplementar). As publicações científicas parecem estar associadas com tradição pela população no uso do bambu, uma vez que a China apresentou quase a metade (47%) das publicações, seguido por Taiwan (9%) e Índia (6%) (Rosa et al., 2016; CGEE, 2018). O Brasil apresentou, juntamente com a Índia, 6% das publicações elencadas. Este fato pode estar relacionado à política implementada a partir de 2006, que possibilitou a institucionalização de leis que possibilitaram o incentivo a pesquisas nessa área (Drumond; Wiedman, 2017; CGEE, 2018).

Por outro lado, os países Europeus, como Alemanha, França e Reino Unido (1,5%), além do Canadá, tiveram poucos estudos com tratamentos preservativos em bambu, devido a

estarem localizados em áreas de clima temperado, além de sua população não ter tradição no uso dessa matéria prima (Pereira; Beraldo, 2008) (Figura 2).

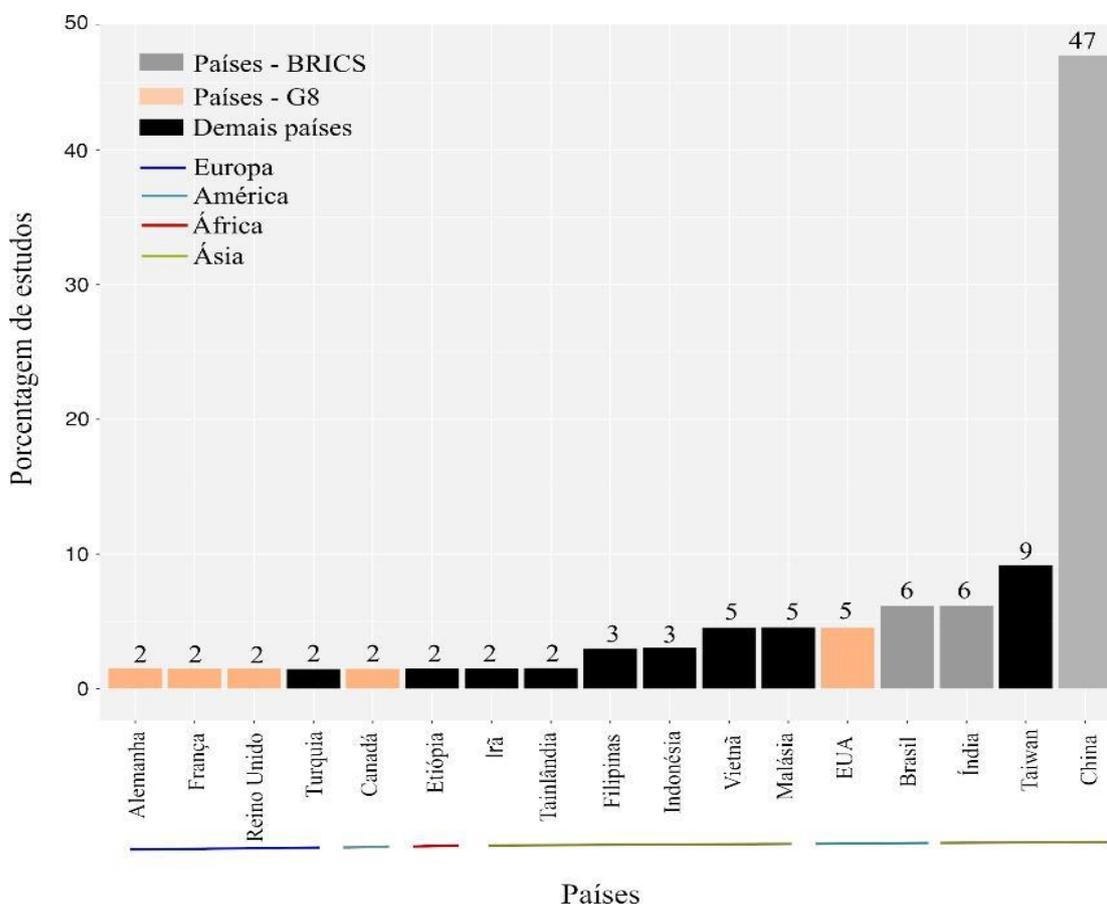


Figura 2. Número de publicações sobre métodos de preservação de bambu realizados no mundo.

Com os gráficos de Análises de Componentes Principais (ACP) pode-se descrever as variáveis que mais influenciaram o eixo X (continente e bloco econômico) que explica 57,23% dessa variação e o eixo Y (número de estudos) que explica 33,18% dessa variação (Tabela 1, Figura 3).

O fator 1 (eixo X) separou os grupos de países ocidentais que se encontram na parte à esquerda do gráfico e de países orientais no lado direito do gráfico, com exceção da Etiópia, a qual se encontra no conjunto dos países do oriente, isso devido estar inserido como a maioria dos países orientais sem um bloco econômico específico (Tabela 1).

Já o fator 2 (eixo Y) a variável que mais influenciou a separação dos países foi o número de estudos encontrados, a China se destaca no número de estudos significativamente superior aos demais países, e em seguida Taiwan, Índia e Brasil, dentre os países com mais artigos publicados nessa área (Tabela 1, Figura 3).

Verificando-se a distância Euclidiana em relação as variáveis (continente, blocos econômicos e número de publicações) verifica-se que há um deslocamento da China em relação a todos os demais países a uma distância euclidiana de 100% e Taiwan a uma distância de 8%, influenciados pela superioridade no número de publicações (47% e 9% do total, respectivamente). Depois verifica-se que são formados 3 grupos: grupo 1 (Países Europeus com exceção da Turquia e Canadá), grupo 2 (Brasil, Índia e Estados Unidos) e o grupo 3 formado pelos demais países asiáticos e a Etiópia (Figura 3).

A China é a segunda maior potência econômica do mundo, além disso, tem uma cultura milenar ligada ao cultivo e uso do bambu, sendo a sua principal matéria prima para muitos tipos de uso (construção, móveis, alimentos etc.) (Wong, 2004). Taiwan é uma pequena nação insular localizada 180 km a leste da China, tendo a mesma tradição de uso do bambu. Um exemplo, é que em sua capital Taipé existe um arranha-céu em forma de bambu com 509 m de altura e uma plataforma de observação, portanto, isso demonstra o quanto esse material é importante para este país (Borji, 2019).

O grupo 1 é formado pela maioria dos países do G8 (países mais industrializados do mundo), mas apesar de serem altamente desenvolvidos economicamente e investirem maciçamente em pesquisas científicas, a sua população não possui tradição no uso do bambu, pois são países de clima frio ou temperado, o que dificulta o cultivo e crescimento dessa espécie (Du et al., 2018) (Figura 3).

O Grupo 2 formado pelo Brasil, Índia e Estados Unidos, sendo que os dois primeiros países fazem parte dos BRICs, agrupamento formado por cinco grandes países emergentes, incluindo Brasil, Índia, China, Rússia e África do Sul, que têm um certo desenvolvimento econômico e grande potencial de crescimento, mas que ainda estão se desenvolvendo na área de inovação, e no caso do Brasil, o uso do bambu é ainda incipiente pela população. Já os Estados Unidos, a maior potência econômica mundial, ficou junto ao Brasil e Índia, por ter uma ínfima produção científica sobre o bambu, devido a não ter tradição no uso dessa matéria prima (Du et al., 2018) (Figura 3).

E por fim, formou-se o grupo 3 composto pela Etiópia e demais países asiáticos (Irã, Tailândia, Filipinas, Indonésia, Malásia e Vietnã) que apesar do nível de desenvolvimento científico e econômico desses países serem baixo, há trabalhos sobre bambu, pois têm a tradição de uso dessa matéria prima para as mais diversas utilizações como construção, móveis e alimentos (Liese; Welling; Tang, 2015) (Figura 3).

A distância Euclidiana, uma outra análise multivariada, foi utilizada para verificar se houve a formação dos mesmos grupos formados na análise ACP. Os resultados revelaram que os mesmos grupos foram formados influenciados pelo número de estudos, continente e grupo econômico a qual pertencem (Figura 4).

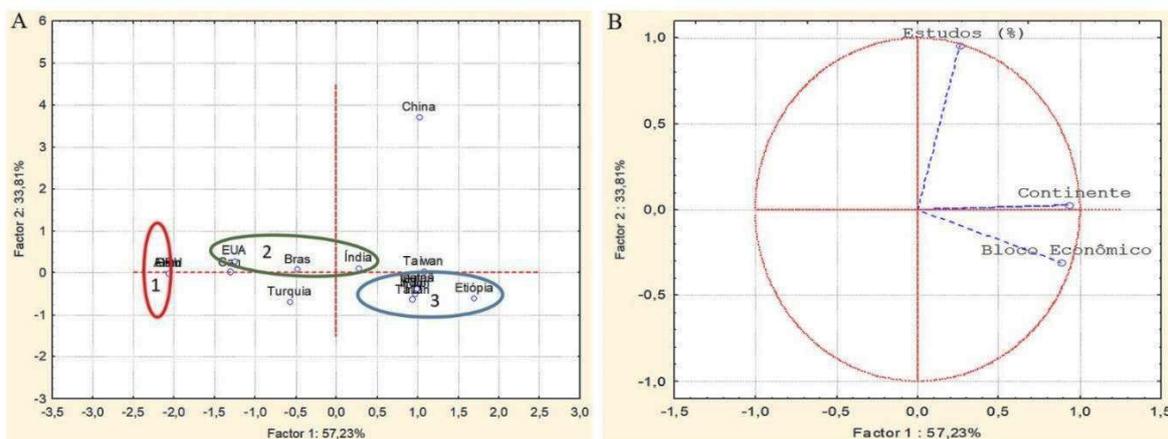


Figura 3. Análise de componentes principais relacionadas a divisão dos países (A) de acordo com os blocos econômicos e continentes as quais eles estão inseridos (B).

Tabela 1. Contribuição das variáveis relacionadas a divisão dos países de acordo com os blocos econômicos que eles estão inseridos.

Variáveis	Fator 1 (x)	Fator 2(y)
Estudos (%)	0,038753	0,905542
Bloco econômico	0,456699	0,093701
Continente	0,504548	0,000756

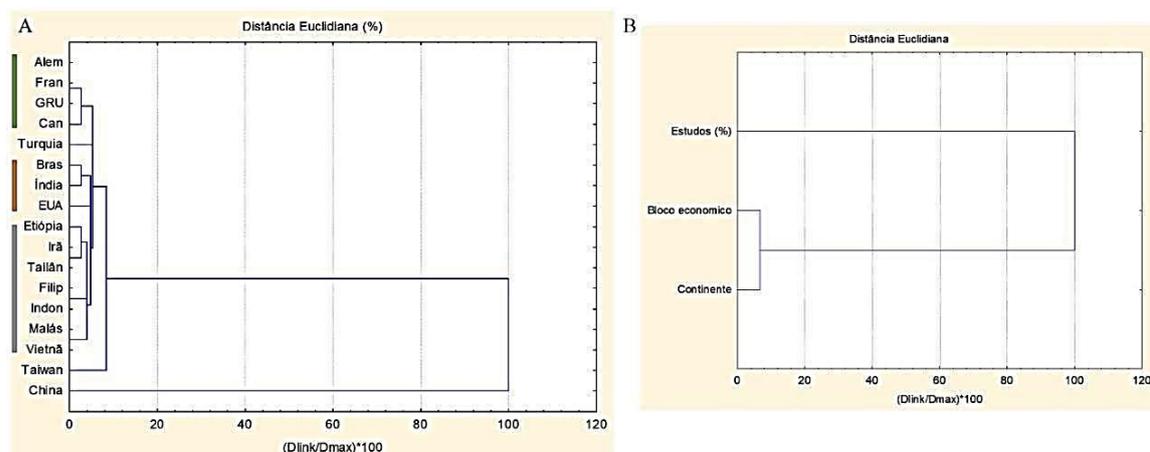


Figura 4. Distância Euclidiana relacionada a divisão dos países (A) de acordo com os blocos econômicos e continentes (B) as quais eles estão inseridos.

3.1 PRINCIPAIS ESPÉCIES DE BAMBU ESTUDADAS E OS DIFERENTES MÉTODOS DE PRESERVAÇÃO UTILIZADOS EM PESQUISAS NOS ÚLTIMOS 20 ANOS

Dentre as espécies estudadas se destaca a espécie *Phylotachys pubescens*, que apresentou 31% do total das publicações sobre esse tema, seguido pela espécie *Dendrocalamus asper* perfazendo um total de 10%. As demais espécies identificadas variaram entre 6% (p. ex. *P. edulis*) e 1% (p. ex. *Arundinaria alpina*) (Figura 5).

O estoque total de bambu em pé na China é de cerca de 71,22 milhões de toneladas e o rendimento anual de cerca de 7 milhões de toneladas, ao qual, a espécie *P. pubescens* contribui com 56,5 e 5 milhões de toneladas, respectivamente, e este país tem realizado pesquisa sobre a taxonomia, genética, ecologia, manejo silvicultural, proteção contra pragas e para sua preservação, técnicas de processamento e multiuso dessa espécie de bambu (Hsiung, 2007).

Na Índia, Tailândia, Vietnã, Malásia, Indonésia e Filipinas, *Dendrocalamus asper* é muito usado para habitação em muitas áreas rurais e tem sido usado para artesanato, utensílios de uso diário, móveis e papel (Liese; Welling; Tang, 2015). Já no Brasil, esta espécie de bambu tem sido amplamente plantada por sua importância no uso de edificações, devido ao grande diâmetro do colmo e sua excelente resistência mecânica (Akira et al., 2021).

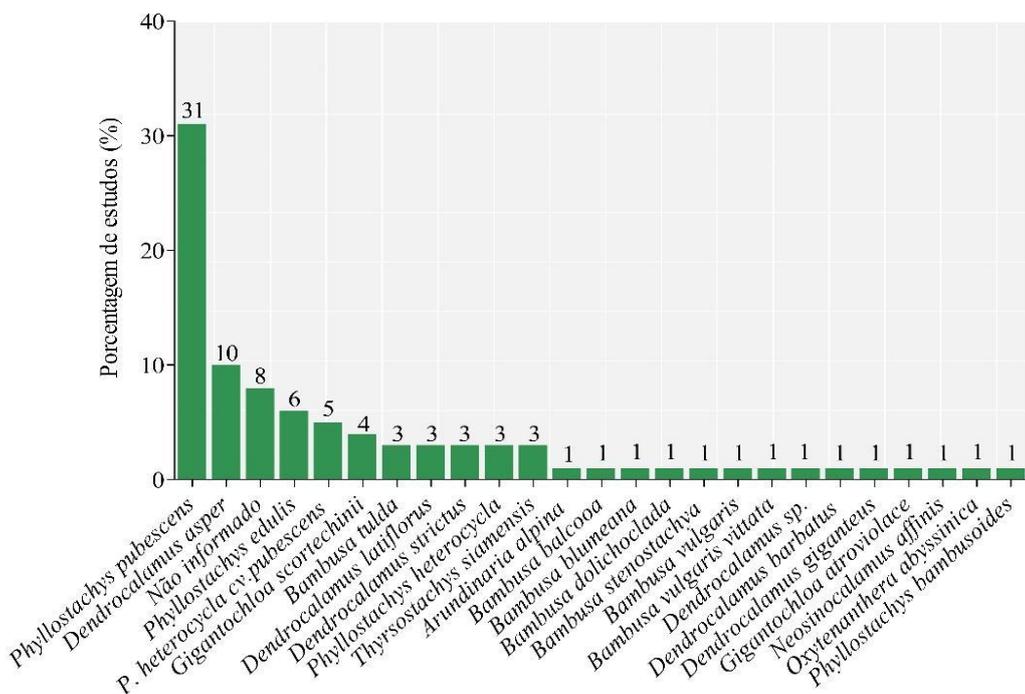


Figura 5. Principais espécies de bambu estudadas.

3.2 PRINCIPAIS TIPOS DE MÉTODOS ESTUDADOS PARA PRESERVAÇÃO DE BAMBU

Dentre os tipos de métodos pesquisados para a preservação do bambu destaca-se o método químico que representou 39% do total, seguido pelo método físico-químico com 23% e pelos métodos físico-natural e físico que perfizeram 13% cada um, os demais métodos ficaram entre 8% (natural) e 2% (químico-natural) (Figura 6).

Em relação ao método químico, a principal substância utilizada foi a base de cobre com 21,3% dos relatos, em seguida o boro que foi utilizado em 10,2% e o cromo em 5,6% dos trabalhos estudados. Porém, o grave efeito nocivo do CCA (cromo, cobre e arsênio), AAC (amoníaco, arsênio e cobre) e CCB (cromo, cobre e boro), os quais contêm os componentes carcinogênicos arsênio e cromo, levou à sua proibição em muitos países. Por isso, embora colmos de bambu tratados com essas substâncias terem sido capazes de estender sua vida útil por cerca de 36 anos, novas pesquisas com outras substâncias com menor toxicidade ao ser humano e ao meio ambiente têm sido realizadas (Kaur et al., 2016).

Frente a esta constatação, verifica-se que, apesar da maioria dos estudos utilizarem alguma substância química, a maior parte não utiliza as substâncias carcinogênicas citadas anteriormente. Portanto, os demais tratamentos estudados, físico e/ou naturais, que perfazem 34%, seguem uma linha mais ecológica que evita o uso de substâncias químicas, pois a infiltração desses produtos químicos no solo e na água têm consequências alarmantes, como já descrito anteriormente (Espelho; Beraldo, 2008).

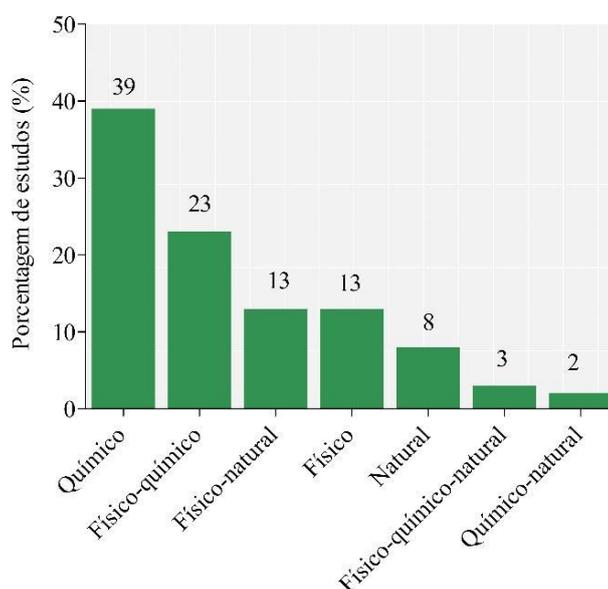


Figura 6. Principais tipos de métodos estudados para preservação de bambu.

A partir da ACP relacionada aos tipos de tratamentos preservativos utilizados nas publicações de cada gênero de bambu (Figura 7 A, B), verifica-se no eixo X (fator 1) que explica 63,13% da variação total das variáveis, onde os tratamentos químicos, físicos e físico-químicos mais influenciaram a formação de um primeiro grupo a direita formado pelo gênero *Phylotachys* (Tabela 3, Figura 7 A, B). Esse resultado aponta que para a maioria das espécies desse gênero utiliza-se para sua preservação, normalmente, os tratamentos químicos e físico-químicos a partir de tecnologias que o transformam em produtos engenheirados (Figura 7 A, B), estes são colados em forma de painéis, onde utiliza-se normalmente o tratamento de imersão em sais a base de cobre e boro (método químico) e sua prensagem é feita com o uso de pressão e calor (método físico) (Chung; Wang, 2018).

Já no eixo Y (fator 2) explica cerca de 25,97% da variação total das variáveis, a qual os tratamentos naturais influenciaram a formação de um segundo grupo formado pelos gêneros *Dendrocalamus* e *Bambusa* (Figura 8 A). O gênero *Dendrocalamus* é muito utilizado para a construção civil, por isso, nos principais estudos com essa espécie utiliza-se o seu colmo (Figura 9 A, B). Já para o gênero *Bambusa* são utilizadas substâncias físico-químicas-naturais ou somente substâncias naturais, pois estes possuem usos que não dependem de alta tecnologia para a sua manufatura, como móveis rústicos, vigas, armações para elevação, andaimes, varas para ser utilizada como tutor de plantas (Akira et al., 2021; Maroma, 2015).

Os demais gêneros de bambus formaram um 3º grupo, no qual estudos com o tratamento químico, físico e natural predominaram, estes compõem gêneros indo-malaios e chineses, como o *Gigantochloa*, *Thyrsostachys* e o *Neosinocalamus* que compõem os principais gêneros de bambus utilizados no sudeste asiático, e cada gênero tem sua especificidade de uso, e portanto, diferentes exigências no uso do método de preservação (Figura 7 A, B) (Wong, 2004).

A distância Euclidiana foi utilizada para comparar com a outra análise multivariada para verificar se houve a formação dos mesmos grupos formados na análise ACP. Os resultados revelaram que os mesmos grupos de gêneros se formaram, utilizando-se as similaridades ou dissimilaridades entre as amostras e as variáveis tipo de método preservativo e componente do bambu utilizados (Figuras 8 e 10, respectivamente).

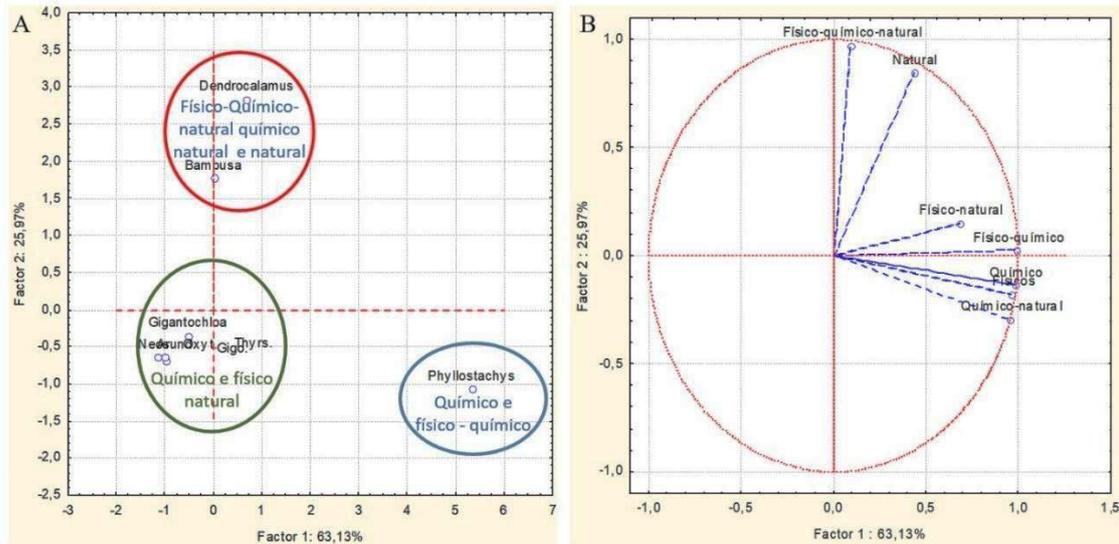


Figura 7. Análise de componentes principais relacionadas a cada gênero de bambu (A) e os tipos de tratamento preservativo utilizado nas pesquisas (B)

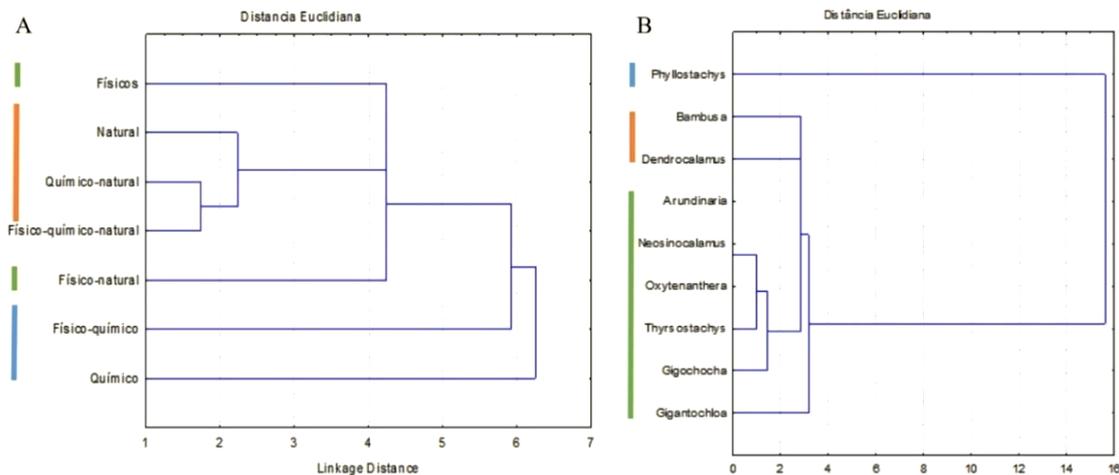


Figura 8. Distância Euclidiana relacionada aos tipos de tratamento preservativo (A) a ser utilizado para realização das pesquisas em cada gênero de bambu (B).

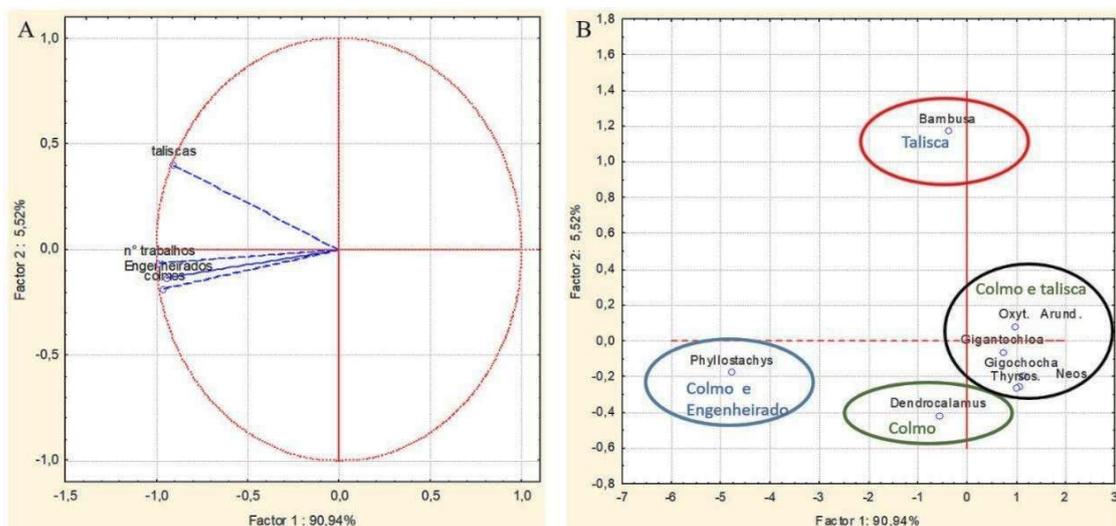


Figura 9. Análise de componentes principais relacionadas número de trabalhos para realização das pesquisas e a utilização final do bambu (A) por gênero (B).

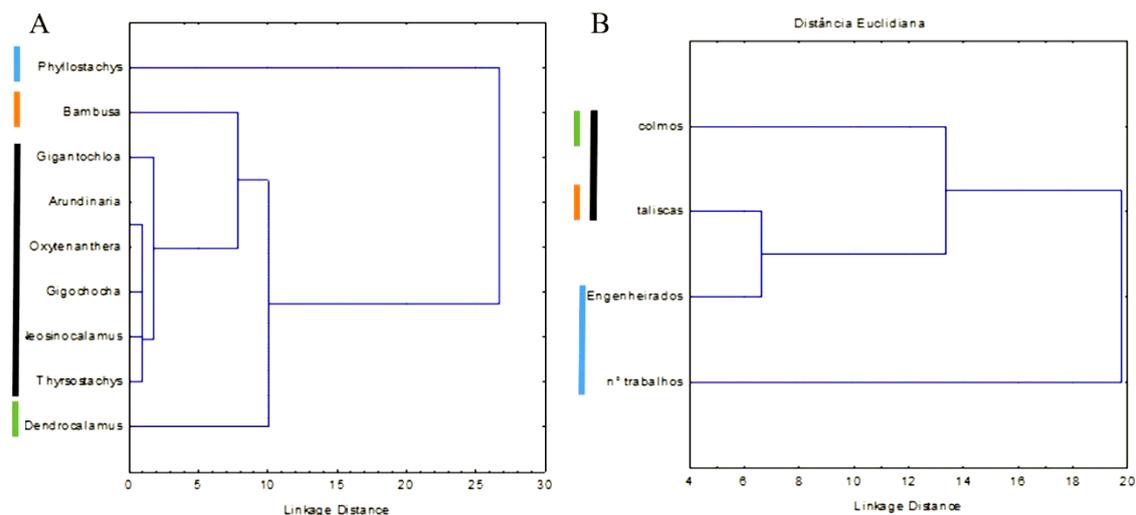


Figura 10. Distância Euclidiana relacionada ao gênero do bambu (A) o uso e o número de trabalhos para realização das pesquisas (B).

Tabela 3. Contribuição das variáveis relacionadas ao tratamento preservativo a ser utilizado para realização das pesquisas.

Variáveis	Fator 1	Fator 2
Físico	0,21	0,02
Químico	0,22	0,01
Natural	0,04	0,39
Físico-natural	0,10	0,01
Físico-químico	0,22	0,00
Químico-natural	0,21	0,05

Tabela 4. Contribuição das variáveis relacionadas ao componente final do bambu utilizado para realização do tratamento preservativo a ser estudado.

Variáveis	Fator 1	Fator 2
Colmos	0,25	0,15
Taliscas	0,23	0,74
Engenheirados	0,24	0,08
Nº trabalhos	0,27	0,02

O bambu é uma gramínea gigante que assume funções semelhantes a árvore em ecossistemas florestais. Cerca de 75 gêneros e 1250 espécies de bambu são conhecidos no mundo. Dessas quinhentas espécies em 40 gêneros são registrados na China, principalmente nas áreas de monções do sul e sudoeste da China. Aliado a isso, o bambu tem uma longa história de utilizações para vários fins pelas comunidades na China (Liese; Welling; Tang, 2015).

Dada a sua posição incomparável em termos de diversidade, distribuição e usos, juntamente com o papel vital que atua nas economias rurais de vários países em todo o mundo, o bambu surgiu nos últimos anos como principal matéria prima de produto não madeireiro e como um recurso florestal capaz de substituir a madeira na construção em geral e em outros usos que podem substituir a madeira e outras matérias primas. Para se ter uma ideia, existem mais de 1.500 usos documentados para o bambu, e várias outras estão sendo descobertos pela ciência e tecnologia modernas (Liese; Welling; Tang, 2015).

Portanto, ao analisarmos o avanço tecnológico já existente na China podemos considerar que o Brasil também possui um alto potencial em tornar o bambu como principal matéria prima para a nossa indústria, agricultura e usos diversos como de mobiliário, pois no Brasil, os bambus nativos ocorrem na região sudoeste da Amazônia, destacando-se os gêneros de bambus lenhosos, como *Elytrostachys* spp., *Arthrostylidium* spp., *Guadua weberbaueri* Pilg., *Guadua sarcocarpa* Londoño & P.M.Peterson e outras espécies do gênero, sendo o Brasil líder de ocorrência de espécies de bambu nas Américas, com cerca de 200 espécies, entre nativas e exóticas, sendo a grande maioria endêmica. Além de possuir grandes áreas degradadas, onde o plantio de espécies exóticas, como do *Dencrocalamus asper*, *Phylotachys pubescens* e *Bambusa vulgaris* poderão ser realizados com o intuito de substituir a madeira e outras matérias primas que têm maior custo econômico e ambiental para sua obtenção (Murad, 2011)

Porém, a rápida degradação biológica dos colmos de bambu constitui-se em uma das desvantagens de sua utilização, sendo resultado de sua estrutura anatômica caracterizada por feixes fibrovasculares circundados por tecido de parênquima, e que armazenam os grânulos de amido (Pereira, 2012). O tratamento preservativo dos colmos de bambu para a proteção dos organismos xilófagos exige uma abordagem ecológica e utilização de produtos naturais e residuais (Silva et al., 2020; Gauss et al., 2021), embora sejam aplicados e preconizados tratamentos com substâncias químicas sintéticas compostas por elementos tóxicos, com

metais pesados (Espelho; Beraldo, 2008), esses vêm sendo banidos em vários países, com isso novas pesquisas com outras substâncias com menor toxicidade ao ser humano e ao meio ambiente devem ser priorizadas nos estudos científicos a serem realizados (Kaur et al., 2016).

Constatado isso, vê-se a necessidade de uma política de ciência e tecnologia e inovação que atue a partir de financiamento e possibilidade de acordos bilaterais com os países que possuem forte tradição em seu uso, e principalmente, que tem investido em bambu no Brasil e no mundo na virada do século XXI, em função dos enormes avanços obtidos pela China na industrialização da cadeia produtiva do bambu, como os países do sudeste asiático e países da América Latina como Equador, Colômbia, Venezuela e México (Drumond; Wiedman, 2017).

Pode-se verificar, considerando os anos de publicação dos trabalhos no Brasil, e mais especificamente no Estado do Acre, que a partir do ano de 2011, quando houve a aprovação, pelo Congresso Nacional, da Lei Federal 12.484, e a assinatura do Acordo Bilateral Brasil-China sobre tecnologias do bambu, realizado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTIC) (CGEE, 2018), houve um salto no número das publicações relacionadas a preservação do bambu, além de vários estudos relacionados sobre a taxonomia, genética, ecologia, manejo silvicultural, proteção contra pragas e para sua preservação, técnicas de processamento e multiuso dessa espécie de bambu.

Para o estado do Acre, tem sido desenvolvido estudos com bambu desde 1977, tendo estes trabalhos se intensificado nos últimos 10 anos. Os principais temas abordados em estudos envolvendo bambu são Ecologia e Conservação (32,8%), Fauna x bambu (25,9%), Silvicultura e manejo florestal (12,1%) e Tecnologia e aplicações (12,1%), mostrando assim que muito ainda necessita ser feito no estado para melhor entendimento e uso dos métodos de preservação do bambu (Figura 11 A). Em relação aos bambus estudados, 100% dos estudos são com espécies do gênero *Guadua*, sendo que na maioria (53%) não é citada a espécie estudada, provavelmente pela dificuldade de identificação em nível de espécie, e em 13,6% *Guadua sarcocarpa* e 10,6 % *G. weberbaueri* (Figura 11 B). Dentro do estado do Acre, as áreas de ocorrência de bambu mais estudadas são as duas áreas experimentais da Ufac, Fazenda Experimental Catuaba e Reserva Florestal Humaitá, e a Floresta Estadual do Antimary. Quase a totalidade destes estudos são realizados exclusivamente pela Ufac ou em parceria com outras universidades públicas nacionais ou do exterior.

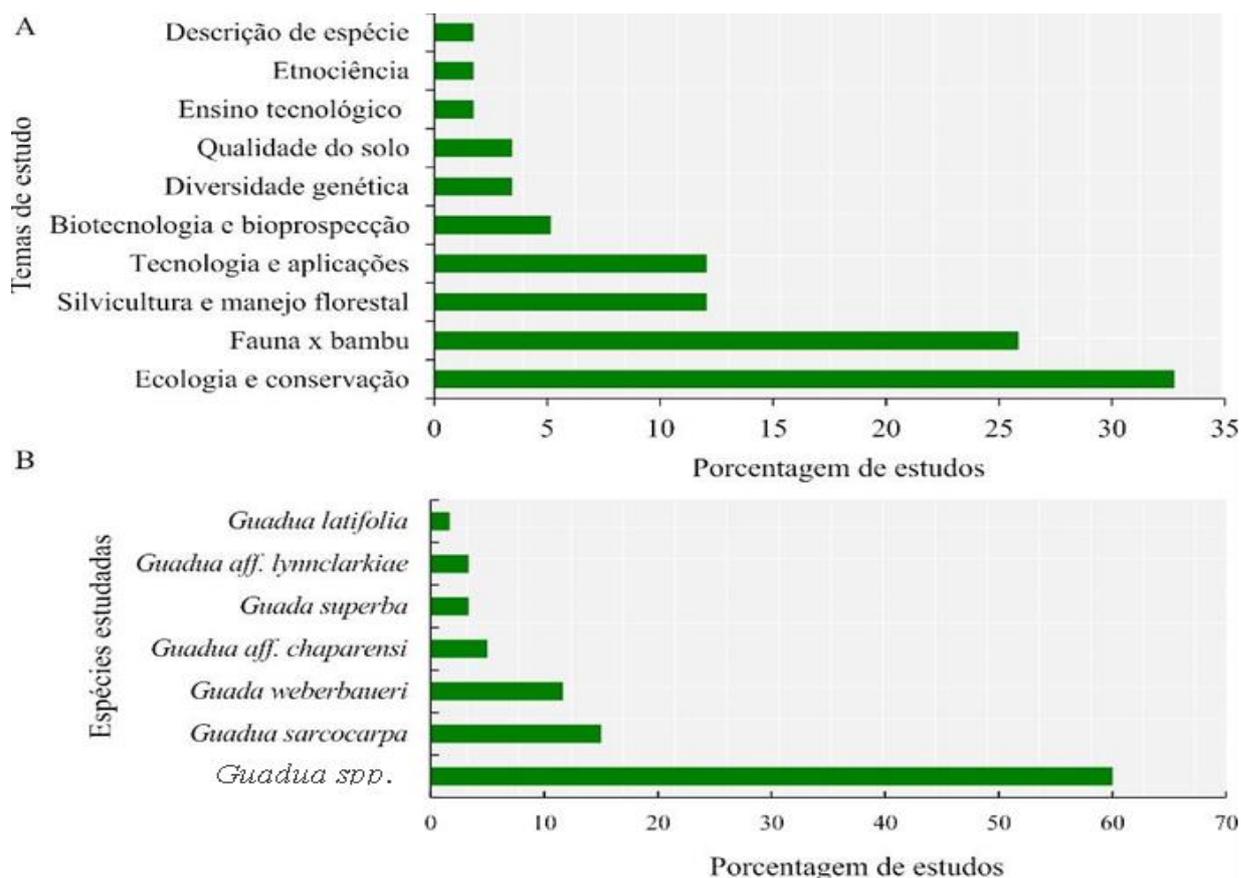


Figura 11. Estudos com bambu no Acre. A. Principais temas abordados. B. Principais espécies de bambu estudadas.

Outro fato importante, é que as universidades públicas e os institutos de pesquisa concentram a maior quantidade de grupos de pesquisa, bem como apresentam a maior densidade de grupos de pesquisas por instituição, sendo que o setor privado tem participação ínfima no financiamento dessas pesquisas. Para o professor Carlos Brito Cruz, diretor científico da Fapesp, o modelo de financiamento apropriado para a realidade brasileira é o mesmo utilizado pela maioria dos países desenvolvidos, cujas pesquisas realizadas nas universidades são majoritariamente financiadas por recursos governamentais. Nesses países, a população em geral sabe que para terem desenvolvimento econômico e social é necessário usar recursos dos seus impostos para ajudar na formação dos estudantes universitários e de pós-graduação a serem criativos e imaginativos em suas carreiras, para viabilizar o desenvolvimento econômico e social dos seus países mais adiante (Caires, 2019).

4. CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que (i) a China é o país com maior número de publicações sobre a preservação do bambu, destacando-se a espécie *P. pubescens*, além disso, a espécie *Dendrocalamus asper* e o gênero *Bambusa* e *Phylostachys* se destacam entre os mais estudados, dentro e fora do continente asiático. (ii) Em relação aos métodos de preservação do bambu, o que mais se destacou foi o uso de métodos químicos e físicos, principalmente para o gênero *Phylostachys*, por estes fazerem parte de uma cadeia tecnológica que os transformam em produtos engenheirados, a partir do uso de produtos químicos e uso da prensagem a quente para produção de painéis. (iii) Pode-se constatar que os estudos com bambu no estado do Acre estão voltados principalmente para Ecologia e Conservação, sendo o único gênero estudado *Guadua*, e a espécie mais estudada *G. sacocarpa*. (iv) Por fim, é possível constatar que a maioria dos trabalhos publicados se iniciam a partir dos incentivos governamentais a partir de editais de fomento, o que possibilitou o avanço em técnicas de preservação do bambu, utilizando-se métodos menos agressivos ao homem e ao meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa e Universidade Federal do Acre pelo apoio na realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- AKIRA, A.; SAKUMA, A. C.; DAMBISKI, L.; MORETTI, T. V. Dossiê técnico-bambu. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT**, Curitiba. Agosto/2007, edição atualizada abr. 2021. Disponível em: <http://sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTYw>.
- BORJI, R. Manipulating Architectural Design Forms Based on Nature. **Theory and Methods in Architecture and Urban Studies**, Espanha, v. 501, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340417150_Manipulating_Architectural_Design_Forms_Based_on_Nature.
- CAIRES, L. Nos países desenvolvidos, o dinheiro que financia a ciência na universidade é público. **Jornal da USP**, São Paulo, v. 24, 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/nos-paises-desenvolvidos-o-dinheiro-que-financia-a-ciencia-e-publico/>. Acesso em: 25 set. 2022.
- CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Economia do Bambu no Brasil: Tecnologia e Inovação na Cadeia Produtiva – Perspectivas e Desafios**. Documento contendo o

relatório técnico e analítico do seminário e da oficina de trabalho. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2018. 115p. Disponível em:

https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/3368_Nota+T%C3%A9cnica+Cadeia+Produtiva+do+Bambu.pdf/2118fc55-dd2e-4a0c-994c-55525879fd2b?version=1.0

CHUNG, M.J.; WANG, S.Y. Effects of peeling and steam-heating treatment on mechanical properties and dimensional stability of oriented *Phyllostachys makinoi* and *Phyllostachys pubescens* scrimber boards. **Journal of Wood Science**, Japão, v. 64, p. 625–634, 2018.

Disponível em: <https://jwoodscience.springeropen.com/articles/10.1007/s10086-018-1731-y>.

DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. (Org.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. 655 p. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>.

DU, H.; MAO, F.; LI, X.; ZHOU, G.; XU, X.; HAN, N.; SUN, S.; GAO, G.; CUI, L.; LI, Y.; ZHU, D.; LIU, Y.; CHEN, L.; FAN, W.; LI, P.; SHI, Y.; ZHOU, Y. Mapping global bamboo forest distribution using multisource remote sensing data. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, Estados Unidos da América, v. 11, n. 5, p. 1458-1471, mai. 2018. DOI: 10.1109/JSTARS.2018.2800127.

ESPELHO, J. C. C.; BERALDO, A. L. Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 12, p. 645-652, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000600012>.

GAUSS, C.; KADIVAR, M.; PEREIRA, R. G. F.; SAVASTANO JR., H. Assessment of dendrocalamus asper (Schult and schult f.) (Poaceae) bamboo treated with tannin-boron preservatives. **Construction and Building Materials**, Amsterdã, v. 282, p. 122723, 2021.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122723>.

GHAZVINI, M.; MADVAR, M. D.; AHMADI, M. H.; REZAEI, M. H.; ASSAD, M. E.H.; KUMAR, N. N. R. Technological assessment and modeling of energy-related CO2 emissions for the G8 countries by using hybrid IWO algorithm based on SVM. **Energy Science & Engineering**, [s.l.], v. 8, n. 4, p. 1285-1308, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1002/ese3.593>.

HSIUNG, W. Bamboo in China: new prospects for an ancient resource. **Food and Agriculture Organisation of the United Nations**, Rome, 2007. Disponível em:

<https://www.fao.org/3/s2850E/s2850e07.htm>.

KAUR, P. J.; SATYA, S.; PANT, K. K.; NAIK, S. N. Eco-friendly preservation of bamboo species: Traditional to modern techniques. **BioResources**, Raleigh, Carolina do Norte, Estados Unidos da América, v. 11, n. 4, p. 10604-10624. 2016. Disponível em:

<https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/eco-friendly-preservation-of-bamboo-species-traditional-to-modern-techniques/>.

LIESE, W.; WELLING, J.; TANG, T. K. H. Utilization of bamboo. In: LIESE, W.; KOHL, M. (editors). **Bamboo: the plant and its uses**. Bamboo. Tropical Forestry, Springer, Cham, Suíça, vol. 10, p. 299-346, 2015. Disponível em:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-14133-6_10.

LONDOÑO, X. Dos nuevas especies de guadua para el Perú (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae). **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, Texas, Estados Unidos da América, v. 7, n. 1, p. 145-153, 2013. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24621061>.

LONDOÑO, X.; ZURITA, E. Two new species of Guadua (Bambusoideae: Guaduinae) from Colombia and Bolivia. **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, Texas, Estados Unidos da América, v. 2, n. 1, p. 25-34, 2008. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41971599>.

MAROMA, Dolly P. Utilization of bamboo shoots (*Bambusa vulgaris*) in chips production. **Open Access Library Journal**, China, v. 2, n. 5, p. 1-6, 2015. Disponível em: https://www.scirp.org/html/68388_68388.htm.

MOHER, D.; SHAMSEER, L.; CLARKE, M.; GHERSI, D.; LIBERATI, A.; PETTICREW, M.; SHEKELLE, P.; STEWART, L. A.; PRISMA-P Group. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic Reviews**, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 1-9, 2015. Disponível em: <https://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/2046-4053-4-1>.

MOURA, C. R. Aplicações e tratamentos da fibra de bambu e similares: uma revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa, MG, v. 5, n. 5, p. 0460-0468, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.18540/jcecv15iss5pp0460-0468>.

MURAD, J. R. de L. **Estudo experimental das propriedades físicas, mecânicas e aplicações estruturais do bambu *Guadua* spp., de Assis Brasil-AC**. 2011. 203 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2011.

PEREIRA, M. A. D. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru, SP: Canal 6 Editora, 2007. 231p.

ROSA, R.A.; PAES, J. B.; SEGUNDINHO, P. G. A.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, A. K. F. Influências da espécie, tratamento preservativo e adesivos nas propriedades físicas do bambu laminado colado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 26, p. 913-924, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509824220>.

SANTANA, N. B.; REBELATTO, D. A. N.; PÉRICO, A. E.; MARIANO, E. B. Sustainable development in the BRICS countries: an efficiency analysis by data envelopment. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, Londres, v. 21, n. 3, p. 259-272, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2014.900831>.

SILVA, J. N.; SOUSA, J. A.; QUEIROZ, M. N.; SÁ, M. P.; ROMEU, L. V. L.; FERNANDES, N. C. L.; LOBÃO, M. S. Avaliação das modificações das propriedades físicas do colmo de *Guadua* sp. submetidos a tratamentos preservativos convencionais, naturais e residuais. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, AC, v. 2, n. 1, p. 188-203, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/3603>.

SILVA, S. M. M. **Diversidade genética e estrutura populacional de duas espécies de bambu do gênero *Guadua* na região sul-ocidental da Amazônia**. 2019. 116 f. Tese

(Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco - AC, 2019.

SILVEIRA, M. **A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia:** padrões e processos em múltiplas escalas. 2001. v, 109 f., il. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

SILVEIRA, M. **A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia:** Padrões e processos em múltiplas escalas. Rio Branco - AC: Edufac, Rio Branco, AC, 2005. 157 p.

VICINI, L.; SOUZA, A. M.; MORALES, F. E. C.; SOUZA, F. M. **Técnicas multivariadas exploratórias:** teorias e aplicações no *Software Statistica*. Santa Maria, RS: Editora UFSM, 2020. DOI: 10.32379/9788573913231.

WONG, K. M. et al. **Bamboo the amazing grass:** a guide to the diversity and study of bamboos in southeast Asia. Kuala Lumpur, Malásia: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 2004. 98p.

Capítulo 3

INVENTÁRIO FLORESTAL DIAGNÓSTICO DE OCORRÊNCIA DE BAMBU NO RAMAL ICURIÃ NO ESTADO DO ACRE

FOREST INVENTORY DIAGNOSIS OF
BAMBOO OCCURRENCE IN THE ICURIÃ
BRANCH IN THE STATE OF ACRE

SUELEM M. A. P. FARIAS
DIXON G. AFONSO
DÉBORAH V. DA SILVA

RESUMO

Os bambus constituem uma fonte potencial de matéria prima de uso múltiplo, portanto, o conhecimento da ocorrência, da identidade dos aspectos populacionais e dos padrões espaciais e temporais dos eventos de mortalidade de bambus é de fundamental importância quando se visa o aproveitamento do recurso. O trabalho teve como objetivo estimar o volume, área basal e o número de indivíduos, além de avaliar a sanidade e maturidade das espécies de bambu amostradas dos povoamentos florestais ao longo do ramal Icuriã, no município de Assis Brasil - AC. Foi realizado o levantamento com amostragem aleatória simples. Nos resultados, foram levantados 1925 indivíduos. Com uma ocorrência de 908 colmos/ha. A estimativa para a área inventariada foi de 25.417.633,87, com intervalo de confiança mínimo de 19.775.717,16 e no máximo 31.059.550,58 indivíduos em aproximadamente 28.000 ha.

Palavras-chave: Bambu *Guadua* sp.; inventário, volume, sanidade.

ABSTRACT

Bamboos constitute a potential source of raw material for multiple uses, therefore, knowledge of the occurrence, the identity of population aspects and the spatial and temporal patterns of bamboo mortality events is of fundamental importance when aiming at the use of the resource. The objective of this work was to estimate the volume, basal area and number of individuals, to evaluate the health and maturity of bamboo species sampled from forest stands along the Icuriã branch road, in the municipality of Assis Brasil - AC. The survey was carried out with simple random sampling. In the results, 1925 individuals were raised. With an occurrence of 908 culm/ha. The estimate for the inventoried area was 25,417,633.87, with a minimum confidence interval of 19,775,717.16 and a maximum of 31,059,550.58 individuals in approximately 28,000 ha.

Keywords: Bamboo *Guadua* sp.; inventory, volume, sanity.

1. INTRODUÇÃO

Conhecer e entender a dinâmica e estrutura da Floresta Amazônica é fundamental para definir a forma mais adequada e sustentável de exploração de seus recursos. De modo geral, nesse bioma ainda existem muitas áreas inexploradas botanicamente e muitas espécies desconhecidas ou pouco estudadas, como é o caso do bambu (Leal et al., 2021).

Há milênios, o bambu é conhecido e utilizado no Oriente para as mais diversas funções do cotidiano: alimento, estruturas de casas, paredes, telhas, portas e janelas, mobiliário, utensílios de cozinha, objetos de decoração, cercas, pontes, irrigação, drenos, embarcações, contenção de encostas, entre outras (Wiedman; Drumon, 2017). O uso dos bambus nativos vem sendo praticado no Brasil desde seu descobrimento, uma vez que os indígenas já nessa época usavam livremente o recurso (Filgueiras; Santos Gonçalves, 2006).

Apesar do setor florestal ser focado principalmente na exploração madeireira, recursos de importância ecológica e econômica, como o bambu, estão disponíveis e pouco explorados na Floresta Amazônica (Afonso; Silva, 2017). De acordo com Teixeira (2006), a crescente escassez e valorização de espécies madeireiras, vem contribuindo para que pesquisas sejam realizadas visando o uso do bambu em diversas aplicações. O bambu apresenta qualidades excelentes como as propriedades físicas e mecânicas, além de grande potencial comercial que o tornam um material bastante utilizado em diversas áreas.

No Acre, o bambu ocupa extensas áreas de florestas, sendo uma das maiores reservas naturais do mundo (Silva et al., 2019). De acordo com Lima et al. (2017), o Acre possui aproximadamente 47% de suas florestas com ocorrência de bambus, com um total estimado de 10,8 milhões de hectares de bambus nas mais diversas tipologias florestais.

Apesar da extensão da área de ocorrência e de estudos incipientes, informações relevantes estão publicadas quanto ao levantamento florístico do bambu, como o trabalho de Silveira (2006), o qual cita que na região da Reserva Extrativista Chico Mendes, se apresentam manchas de bambus do gênero *Guadua weberbaueri* e *Guadua sarcocarpa*, acessíveis ao longo do ramal Icuriã no município de Assis Brasil/AC. De acordo com o autor, o *G. weberbaueri* é um bambu robusto cujos colmos atingem 20-25 m de altura e 6-8 cm de diâmetro. Suas lâminas foliares possuem formato elíptico lanceoladas, de 13-17 cm de comprimento por 2,0-3,5 cm de largura. Muito semelhante estruturalmente, o *G. sarcocarpa* também é um bambu robusto que pode atingir 20-25 m, porém os seus frutos são carnosos semelhantes a uma azeitona.

As florestas nativas, por não possuírem um histórico de desenvolvimento, são inventariadas para obtenção do estoque madeireiro presente na área que sofrerá intervenção, sendo a amostragem condicionada à variabilidade e a precisão desejada. Portanto, a utilização de técnicas de estratificação torna-se uma boa forma de ajustar a relação equilibrada entre

custo operacional e representatividade da amostra, pois influencia diretamente no tamanho desta amostragem e na precisão do inventário (Kanegae, 2004).

Desta forma, o desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo realizar inventário florestal diagnóstico de bambu a partir de amostragem aleatória simples em povoamentos florestais ao longo do ramal Icuriã, no município de Assis Brasil/AC.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL:

Realizar inventário florestal diagnóstico de bambu a partir de amostragem aleatória simples em povoamentos florestais ao longo do ramal Icuriã, no município de Assis Brasil/AC.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Quantificar e mensurar os indivíduos (número de indivíduos, volume, área basal) de bambu que ocorrem ao longo do ramal do Icuriã;
- Avaliar a sanidade e maturidade das espécies amostradas.

3. METODOLOGIA

A área de estudo está inserida nos limites da Associação de Moradores e Produtores da Reserva Extrativista Chico Mendes em Assis Brasil (Amopreab), no interior da Resex Chico Mendes, no município de Assis Brasil, regional do Alto Acre, coordenadas geográficas: 69°38'02,3208 Oeste e 10°38'57,4656" Sul. A AMOPREAB apresenta como fronteiras: ao Norte o Seringal Guanabara, a Leste os Seringais Amapá e parte do Seringal Guanabara, ao Sul a fronteira entre o Brasil e Peru, e a Oeste o Seringal Petrópolis. As áreas de estudo objeto deste projeto, encontram-se distribuídas ao longo do ramal Icuriã com uma área total de 28.000 ha. Os solos presentes são classificados como Argissolo Vermelho Tb Alumínico, Argissolo Vermelho distrófico típico e Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico (Acre, 2010).

A definição do sistema de amostragem levou em conta o tamanho e as condições de acesso da área estudada, as características da população inventariada, a experiência de levantamentos similares na região e levantamentos anteriores que detectaram espécies do gênero *Guadua* em grande distribuição.

Foram distribuídas ao acaso 30 trinta unidades amostrais em formato circular com raio de 15 metros ao longo do ramal Icuriã. Foi considerado como área de influência (buffer) para a distribuição das parcelas aproximadamente 900 metros das margens esquerda e direita, distribuídas nas diferentes tipologias florestais. As unidades amostrais foram sorteadas ao acaso ao longo da área de interesse, conforme a figura 1. A quantidade inicial de amostras foi definida ao consultar trabalhos com o mesmo objetivo realizados no estado do Acre.

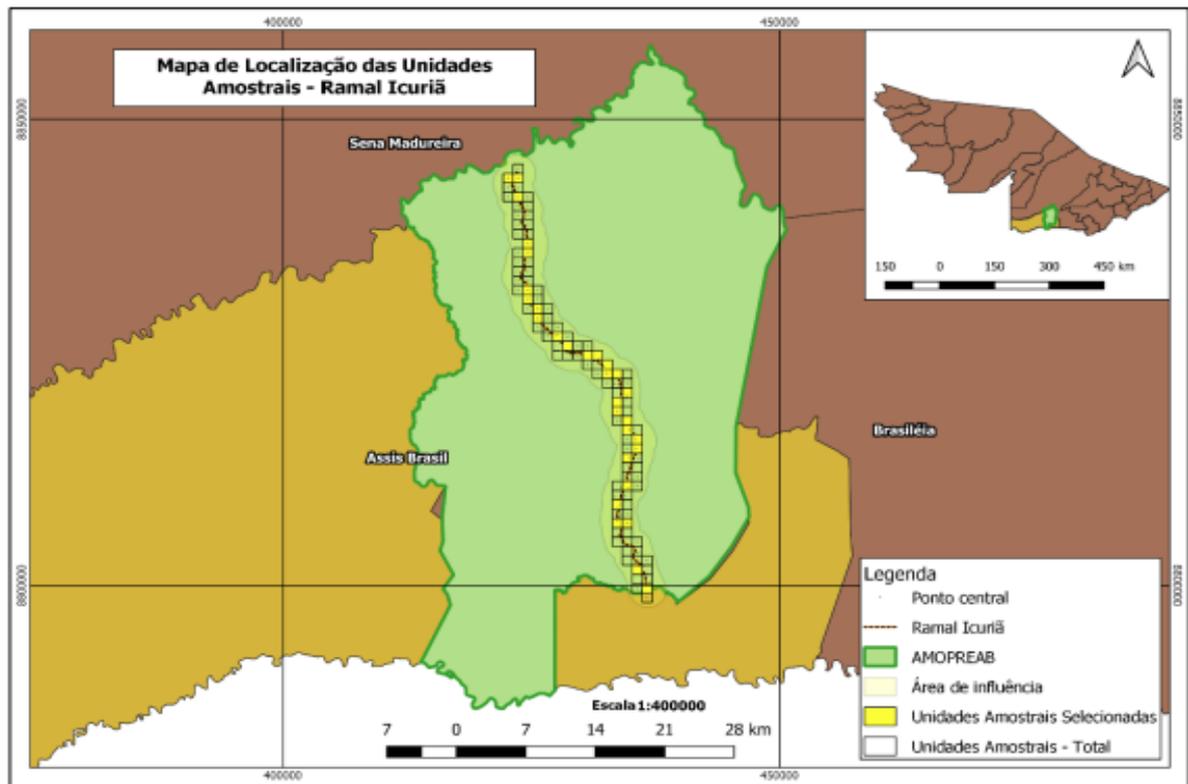


Figura 1. Unidades amostrais em formato circular, com raio de 15 metros sorteadas ao acaso ao longo da área de interesse.

A unidade amostral partiu do ponto central, inserido previamente em um receptor GNSS de navegação. Após o deslocamento até o ponto de interesse, definiu-se o ponto central da parcela e esticou uma corda de comprimento conhecido (15 metros) em angulações diferentes. Todos os indivíduos contidos no interior do círculo foram contabilizados e tiveram suas informações dendrométricas mensuradas (Figura 2).

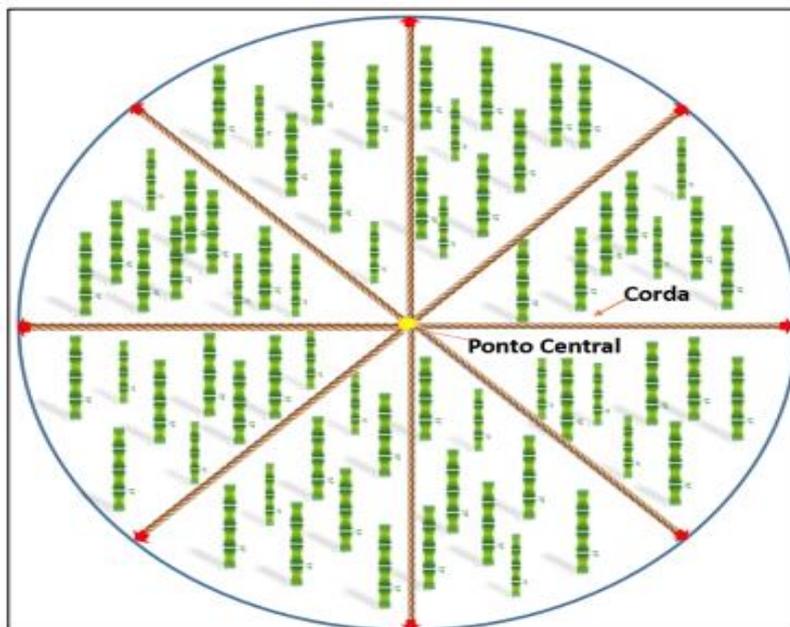


Figura 2. Descrição do ponto central da parcela e posterior quantificação de indivíduos.

Para a definição dos locais de amostragem, foi distribuído um grid de polígonos ao longo da área de interesse. Cada polígono representa uma área de 100 (cem) hectares. Posteriormente, foram selecionados polígonos que apresentam sobreposição total ou parcial com a área de interesse, conforme apresentado da figura 1.

Foi adotado como principal software na área de geoprocessamento o SIG Livre denominado QGIS (atualmente na versão 3.10.11 – A Coruña), para produção de informações cartográficas e elaboração de mapas, com auxílio de imagens dos sensores Sentinel 2A e CBERS 4A.

As coordenadas geográficas dos pontos centrais das unidades amostrais, assim como os dados espaciais das subunidades foram geradas no software QGIS e posteriormente inseridas em receptores GNSS de navegação, utilizando com Sistema de Referência de Coordenadas SIRGAS 2000 com a projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, zona 19S.

O processo de implantação das unidades amostrais e coleta de dados são apresentados na figura 3.



Figura 3. Implantação das unidades amostrais. Fonte: fotos dos(as) autores(as).

Foram ainda, após a instalação das unidades amostrais, coletadas informações dendrométricas dos colmos. Os dados dendrométricos levantados foram:

- Total de brotos;
- Total de colmos mortos;
- Total de todos os colmos maduros da Unidade amostral; Para esse parâmetro, foram levantados os dados de:
 - Diâmetro a 1,30 m (DAP) de todos os colmos;
 - Altura estimada de todos os colmos;
 - Sanidade de todos os colmos mensurados;
 - Maturidade de todos os colmos;
 - Número total de colmos em cada subunidade.

Para obtenção de outras medidas dendrométricas mais detalhadas, que são inviáveis de serem obtidas com o bambu em pé, foi abatido e retirado um indivíduo do interior de cada subunidade.

As informações coletadas dos indivíduos abatidos foram:

- Diâmetro do início da base, meio e topo;
- Comprimento real seguindo curvatura;
- Altura do primeiro entrenó;
- Espessura da parede na base, meio e topo;
- Número de entrenós para base, meio e topo;
- Comprimento dos 3 entrenós para baixo e 3 entrenós para cima (a partir do meio do colmo).

A metodologia é demonstrada detalhadamente na figura 04 abaixo:

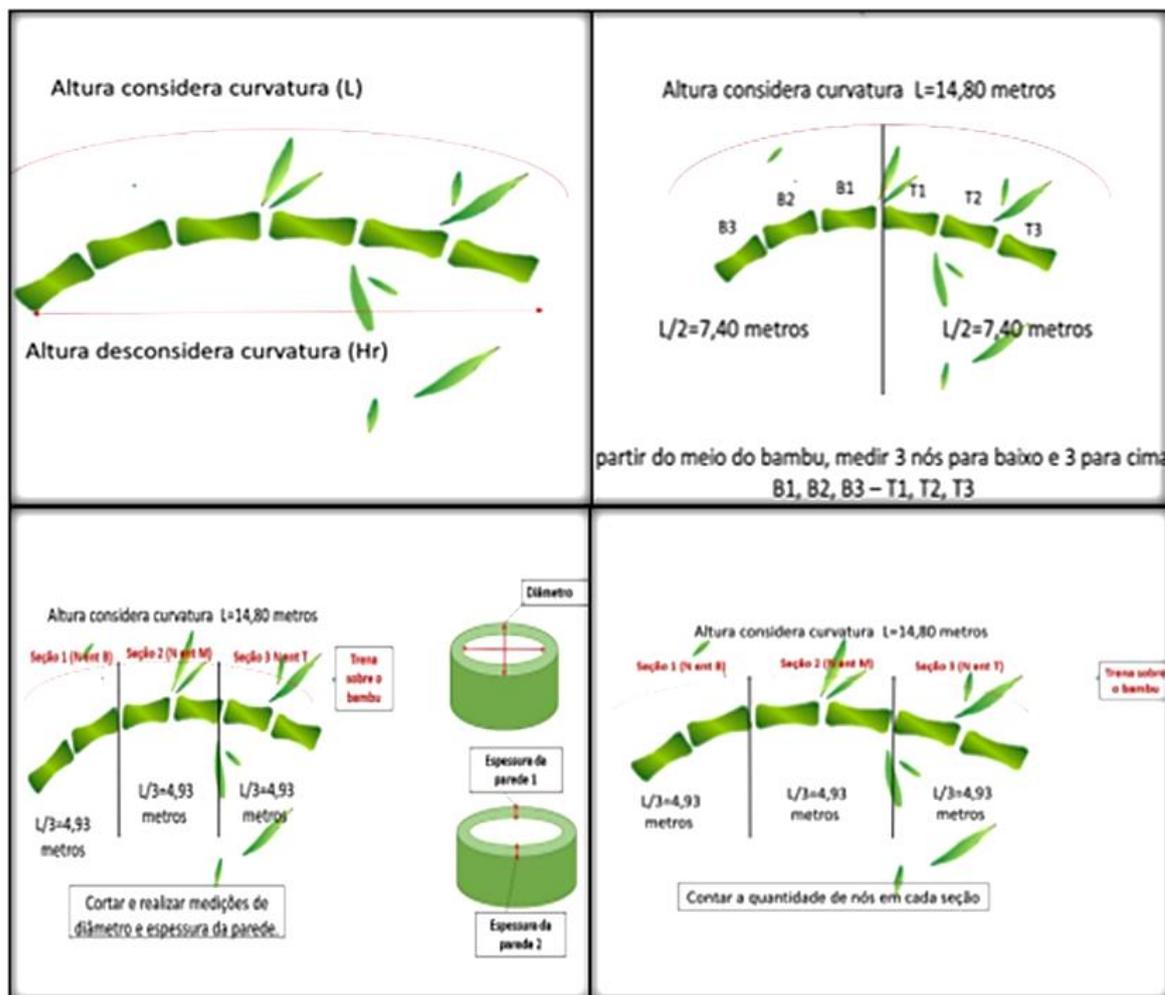


Figura 4. Obtenção de medidas dendrométricas do bambu.

Para a análise estatística descritiva dos dados coletados foram avaliados: média, variância, valores de mínimo e máximo, desvio padrão e coeficiente de variação, considerando um erro de amostragem máximo de 20% ao nível de 95% de probabilidade. Tais parâmetros foram estabelecidos pelo órgão ambiental de controle do estado do Acre, o Instituto de Meio Ambiente do Acre (Imac) através Termo de Referência para licenciamento ambiental da atividade de exploração e manejo de bambu no Estado do Acre, publicado na Portaria Normativa N° 005 de 19 de Maio de 2017.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ESTIMATIVA DE NÚMERO DE INDIVÍDUOS, VOLUME, ÁREA BASAL PARA A TOTALIDADE DO POVOAMENTO

Foram coletadas informações de 1.925 indivíduos, em uma área amostral de 2,12 hectares. A estimativa de número de indivíduos por hectare com base na amostragem foi de aproximadamente 908ind/ha, a área basal de 2,344m²/ha e o volume de 34,310m³/ha. Costa et al. (2012), em estudo sobre a densidade de bambu em diferentes estruturas florestais no estado do Acre, obtiveram densidade estimada para *G. weberbaueri* em floresta de 384ind/ha.

A Tabela 1, apresenta os resultados obtidos na amostragem, para as variáveis, área basal, número de indivíduos e volume.

Tabela 1. Resultados obtidos na amostragem, para as variáveis, área basal, número de indivíduos e volume.

Nº de colmos inventariados	Área basal total G (m ²)	Volume total Vt (m ³)	Nº de colmos por ha	Área basal G (ha)	Vol (ha)
1.925	4,99	72,75	908	2,34	34,31

Pontes et al. (2015) em um levantamento realizado em uma área na Floresta Estadual do Antimary, contabilizou 2497 indivíduos de bambu em uma área amostral de 2,16ha. A estimativa de número de indivíduos por hectare com base na amostragem foi de 1.156,0 indivíduos. A área basal estimada foi de 1,874m²/ha e volume de 23,608m³/ha, valores próximos ao encontrado nesse trabalho como demonstrado na tabela acima.

Na Tabela 2 temos os resultados de número de indivíduos, área basal e volume de acordo com cada unidade amostral. Observando os valores mínimo e máximo de cada variável, a amplitude variou de 15 a 180 para número de indivíduos, enquanto que o G foi de 0,034 a 0,413m², e para o volume obteve-se 0,474 a 6,190m³.

Tabela 2. Resultados de número de indivíduos, área basal e volume por unidade amostral

Dados por Unidade Amostral			
Unidade amostral	Nº ind.	G(m ²)	Vol(m ³)
1	114	0,187	2,243
5	119	0,184	2,476
7	52	0,154	1,810

Unidade amostral	N° ind.	G(m ²)	Vol(m ³)
22	36	0,087	1,180
23	117	0,413	6,190
27	31	0,082	1,006
28	37	0,128	1,545
32	49	0,161	2,661
33	50	0,129	1,744
40	35	0,112	1,967
44	51	0,174	2,820
49	77	0,241	3,698
51	71	0,208	3,067
54	15	0,048	0,822
55	19	0,058	0,840
57	92	0,234	3,142
60	62	0,176	1,888
61	40	0,117	1,577
65	31	0,106	1,643
67	78	0,208	3,544
72	180	0,130	1,395
75	39	0,117	1,591
76	131	0,400	5,503
79	45	0,172	3,163
82	43	0,123	1,787
86	25	0,034	0,474
92	68	0,166	2,295
93	57	0,151	2,607
101	103	0,309	5,048
107	58	0,185	3,031
Total Geral	1.925	4,991	72,756

Os resultados estatísticos, obtidos com o inventário diagnóstico para cada variável são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados estatísticos obtidos de inventário diagnóstico

Análise estatística para as variáveis N, G e Vol.			
Parâmetros	N	G (m ³)	Vol (m ³)
Média	64,17	0,166	2,425
Variância	1.459,25	0,008	1,848
Desvio Padrão	38,20	0,088	1,360
CV	0,60	0,530	0,561
Erro padrão	6,97	0,016	0,248
Tamanho da amostra	36,95	29,244	32,768
Erro amostral %	10,87	9,710	10,234
Total população	25.417.633,87	65.620,361	960.673,702
IC – amostra	78,41 < X > 49,92	0,199 < X > 0,133	2,932 < X > 1,918
IC – há	1.109,27 < X > 706,27	2,808 < X > 1,879	41,48 < X > 27,13

Ao considerar-se a variável número de indivíduos, com a instalação de 30 unidades amostrais, o erro amostral variou entre 9,710%. A média obtida foi de 64,17 indivíduos/subunidade, de forma que o valor estimado por hectare com base na média obtida é de 908 ind./ha, assim, considerando o erro de 10,87% a 95% de probabilidade, o número de indivíduos de bambu em 28.000 hectares estimado é de 25.417.633,87, com intervalo de confiança mínimo de 19.775.717,16 e no máximo 31.059.550,58 indivíduos.

Em relação à variável área basal, o erro amostral obtido foi de 9,710%, portanto, inferior ao erro de 20% exigido. O valor médio obtido por unidade amostral foi de 0,166 m², assim a área basal calculada por hectare com base na média é de 2,344 m² por hectare.

Considerando o erro amostral de 9,710% a 95% de probabilidade, a área basal total estimada é de 65.620,361m², com intervalo de confiança inferior 52.607,14m² e superior de 78.633,58m². Para a variável volume, o erro amostral foi de 10,234%. O volume médio obtido foi de 2,425m³ por subunidade, assim, o volume calculado por hectare com base na média é de 34,310m³/ha. Considerando o erro da amostragem de 10,234% a 95% de probabilidade, o

volume estimado nos 28.000 hectares que compõem a área de interesse amostrada é de 960.673,702m³, com intervalo de confiança entre 759.882,50 e 1.161.464,91m³.

Os resultados relativos à mensuração de indivíduos abatidos nas subunidades, assim como os parâmetros média, mínimo, máximo e desvio padrão, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Análise descritiva das variáveis de mensuração de indivíduos abatidos nas subunidades

Resumo das variáveis mensuradas em indivíduos abatidos				
Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Diâmetro da Base (cm)	5,485	3,200	7,550	0,977
Diâmetro do meio (cm)	5,812	3,700	7,600	0,939
Diâmetro do topo (cm)	3,812	2,050	5,750	0,961
Espessura da Parede da base (cm)	1,483	0,550	4,900	0,789
Espessura da Parede do meio (cm)	0,373	0,1000	0,750	0,169
Espessura da Parede do topo (cm)	0,207	0,100	0,650	0,145
Entrenós base	16,233	13,000	24,000	2,712
Entrenós meio	7,833	5,000	11,000	1,440
Entrenós topo	12,900	8,000	23,000	4,436
Altura reta – R (m)	14,881	10,000	20,000	2,504
Altura Curvada – L (m)	16,635	12,400	21,200	2,415
Comp. Entrenós base (cm)	68,753	47,500	98,000	10,285
Comp. Entrenós topo (cm)	66,860	38,000	103,000	12,267
Volume real*/colmo	0,459	0,2555	0,675	0,107

*Volume real calculado através do método de Smalian, a última seção foi calculada pela fórmula do cone.

O abate foi realizado visando a mensuração de indivíduos com o objetivo de obter dados relativos à espessura das paredes da base, meio e topo, assim como a contagem do número de entrenós e mensuração das alturas reta e curvada.

O cálculo do volume real foi realizado considerando-se a fórmula de Smalian. Vale ressaltar que o cálculo da última seção foi realizado a partir da fórmula do cone. O método de coleta de dados previa a divisão da vara em 3 (três) seções, com a mensuração de diâmetros nas extremidades de todas as seções.

A média do volume real foi de 0,459m³/colmo e espessura de parede da base, meio e do topo foram: 1,483cm, 0,373 cm e 0,206cm, respectivamente. A altura média reta foi de

14,881m e a altura curvada de 16,635m, com diâmetro médio de 5,485cm para base, 5,812cm para o meio e de 3,812cm para o topo.

4.2. AVALIAÇÃO DA SANIDADE E MATURIDADE DAS ESPÉCIES AMOSTRADAS

Em relação às condições de sanidade, foram obtidos os seguintes resultados: 8 colmos caídos, 292 colmos quebrados, 134 colmos furados, 54 colmos em rebrota. O gráfico 1 apresenta as informações relativas à sanidade considerando o total de colmos amostrados.

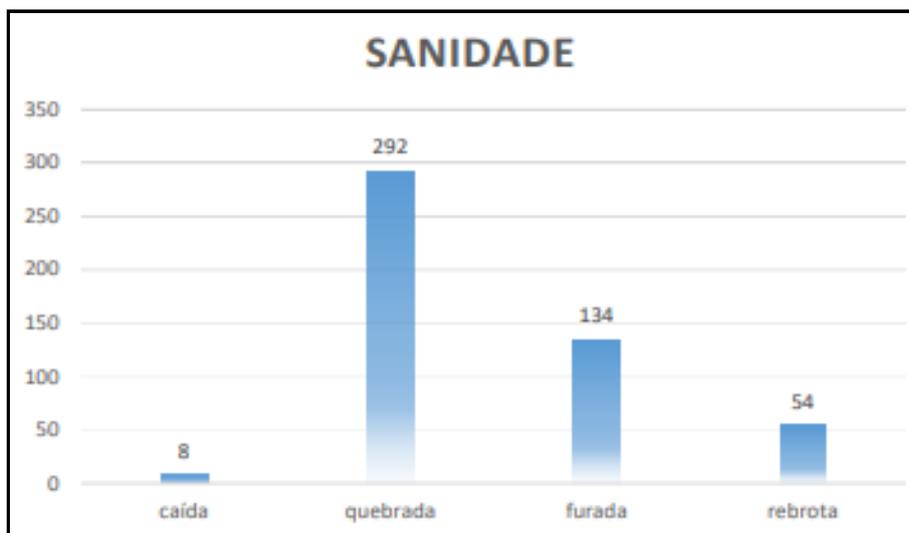


Gráfico 1. Sanidade de colmos amostrados.

Em relação à maturidade dos colmos, 49,01% encontram-se em estágio maduro, enquanto 50,99% encontram-se em estágio jovem, conforme o gráfico 2.

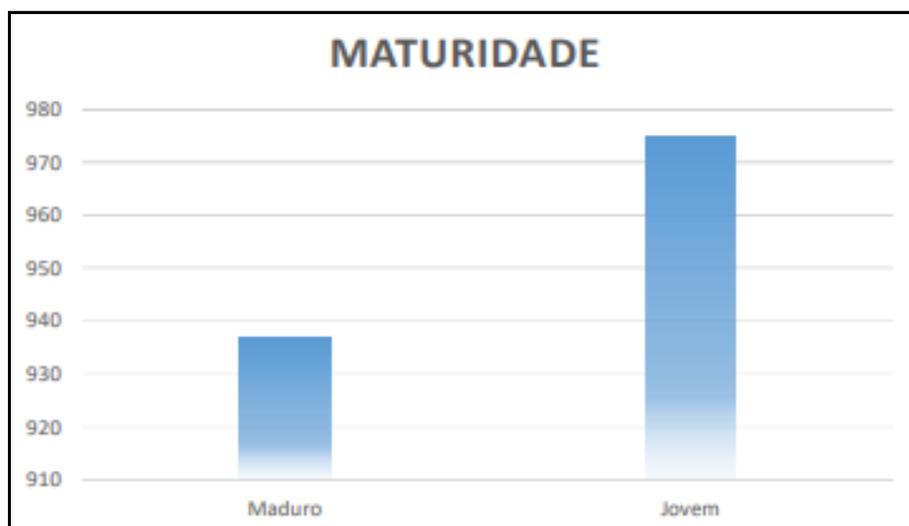


Gráfico 2. Estágio de maturação dos colmos amostrados.

A maioria das Unidades Amostrais apresentaram maior número de colmos maduros, quando comparados aos colmos jovens, entretanto, nos conglomerados que apresentam predominância de colmos jovens a diferença entre eles é expressiva. Destacam-se as unidades amostrais 76, 23 e 57 que apresentaram maior proporção de indivíduos jovens, em torno de 67% de indivíduos jovens em relação aos indivíduos maduros. A Unidade amostral 72 apresentou uma maior proporção de indivíduos maduros (132) em relação aos jovens (49). O Gráfico 03 apresenta os resultados por unidade amostral.

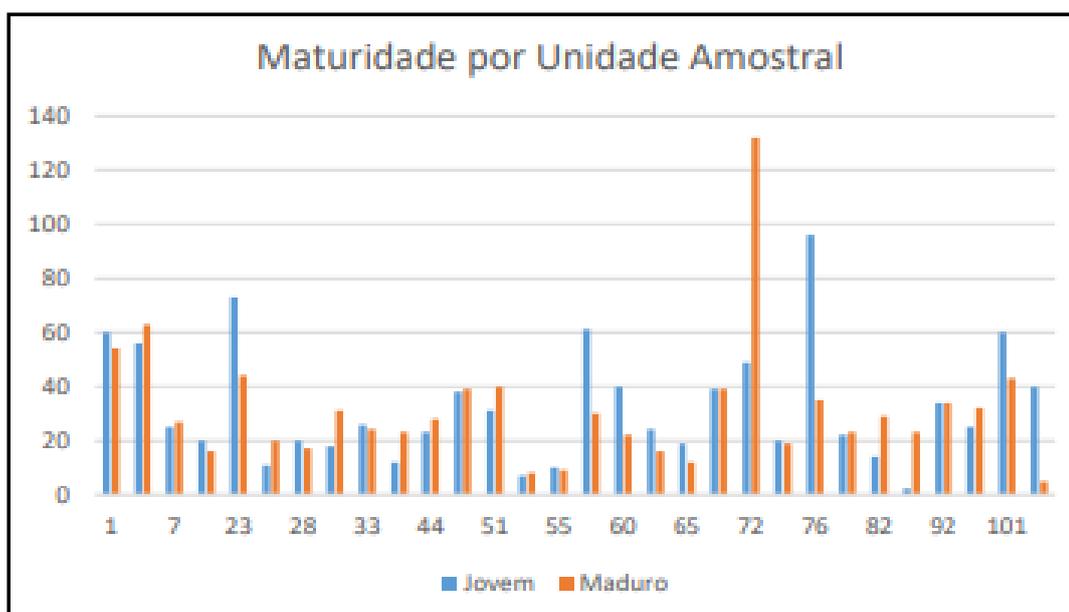


Gráfico 3. Maturação dos colmos amostrados.

5. CONCLUSÕES

A área estudada apresenta densidade populacional de bambu de 1.925 indivíduos (908 por ha), dos quais a maior parte, 51,32%, estão em estágio jovem. Com relação ao diâmetro médio dos colmos foi observado o valor de 5,60 cm, com maior concentração na classe entre 4-6 cm de DAP (45,35%). Ademais, notou-se que um total de 74,65% dos colmos inventariados encontrava-se sadio, enquanto 25,35% apresentavam danos assim distribuídos: 8 colmos caídos, 292 colmos quebrados, 134 colmos furados além de 54 colmos apresentando rebrota.

REFERÊNCIAS

ACRE. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Acre Fase II**: escala 1:250.000. Documento síntese. Secretaria de Meio Ambiente, Rio Branco: SEMA, 2010. 356 p. Disponível em: http://semapi.acre.gov.br/wp-content/uploads/sites/20/2021/12/COMPLETO-Resumo-Executivo-do-ZEE-Acre-Fase-III_V16_WEB.pdf.

AFONSO, D. G.; SILVA, Z. A. G. P. G. Bambu nativo: alternativa de desenvolvimento econômico e sustentável para o estado do Acre. *In*: DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil**: da biologia a tecnologia. 1. ed.. Rio de janeiro: ICH, 2017. p. 290-306.

COSTA, S. G.; MORATO, E. F.; SALIMON, C. I. Densidade de bambu e estrutura populacional de duas espécies arbóreas pioneiras em florestas secundárias de diferentes idades em um remanescente florestal, Acre. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 40, n. 95, p. 363-374, 2012. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr95/cap07.pdf>.

FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES. A. P. S. Bambus nativos no Brasil: oportunidades e desafios para seu conhecimento. *In*: I SEMINÁRIO NACIONAL DO BAMBU: Estruturação da Rede de Pesquisa e Desenvolvimento, v. 1, 2006. Brasília, DF. **Anais eletrônicos [...]** Anais do I Seminário Nacional do Bambu. 2. ed. Brasília: CPAB, Universidade de Brasília, 2011. p. 33-42. Disponível em: https://issuu.com/ecotv/docs/anais_2006_seminaruinac.

KANEGAE JUNIOR, H. **Avaliação de Sistema de Inventários Sucessivos e dos Interpoladores Espaciais como instrumento de estratificação de povoamentos clonais de *Eucalyptus* sp.** 2004. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11797>.

LEAL, G. da S. A.; LEAL, F. A.; CRUZ, A. S. A. Perfil de diversidade florística e padrão espacial de espécies arbóreas em florestas com ocorrência de bambu na Amazônia. **Advances in Forestry Science**, Mato Grosso, v. 8, n. 3, p. 1545-1555, 2021. DOI: 10.34062/afs.v8i3.12678.

LIMA, D. N.; AFONSO, D. G.; PONTES, S. M. A. *Guadua weberbaueri*, nova matéria-prima para painéis compensados. *In*: DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil**: da biologia a tecnologia. 1. ed., Rio de janeiro: ICH, 2017. p. 580-600. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>.

PONTES, S. M.A.; SILVA, A. G. da.; LIMA, D. N. AFONSO, D. G. Inventário florestal diagnóstico de bambu nativo na floresta estadual do Antimary (FEA) no Acre. *In*: XV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 2015, Curitiba, PR, Brasil, **Anais [...]** Curitiba: Ibramem, 2015. 13p.

SILVA, S. M. M.; PEREIRA, J. E. S.; SILVA, W. C. Conservação e diversidade de bambu *Guadua* no Acre. *In*: AMAURI SIVIERO, A.; SANTOS, R. C. dos; MATTAR, E. P. L. (Org.). **Conservação e tecnologias para o desenvolvimento agrícola e florestal do Acre**. Rio Branco: Ifac, 2019. p. 61-83. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1119028>.

SILVEIRA, M. **Oferta de bambu** (*Guadua* spp.) **nos vales dos rios Acre** - Purus e estudos populacionais como base para a elaboração de um plano de manejo piloto do recurso. Universidade Federal do Acre - Departamento de Ciências da Natureza, Rio Branco, 2006. 18p.

TEIXEIRA, A. A. **Painéis de bambu para habitações econômicas**: avaliação de painéis revestidos com argamassa. 2006. 176 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de Brasília, Brasília, DF, p. 54, 2006. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5185/1/2006_Anelizabete%20Alves%20Teixeira.pdf.

WIEDMAN, G.; DRUMOND, M. P. Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia. *In*: DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil**: da biologia a tecnologia. 1. ed. Rio de Janeiro: ICH, 2017. p. 10-27. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>.

Capítulo 4

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO COLMO MADURO DO BAMBU GIGANTE DA AMAZÔNIA (*Guadua aff. lynnclarkiae*)

MORPHOLOGICAL DESCRIPTION AND ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF THE MATURE CULMS OF THE GIANT AMAZON BAMBOO (*Guadua aff. lynnclarkiae*)

GABRIELA S. SOLÁ
MARIA ROSÁLIA N. DA COSTA
BERENICE K. ALCÂNTARA

RESUMO

O bambu do gênero *Guadua* é abundantemente encontrado no estado do Acre e tem potencial para uma variedade de usos, embora ainda seja negligenciado. A morfologia e a anatomia do bambu são importantes para identificação botânica, dando suporte para os trabalhos de bioprospecção, além de que conferem propriedades importantes para o uso do bambu. Assim, este projeto tem como objetivo realizar a descrição morfológica e caracterização anatômica de colmos adultos de bambu *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. Para a análise, foram confeccionadas exsiccatas que foram depositadas no herbário da Ufac sob número 22247 e foram coletadas amostras de colmos em plantio da Funtac. As lâminas anatômicas foram visualizadas por microscopia óptica. Observamos que os feixes vasculares dos colmos apresentaram diferenças em tamanho de metaxilema e floema que aumentavam de tamanho quando se aproximam do interior do colmo (parte oca), enquanto a espessura das fibras se torna menor. De acordo com a análise comparativa, o feixe vascular de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* se agrupa em um quinto tipo de feixe que é proposto aqui neste trabalho.

Palavras-chave: *Bambusoideae*; Morfologia; Anatomia; Xilema; Floema.

ABSTRACT

Bamboo of the *Guadua* genus is abundantly found in the state of Acre and has the potential for a variety of uses, although it is neglected. The morphology and anatomy of bamboo are important for botanical identification, supporting bioprospecting work, in addition they provide information about properties for bamboo uses. Thus, this project aims to perform a morphological description and anatomical characterization of adult culms of *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. For analysis, exsiccates were made and deposited in the Ufac herbarium under number 22247 and samples of culms were collected in a Funtac plantation. Anatomical slides were visualized by light microscopy. We observed that metaxylem and phloem of vascular vessels became larger when they approximate to culm interior, while thickness of fibers became smaller. According to the comparative analysis, *Guadua* aff. *lynnclarkiae* is grouped into a fifth type of vascular vessels that is proposed in this work.

Keywords: *Bambusoideae*; Morfologia; Anatomia; Xilema; Floema.

1. INTRODUÇÃO

O estado do Acre, situado na região Sul-Occidental da Amazônia brasileira, apresenta uma grande reserva natural de bambu do gênero *Guadua* spp. Suas populações formam as imensas florestas abertas de bambu, com características de plantas arborescentes e com grande potencial vegetativo, geralmente apresentando espinhos nos colmos e ramos (Silva et al., 2019). São encontradas espécies como *Guadua weberbaueri* que é um bambu lenhoso e espinhoso e apresenta na sua estrutura modular rizomas, brotos aéreos sem ramos e folhas, colmos com ramos e folhas verdes (Silveira, 2001). Outra espécie é o *Guadua sarcocarpa*, um bambu lenhoso, provido de espinhos, apresentam entrenós ocos, rizomas em touceiras e são encontrados no Acre em áreas de capoeira e em clareiras (Londoño; Peterson, 1991). Outra espécie é o *Guadua chaparensis*, um bambu lenhoso, colmo verde esbranquiçado, sua ocorrência são na presença de rios e riachos e tem por nome popular “taboca ou taquara” (Londoño; Zurita, 2008).

Dentre algumas espécies que ocorrem naturalmente na vegetação do Acre, é registrada a presença de algumas manchas vegetativas formadas por populações de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*, conhecida por marona no Peru, e taboca, tabocão ou taboca gigante no Acre (Londoño, 2013; SILVA et al., 2019). É uma espécie de bambu arborescente, lenhoso e espinhoso, com rizoma paquimorfo e com longos ciclos reprodutivos. Seus colmos são cilíndricos e ocos, medindo 20-27 m de altura e 9-17 cm de diâmetro (Londoño, 2013).

O bambu pode ter múltiplos usos que vão desde a construção civil até medicamentos e alimentos, sendo considerado uma fonte promissora para bioprospecção de novos produtos naturais (Hossain; Islam; Numan, 2015). No entanto, devido ao rápido crescimento e à falta de conhecimento sobre seus usos, as espécies do gênero *Guadua* vêm sendo tratada como invasoras e, suas populações naturais vêm sendo reduzidas com o uso de fogo pela população local (Silva et al., 2019).

Um problema em trabalhos de bioprospecção usando plantas é a dificuldade na identificação científica da espécie. Identificar uma planta significa reconhecer um determinado espécime integrante de um conjunto como sendo semelhante a uma descrição existente ou a outra planta já identificada. A falta de identificação ou uma identificação errada da espécie, anularia todo um trabalho de bioprospecção (Matos, 2009). Assim sendo, este estudo visa descrever a morfologia de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* bem como realizar a caracterização anatômica para auxiliar em futuros trabalhos de identificação e bioprospecção.

O termo “aff.” é a abreviatura de *affinis*, e deve ser escrita em fonte normal, com ponto de abreviação, e significa que é uma espécie afim, próxima à espécie indicada. A espécie *Guadua lynnclarkiae* foi descrita por Londoño em 2013 e sua distribuição atinge a região de Moyobamba situada no Departamento de San Martín, ao noroeste do Peru, que apresenta entre 800 e 900 m de altitude. A espécie *Guadua lynnclarkiae* Londoño é frequentemente encontrada nas margens dos rios e córregos (Londoño, 2013). No Acre, uma afinidade dessa espécie, na qual denominou-se *Guadua aff. lynnclarkiae* Londoño foi encontrada em 2017 em manchas na Vila do V, que pertence ao município de Porto Acre (Silva et al., 2019). Sementes de bambu oriundas dessas manchas foram plantadas nas proximidades da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (Funtac) em Rio Branco e até hoje carecem de estudos morfológicos e anatômicos.

Complementarmente à morfologia externa, as caracterizações anatômicas (morfologia interna), auxiliam nessa questão da identificação. A anatomia da madeira tem sido muito estudada, sendo um ramo da botânica que se ocupa no estudo dos diversos tipos de células que constituem o lenho (xilema secundário), suas funções, organização, peculiaridades estruturais e relações com a atividade biológica do vegetal (Burger; Richter, 1991). No que tange os colmos de bambu, que são lenhosos, porém possuem estrutura primária de monocotiledônea, o xilema e floema primários estão organizados em feixes vasculares, havendo poucos trabalhos que detalhem sua anatomia (Grosser; Liese, 1971; Londoño et al., 2002; Rodrigues et al., 2020). Sendo assim, pela razão de haver poucos estudos que tratam da anatomia dos colmos de *Guadua aff. lynnclarkiae*, as características anatômicas serão analisadas nesse trabalho e suprirão essa lacuna no conhecimento para a espécie.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

Descrever a morfologia, bem como caracterizar a anatomia dos colmos de *Guadua aff. lynnclarkiae* para fins de identificação botânica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Coletar e descrever características morfológicas de *Guadua aff. lynnclarkiae* em plantio realizado na Funtac;
- Confeccionar exsiccatas de amostras desse material;

- Registrar o material em herbário;
- Caracterizar a anatomia dos colmos com ênfase nos feixes vasculares de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*.

3. METODOLOGIA

3.1 COLETA DO MATERIAL VEGETAL

A coleta do material vegetal foi realizada na cidade de Rio Branco, em área particular adjacente à Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, durante o mês de outubro de 2021, no período matutino, com localização: latitude 9° 11' 50.8'' S e longitude 71° 58' 12,1 W. O material foi coletado em área de baixio, com a presença de palmeiras e lianas, próximo a um curso d'água intermitente.

O espécime possuía, no momento da coleta, altura estimada entre 12 e 14 metros. O indivíduo foi plantado via sementes coletadas próximo ao Rio Purus, às margens do Lago do Silêncio, pelos funcionários da Funtac no ano de 2009. As exsicatas com amostras das folhas e ramos, bem como um pedaço do colmo maduro foi destinado para a identificação botânica no herbário da Ufac e para a caracterização anatômica. A identificação da espécie foi realizada com o auxílio da identificadora botânica Ximena Lodoño. Além da coleta do colmo para identificação, foi confeccionada exsicata para deposição no herbário do Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre (Ufac) sob o número de identificação 22247.

De acordo com Pereira & Beraldo (2007) o colmo jovem apresenta uma coloração mais verde, possui folhas caulinares em seus nós inferiores e, em geral, está localizado na parte externa da touceira. Já os colmos com mais de três anos possuem coloração amarelada, já perderam as folhas caulinares, localizam-se mais ao interior da touceira e apresentam, em sua parede externa, manchas causadas por líquens. Dessa forma, para diferenciação entre colmo jovem e maduro foi avaliada a tonalidade do verde presente no colmo e da coloração do nó. O colmo jovem possui coloração verde-escura lisa e nós de coloração branca, enquanto o colmo maduro possui coloração verde-fosca com presença de líquens e nós sem as marcações brancas. Os colmos maduros foram fracionados com auxílio de um motosserra portátil para a confecção dos corpos de prova para as análises anatômicas.

3.2 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA

As características químicas, físicas e mecânicas do bambu são definidas pela sua constituição estrutural e as propriedades do colmo são determinadas, principalmente, pela estrutura anatômica. Dessa forma, o estudo anatômico pode se constituir como uma importante ferramenta para auxiliar na definição do potencial de uso e melhor forma de utilização das diferentes espécies, além de ser uma área determinante para estudos de taxonomia em bambus (Luís et al., 2017).

Para caracterização anatômica foi utilizada a metodologia utilizada por Grosser & Liese (1971) ao avaliarem a anatomia de 53 espécies de bambus da Ásia e agrupá-las em 4 categorias quanto ao formato, tamanho e agrupamento de feixes vasculares fornecendo a base para um sistema de classificação anatômico para o grupo. Foram utilizadas amostras dos entrenós da região central de colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. Os segmentos de entrenós foram colocados de molho em água por 72 horas (Figura 1a e 1b). Após isso, as larguras das amostras foram reduzidas com faca comum, para o acondicionamento em potes de vidros com álcool 70% (Figura 1c).

Assim, os potes foram submetidos ao cozimento em autoclave por 30 minutos a 120 °C e 1 atm. Devido à perpendicularidade das fibras dificultar os cortes no sentido transversal da amostra, as amostras foram submetidas a secagem a 100°C e cortadas em Serra Circular, padronizando o comprimento em 2,6 cm (Figura 1d). Com o auxílio de um estilete, a largura foi padronizada em 1 cm (Figura 1e). Em seguida, as amostras foram lixadas e submetidas à cortes histológicos transversais em espessuras de 40 um no Micrótomo Leica SM 2010 de deslizes (Figura 1f).



Figura 1 - A) fragmentos do colmo do bambu antes do molho; B) depois do molho; C) fragmentação e acondicionamento em potes de vidro com álcool 70% para cozimento em autoclave; D) padronização do comprimento do comprimento; E) padronização da largura; F) Micrótomo de deslizamento utilizado para os cortes anatômicos. **Fonte:** fotos dos(as) autores(as)

Para montagem das lâminas anatômicas foi realizada a descoloração das paredes celulares com hipoclorito de sódio à 1% por 2 minutos, seguido de lavagem com água destilada três vezes, coloração com Safranina Basic Red por 2 minutos, e submetido a lavagem com álcool em diferentes concentrações sendo elas 50%, 70%, 96% e 100% respectivamente. Em seguida, na capela de exaustão de gases, foram confeccionadas lâmina semipermanentes utilizando Glicerina 1:1 como fixador do tecido e esmalte de base incolor para fixação da lamínula.

As lâminas foram visualizadas utilizando câmera Leica Application Suite em microscópio eletrônico e obtidas imagens a partir do software T-capture com uso da ferramenta Measure para mensurar área e diâmetros dos elementos de vaso.

Para medição dos elementos dos feixes vasculares o experimento foi dividido em três tratamentos ou zonas: periferia, centro e interior. Em cada faixa, 2 quadrados com aumento de 4x, para estimar a quantidade de elementos de vaso por mm^2 .

No aumento de 40x, foram medidas a área e diâmetro de vasos vasculares (xilema e floema) e esclerênquima (fibras) e comparados os valores nas diferentes faixas: periférica, central e interior. Mediu-se 10 feixes vasculares por zona ou faixa. Além disso, de cada elemento de vaso, foram mensuradas 10 células de fibra em espessura média da parede

secundária, totalizando 50 células de fibra por quadrado de 1 mm², e 300 fibras em toda a lâmina. Além disso, buscou-se enquadrar a espécie *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em um dos 4 grupos conforme a variabilidade dos feixes vasculares definido por Grosser e Liese (1971).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na descrição morfológica foi observado que os indivíduos de 13 anos apresentavam altura estimada de 12-14 metros e 8 cm de diâmetro. Foi notado que o nó dessa espécie era solitário e de cor branca nos colmos mais jovens (colmos verdes-escuros e lisos), perdendo a coloração em colmos mais velhos (colmos verdes-foscos). A partir dos colmos observou-se ramos e galhos com espinhos em formato de pequenos ganchos. As folhas verdes apresentavam forma lanceolada que se fechavam ao meio no sentido longitudinal deixando as folhas com um aspecto linear quando os ramos eram retirados dos colmos. Os colmos apresentavam folha caulinar amarronzada e triangular, provida de pequenos tricomas mais escuros que se pareciam com pequenos espinhos e causavam irritações na pele de quem os manuseava.



Figura 2 – Morfologia externa de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. A) Hábito arbórescente e altura de 12-14 metros aos 13 anos de idade; B) aspecto de um ramo com folhas após o corte dos galhos; C) Pequenas folhas caulinares marrons nas ramificações; D) Aspecto do colmo (diâmetro de 8 cm) com ramificações alternas dísticas; E) Ramificação sem folhas evidenciando os espinhos em forma de pequenos ganchos (ramificação alterna dística); F) Folhas caulinares marrons e pubescentes ao redor dos colmos. **Fonte:** fotos dos(as) autores(as)

A estrutura anatômica do colmo de bambu é como de qualquer outra monocotiledônea. A sua forma, tamanho, número e concentração dos feixes mudam continuamente da periferia do colmo para o centro (Grosser; Liese, 1981).

Grosser e Liese (1971) diferenciaram as zonas do colmo do bambu em 4: periférica, transição, central e interior. Para a espécie do presente estudo, não houve a necessidade de diferenciar a zona de transição devido à sua pequena proporção no colmo.

Foi observado que apenas o protoxilema não apresentou nenhuma diferença significativa nas três zonas. Os valores médios de diâmetro são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Média dos diâmetros do metaxilema, protoxilema, floema, espessura das fibras e lúmen na zona periférica, central e interior do corte transversal de colmo de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem significativamente no Teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade.

DIÂMETRO	PERIFERIA	CENTRO	INTERIOR
METAXILEMA	130,4 a	154,15 ab	167,1 b
PROTOXILEMA	55,4 a	64,55 a	62,7 a
FLOEMA	153 a	183,75 a	204 b
ESPESSURA DAS FIBRAS	10,29 a	7,79 b	5,49 c
LÚMEN	9,14 a	5,08 b	5,16 b

O trabalho de Marinho et al. (2014) analisando a anatomia de *Dendrocalamus giganteus* encontrou valores de espessura de fibra de 7,8 um na idade de quatro anos, que é a idade aproximada do colmo de *G. aff. lynnclarkiae* utilizado nas medições do presente estudo. O valor da espessura das fibras na região central foi quase a mesma do estudo, enquanto da região da periferia o valor foi superior. O diâmetro do lúmen foi inferior ao encontrado no trabalho de Marinho et al. (2014) que variou de 6,68 um em colmos mais jovens a 10,22 um em colmos mais velhos, enquanto neste estudo o maior valor de diâmetro do lúmen foi de 9,14 um, encontrado na periferia do colmo maduro.

A zona periférica, é composta por feixes vasculares imediatamente adjacentes ao córtex, que se dispõem geralmente em cadeias mais ou menos orientadas tangencialmente. Grosser & Liese (1981) afirmam que na parte externa do colmo, o tecido condutor dos feixes é muito reduzido e geralmente consiste apenas em 2 pequenos vasos e alguns tubos crivados com suas células companheiras (Figura 5).

Da mesma forma é possível observar que para *G. aff lynnclarkiae*, os valores médios de diâmetro do metaxilema da zona periférica são menores do que os metaxilema da região interior, possuindo espaço celular raramente visível. Apesar disso, as células de fibra da região periférica são relativamente maiores que das outras regiões. A espessura das fibras e o lúmen são 46,6% e 43,5% maiores do que na região interior, respectivamente. Isso mostra que as células das fibras da região periférica do colmo de bambu são mais grossas que as da região central e interior, indicando que a região periférica possui as fibras com maior resistência.

A segunda zona é a mais ampla e a distribuição dos feixes vasculares determina a aparência anatômica do corte transversal. Em direção ao centro do colmo, os feixes vasculares tornam-se maiores e mais amplamente distribuídos (Grosser; Liese, 1971; Londoño et al., 2002). O diâmetro do metaxilema na região central do colmo de *G. aff lynnclarkiae* foram estatisticamente semelhantes aos da periferia, mas diferentes dos diâmetros do interior.

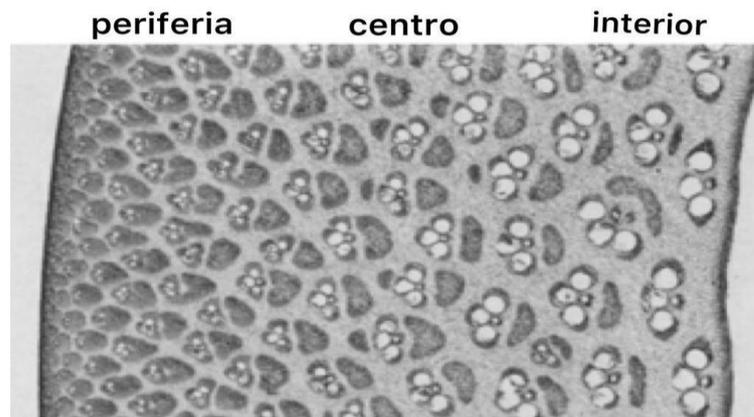


Figura 3 – Representação das regiões ou zonas anatômicas do corte transversal do colmo do bambu. Série de setores através da parede do colmo – *Oxytenanthera nicrociliata*. Extraído de Grosser e Liese (1971) (tradução nossa).

Em direção à parte interna, os feixes vasculares são frequentemente pequenos, simplificados e desorientados (Grosser; Liese, 1971). De fato, o tamanho dos feixes vasculares na região interior é menor devido à menor quantidade de fibras, entretanto o tamanho dos elementos de vaso como metaxilema e floema são 28,4% e 33,3% maiores na região interior em relação à periferia.

A estrutura de um bambu em seção transversal é caracterizada por numerosos feixes vasculares embutidos no tecido fundamental parenquimatoso. Elas são maiores nas partes internas, mas parecem menores e mais densos na periferia (Grosser; Liese, 1971) (Figura 5). Da mesma forma observou-se no presente trabalho que a estrutura transversal do bambu do gênero *Guadua* spp. possui mais feixes vasculares na periferia em relação ao centro. Na

periferia os feixes são mais densos em fibras e menores em seus elementos vasculares. Enquanto no centro e interior, há um espaço maior entre os feixes vasculares e a proporção de fibras é relativamente menor (Figura 6).

Grosser e Liese (1971) afirmam que perto da periferia os feixes são menores e mais numerosos, de modo que há apenas algumas células do parênquima entre eles. O colmo da espécie estudada apresenta em média 16,75, 13,25 e 12,25 feixes vasculares/mm² na periferia, centro e interior. Esses padrões podem ser observados na Figura 6 onde observa-se menor área ocupada por parênquima entre os feixes na periferia enquanto no interior os feixes são mais espaçados por células de parênquima.

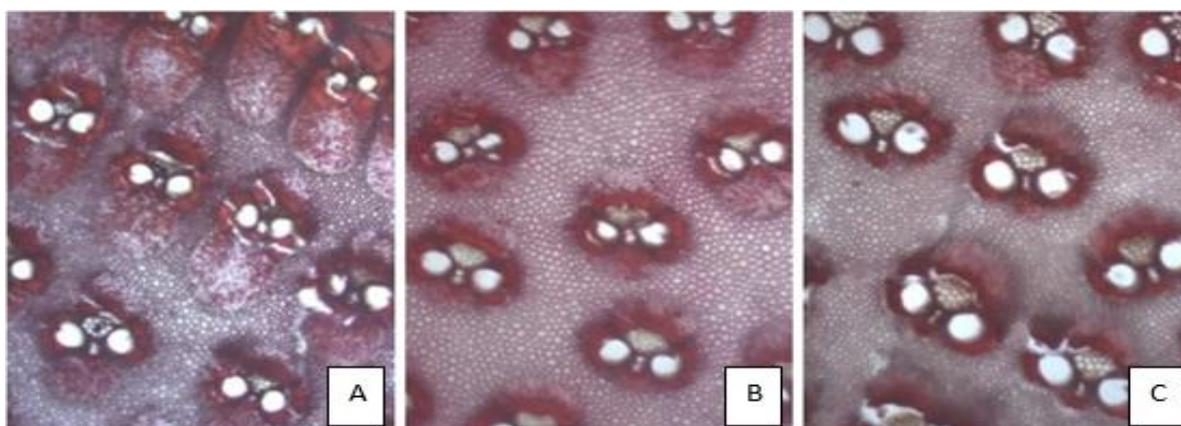


Figura 3 – Feixes vasculares ao longo da parede do bambu *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em aumento com objetiva de 4x em microscópio óptico. Região periférica (A), central (B), interior (C). **Fonte:** fotos dos(as) autores(as)

Utilizando as imagens capturadas no software T-capture, no aumento de objetiva de 10x (Figura 5), buscou-se enquadrar a espécie *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em um dos 4 grupos de acordo com a variabilidade dos feixes vasculares definido por Grosser & Liese (1971).

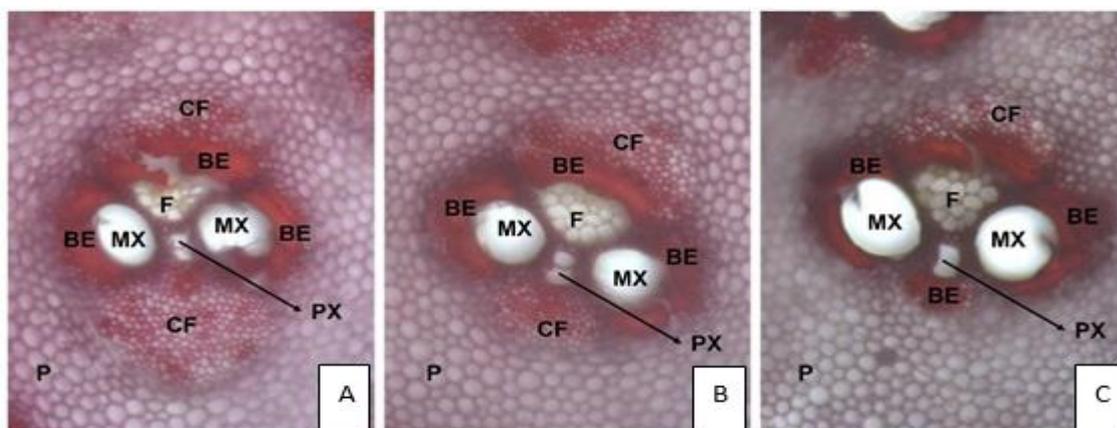


Figura 5 – Feixe vascular do colmo de bambu *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em aumento com objetiva de 10x em microscópio óptico. Feixe vascular da região periférica (A), central (B) e interior (C). Siglas: P

– parênquima; BE – Bainha de esclerênquima (fibras mais densas); CF – cordão de fibras; MX – metaxilema; PX – protoxilema; F – floema. **Fonte:** fotos dos(as) autores(as)

De acordo com Grosser & Liese (1971), o feixe vascular que compõem o grupo I é constituído por tecido de suporte apenas com bainha de esclerênquima e apenas uma fita vascular central, além de possuir protoxilema com tilos. Esse grupo abrange todas as espécies com rizomas leptomorfos ao longo do colmo como único tipo (*Arundinaria*, *Phylostachys*).

O grupo II é constituído por uma fita vascular central, tecido de suporte apenas como bainhas de esclerênquima, bainha de esclerênquima no protoxilema notavelmente maior que as outras e protoxilema sem tilos. Agrupa espécies com rizomas paquimorfos crescendo tanto em formação de colmo único (*Melocanna*) ou em touceiras (*Cephalostachyum*, *Schizostachyum*, *Teinostachyum*).

O grupo III é composto por duas partes (cordão vascular central e um cordão de fibra), sendo o cordão de fibra dentro da fita vascular central, e bainha de esclerênquima no protoxilema geralmente menor que as demais. São comuns em espécies formadoras de touceiras com rizomas paquimorfos (*Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Thyrsostachys*). Em *Melocanna*, *Schizostachyum*, *Teinostachyum* combinam-se nos entrenós de base com o tipo II. Em algumas *Oxytenanthera* spp. ocorre como único tipo em todo o colmo.

O grupo IV é composto por três partes (fita vascular central e dois cordões de fibras), possui cordões de fibras tanto dentro como fora da fita vascular central. Ocorrem em espécies formadoras de touceiras com rizomas paquimorfos (*Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Thyrsostachys*); principalmente nos entrenós da base, raramente na parte média; sempre combinado com o tipo III.

Comparando os dados obtidos com o da literatura, propõe-se que a espécie estudada *Guadua* aff. *lynnclarkiae* se agrupa em um 5º tipo de classificação (tipo V) em que o feixe vascular é constituído por uma parte (fita vascular central), o tecido de suporte apresenta bainhas de esclerênquima dentro da fita vascular central, a bainha de esclerênquima do protoxilema notavelmente é menor que as outras, os cordões de fibra próximos ao protoxilema são condensados junto à fita vascular central, o que foi também observado por Rodrigues et al. (2020) em *Guadua weberbaueri*, além de que os cordões de fibra reduzem de tamanho ao se aproximar da região oca do colmo (interior do colmo). Mais estudos são

necessários para verificar se essas características se mantêm dentro do gênero *Guadua*, ou se é exclusivo de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*.

4. CONCLUSÕES

O estudo descreve a morfologia externa de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em bambus maduros plantados com idade de 13 anos. A altura estimada variou de 12-14 metros e a média do diâmetro do colmo foi de 8 cm. Foram observadas características marcantes como espinhos em forma de pequenos ganchos nos galhos, folha caulinar marrom pubescente, ramificações alternas dísticas.

Com relação à anatomia do colmo maduro, o estudo propõe um novo agrupamento de feixe vascular para o bambu *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. Nesse novo grupo proposto (tipo V) o feixe vascular é constituído por fita vascular central, o tecido de suporte apresenta bainhas de esclerênquima dentro da fita vascular central, a bainha de esclerênquima do protoxilema notavelmente é menor que as outras, os cordões de fibra próximos ao protoxilema são condensados junto à fita vascular central e reduzem de tamanho ao se aproximar do interior do colmo.

Este estudo abre portas para outros estudos anatômicos com o gênero *Guadua* para definir se esse novo tipo de agrupamento é inerente da espécie ou se é conservado dentro do gênero.

REFERÊNCIAS

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

GROSSER, Di; LIESE, W. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to the vascular bundles. **Wood Science and technology**, Alemanha, v. 5, n. 4, p. 290-312, 1971. Disponível: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00365061>

HOSSAIN, M. F.; ISLAM, M. A.; NUMAN, S. M. Multipurpose Uses of Bamboo Plants: A Review. **International Research Journal of Biological Sciences**. Bangladesh, India, v. 4, n. 12, p. 57-60, 2015. Disponível em: <http://www.isca.in/IJBS/Archive/v4/i12/10.ISCA-IRJBS-2015-140.php>

LONDOÑO, X.; CAMAYO, G. C.; RIAÑO, N. M.; LÓPEZ, Y. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. **Bamboo Science and Culture**, Ohio, Estados Unidos da América, v. 16, n. 1, p. 18-31, 2002. Disponível em: <http://www.maderinsa.com/guadua/Anatomia.pdf>

LONDOÑO, X. Dos nuevas especies de *Guadua* para el Perú (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae). **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, Texas,

Estados Unidos da América, v. 7, n. 1, p. 145-153, 2013. Disponível em:
<https://www.jstor.org/stable/24621061>

LONDONO, X.; PETERSON, P. M. *Guadua sarcocarpa* (Poaceae: Bambuseae), a new species of Amazonian bamboo with fleshy fruits. **Systematic Botany**, Missouri, Estados Unidos da América, v. 16, n. 4, p. 630-638, 1991. DOI: 10.2307/2418866

LONDOÑO, X.; ZURITA, E. Two new species of *Guadua* (Bambusoideae: Guaduiniae) from Colombia and Bolivia. **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, Texas, Estados Unidos da América, v.2, n. 1, p. 25-34, 2008. Disponível em:
<https://www.jstor.org/stable/41971599>

LUÍS, Z. G. L.; NOGUEIRA, J. S.; RIBEIRO, D. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de bambu (Poaceae, Bambusoideae). In: DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil: da biologia a tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: ICH, 2017. p. 42-59. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>.

MARINHO, N. P.; NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B. Avaliação das dimensões das fibras de colmos de bambu, *Dendrocalamus giganteus* (Wall) Munro, em diferentes idades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 24, p. 251-256, 2014. DOI:
<https://doi.org/10.5902/1980509813342>.

MATOS, F. J. A. **Introdução à fitoquímica experimental**. Campina Grande, PB: Editora UFC. 3. ed. 2009. 150p.

PEREIRA, M. A. D. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru, SP: Canal 6 Editora, 231p. 2007.

RODRIGUES, Y. A. S.; SANTOS, S. K. F.; COSTA, F. H. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. B.; BARBOSA, D. B.; LOBÃO, M. S.; ALCÂNTARA, B. K. Anatomical characterization of the roots, leaves and culms of *Guadua weberbaueri* in different growing environments. **Advances in Forestry Science**, Mato Grosso, v. 7, n. 2, p. 1025-1033, 2020. DOI: 10.34062/afs.v7i2.9366.

SILVA, S. M. M.; PEREIRA, J. E. S.; SILVA, W. C. Conservação de diversidade de bambu *Guadua* no Acre. In: SIVIERO, A.; SANTOS, R. C.; MATTAR, E. P. L. (Orgs.) **Conservação e tecnologias para o desenvolvimento agrícola e florestal no Acre**, 1. ed. Rio Branco: Ifac, 2019. p. 61-77. Disponível em:
<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1120468>.

SILVEIRA, M. **A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia: padrões e processos em múltiplas escalas**. 2001. 109f., il. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

Capítulo 5

**ENSAIOS DE APODRECIMENTO
ACCELERADO DE COLMOS DE *Guadua*
aff. lynnclarkiae POR FUNGOS
XILÓFAGOS EM LABORATÓRIO**

**ACCELERATED ROTTING TESTS OF *Guadua*
aff. lynnclarkiae CULMS USING XYLOPHAGE
FUNGI IN LABORATORY**

ALANA K. M. DA SILVA
NEILA C. DE L. FERNANDES
MOISÉS S. LOBÃO

RESUMO

A cultura do bambu, embora milenar, tem sua utilização e o desenvolvimento de pesquisas em sua maioria restritas aos países orientais, onde se encontram a maioria das espécies de bambus. Considerado renovável e de baixo custo, encontrado em abundância em regiões tropicais e subtropicais. No entanto, por ser um material biológico, está sujeito a se deteriorar pela ação de fungos xilófagos, podendo apresentar vida útil de três anos. Para o aumento da sua durabilidade, usa-se de duas maneiras: por procedimentos naturais ou pelo seu tratamento com produtos químicos sintéticos. Diante do exposto, esse trabalho objetiva avaliar a eficiência do uso do óleo essencial de folhas de pimenta longa, em substrato de produtos naturais e residuais para aumentar a resistência do colmo de bambu (*Guadua* aff. *lynnclarkiae*) contra o ataque de fungos xilófagos. Os corpos de prova desse estudo foram submetidos a tratamentos preservativos através do método de banho quente-frio com soluções preservantes do óleo essencial das folhas de pimenta longa com produtos naturais, com extrato de ácido tânico e produtos residuais como óleo de cozinha, para posterior avaliação das características anatômicas dos colmos submetidos a ensaios de apodrecimento acelerado por fungos inoculados. De modo geral, podemos concluir que o tratamento com óleo residual junto a testemunha apresentou maior área afetada pelos fungos, no entanto, o óleo residual foi afetado superficialmente.

Palavras-chave: Bambu gigante; Xilófagos; Tratamento preservativo; Ensaio de apodrecimento.

ABSTRACT

Bamboo culture, although millenary, has its use and research development mostly restricted to eastern countries, where most bamboo species are found. Bamboo is considered a renewable and low cost material, furthermore it is found in abundance in tropical and subtropical regions. However, as it is a biological material, the deterioration occurs due to the action of xylophagous fungi, and may have a shelf life of three years. To increase its durability, there are two ways of preservation: natural processes or by treating it with synthetic chemicals. This work evaluated the efficiency of the essential oil from long pepper leaves for use in culms preservation. The oil where mixed in natural and residual substrates in order to increase the resistance of bamboo culms (*Guadua* aff. *lynnclarkiae*) against the attack of xylophagous fungi. The specimens of this study were selected for preservative treatment products through

the cold bath method. In this method preservative solutions with oil from long pepper leaves and tannic acid extract (natural substrate) were compared with residual products such as cooking oil. The anatomical characteristics of stems were evaluated under accelerated rot assays by inoculated fungi. It was observed that culms treated with residual oil presented elevated areas with fungi, however, they affect the culms superficially.

Keywords: Giant bamboo; xylophages; Condom treatment; Rotting tests.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do bambu, embora milenar, tem sua utilização e o desenvolvimento de pesquisas em sua maioria restritas aos países orientais, onde se encontram a maioria das espécies de bambus, com exceção feita ao gênero *Guadua*, originário da América, sendo muito utilizado na Colômbia e Equador, e possuindo várias espécies nativas no Brasil (Pereira; Beraldo, 2007).

No Brasil a ocorrência do bambu nativo está concentrada na região Sudoeste da Amazônia, destacando-se o Estado do Acre, onde 38% de suas florestas são compostas por várias espécies de bambus lenhosos, tais como *Guadua weberbaueri*, *G. sarcocarpa* (Judziewicz et al., 1999). Nessa região, há ocorrência de bambus nativos perfazendo uma área de cerca de 600 mil hectares, denominadas áreas de tabocais, incluindo além dos Estados do Acre e sul do Amazonas, as regiões vizinhas da Bolívia e do Peru, sendo esse local considerado a maior área contínua de bambu nativo existente no mundo (Lima et al., 2012).

O bambu por ser um material biológico, está sujeito a se deteriorar pela ação de fungos xilófagos, podendo em alguns casos apresentar uma vida útil entre um a três anos se não for tratado e entre dez a quinze anos ou mais quando for feito um prévio tratamento preservativo (Pereira; Beraldo, 2007).

Entre os fungos responsáveis pelo apodrecimento dos materiais lignocelulósicos do bambu, destaca-se a classe dos basidiomicetos, na qual se encontram os fungos responsáveis pela chamada podridão parda e podridão branca, que possuem características enzimáticas próprias, quanto à deterioração dos constituintes químicos lignocelulósicos. Os primeiros deterioram os polissacarídeos (celulose e hemiceluloses) da parede celular, enquanto os últimos atacam, indistintamente, tanto os polissacarídeos quanto a lignina (Zabel; Morrell, 1992).

Logo, verifica-se que para o uso racional do bambu é necessário que haja o prévio tratamento preservativo contra organismos xilófagos, pois um dos seus inconvenientes é a rápida deterioração, devido à constituição anatômica formada por feixes fibrovasculares circundados por tecido parenquimatoso, rico em substâncias de reserva na forma de amido (Beraldo; Azzini, 2004).

Além disso, atualmente, diversos tratamentos preservativos do colmo de bambu são feitos a partir do uso de substâncias químicas sintéticas que trazem problemas ambientais por apresentarem substâncias tóxicas como metais pesados (Espelho; Beraldo, 2008). Diante disso, no decorrer dos últimos anos diferentes abordagens ecologicamente compatíveis estão sendo usadas e entre elas destaca-se o uso de produtos naturais e residuais (Saxena; Pandey, 2001).

Portanto, o objetivo desse trabalho busca avaliar a eficiência do uso do óleo essencial de folhas de pimenta longa, em substrato de produtos naturais e residuais para aumentar a resistência do colmo de bambu (*Guadua* aff. *lynnclarkiae*) contra o ataque de fungos xilófagos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência do uso do óleo essencial de folhas de pimenta longa, em substrato de produtos naturais e residuais para aumentar a resistência do colmo de bambu (*Guadua* aff. *lynnclarkiae*) contra o ataque de fungos xilófagos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar e identificar os colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* localizados na Vila do V, no município de Porto Acre;
- Isolar e promover o crescimento dos fungos xilófagos do colmo de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* para posterior inoculação nos corpos de prova;
- Inocular os fungos xilófagos em colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* testemunha e em colmos tratados com soluções preservantes feitas com óleo essencial das folhas de pimenta longa utilizando-se como substratos produtos naturais (extrato de ácido tânico), comerciais (boro) e produtos residuais (óleo de cozinha);
- Realizar de ensaios de apodrecimento em laboratório;

- Avaliar a perda de massa e a área afetada por fungo xilófago no colmo de bambu.

3. METODOLOGIA

3.1 COLETA DE AMOSTRAS

O experimento foi conduzido no laboratório de Anatomia e Tecnologia da Madeira - LabMad da Universidade Federal do Acre, localizada na BR- 364, km 04, de coordenadas geográficas 9° 57' 26" S e 67° 52' 25" W, Bairro Distrito Industrial, distante 7 km do centro da cidade de Rio Branco - Acre, onde foram feitas coletas de 3 colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* utilizados no trabalho, nos meses de setembro e outubro, sendo realizada numa população da espécie localizada na Vila do V, no município de Porto Acre, de coordenadas geográficas 9° 34' 35" S e 67° 33' 3" O. As amostras previamente selecionadas são de bambus maduros e com altura superior a três metros cada.

A retirada das amostras de bambu previamente escolhidas foi realizada com auxílio de um facão e fita métrica e posteriormente levadas para o LabMad, no qual foram seccionadas utilizando uma serra circular. Após a retirada das partes referentes a base, meio e topo, cortadas em secções de aproximadamente 1 metro de comprimento. Imediatamente foi seccionado novamente com uso do terçado, amostras de taliscas contendo 12 amostras de cada seção (base, meio e topo) possuindo 3 cm de largura e 5 cm de comprimento, perfazendo 108 taliscas no total de colmo de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*.

Posteriormente, foram selecionados aleatoriamente trinta e seis amostras e divididas em partes iguais com 9 taliscas do colmo para cada tratamento (testemunha, óleo residual + óleo de pimenta longa; óleo de tanino + óleo de pimenta longa e borato de cobre + óleo de pimenta) para realizar o processo de tratamento dos corpos de prova.

3.2 COLETA E PREPARO DO SOLO

O solo utilizado neste trabalho foi coletado no mês de novembro, nas mediações do laboratório de Anatomia e Tecnologia da madeira, postos em sacos plásticos transparentes perfurados com auxílio de bisturi para uma melhor assepsia, e autoclavados por 2 horas em autoclave vertical em método de esterilização por calor úmido para a eliminação de possíveis agentes xilófagos do solo (figura 1).



Figura 1. Perfuração e autoclavagem do solo para eliminação de possíveis agentes xilófagos do solo. **Fonte:** fotos dos(as) autores(as)

3.3 OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL E EXTRATO TÂNICO

Para a obtenção do óleo essencial de folhas de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) utilizou-se as folhas que foram coletadas no município de Bujari – Acre e posteriormente transportado para Laboratório de Anatomia e Tecnologia da Madeira – LabMad. A extração do óleo essencial se deu com a secagem das folhas na estufa 85°C e trituradas, sendo submetidas ao fervor em álcool durante 30 minutos, seguidamente o óleo foi retirado e acondicionando em um frasco de vidro âmbar envolto com papel alumínio, mantendo-se sobre refrigeração.

Para o extrato tânico de pseudocaulos de bananeira foram utilizadas cascas obtidas de indivíduos adultos de banana cumprida (*Musa paradisiaca*) em uma propriedade particular no município de Rio Branco – Acre (Coordenadas geográficas 9°56'52.4”S 67°50'59.6”W). Os pseudocaulos foram removidos com auxílio de ferramentas manuais no qual foram cortados para fazer o preparo do extrato tânico. Logo depois o pseudocaulo foi colocado em cinco litros de água destilada e levado ao fogo em temperatura de 85°C durante 02 horas. Após este período o material foi peneirado, retirando apenas a parte líquida contendo o extrato tânico.

3.4 MÉTODOS DOS PROCESSOS DE PRESERVATIVOS DOS TRATAMENTOS

Os corpos de prova foram submetidos ao processo de preservação dos tratamentos com aplicações feitas através dos seguintes métodos:

- **Banho quente-frio com tanino + óleo de pimenta longa:** Os colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* foram submetidos ao tratamento preservativo com banho quente-frio que foram submersos em um tanque de preservação, no qual o extrato tânico foi misturado com a

solução de óleo essencial das folhas de pimenta longa extraído em solução alcoólica na proporção de 50%, aquecido a uma temperatura de 85°C. Após permanecer 30 minutos nesta temperatura, os colmos foram colocados com a outra ponta onde permaneceu por mais 30 minutos, imediatamente foram imersos na mesma solução de extrato tânico e óleo essencial de pimenta longa, a temperatura ambiente para promover o choque térmico para que a substância permaneça em seus poros onde permaneceram imersas durante três dias.

- **Banho quente-frio com tanino e óleo residual de cozinha + óleo de pimenta longa:** Os colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* foram submetidos ao tratamento preservativo com banho quente-frio que foram submersos em um tanque de preservação, no qual o óleo residual foi misturado com a solução de óleo essencial das folhas de pimenta longa extraído em solução alcoólica na proporção de 50%, aquecido a uma temperatura de 85°C. Logo após seguiu se os mesmos procedimentos do item 3.4.1.
- **Tratamento preservativo com borato de cobre (CCB):** O tratamento das taliscas foi através da imersão em solução de CCB contendo 20 gramas de bórax e 20 gramas de sulfato de cobre para 20 litros de água. Adicionando 4 mililitros de ácido acético à mistura e deixar na solução conservante por uma semana para melhor absorção.
- **Testemunhas:** Foram separadas amostras testemunhas, sem nenhum tratamento preservativo, no qual foram secas em estufa a temperatura de 85° com duração de 72 horas.

3.5 ENSAIOS DE APODRECIMENTO ACELERADO EM LABORATÓRIO

Os tratamentos foram combinados tendo como base os fungos apodrecedores e a espécie de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*, sendo adotados para cada tratamento (Testemunha; Extrato Tânico + óleo de pimenta longa; Óleo Residual de Fritura + óleo de pimenta longa; Borato de Cobre) duas repetições, totalizando 36 corpos de prova para a execução do projeto.

O isolamento dos fungos apodrecedores inoculados nas amostras foi realizado a partir dos corpos de prova de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*, postos para crescer em placas de Petri em meio BDA (batata dextrose ágar), com as seguintes identificações de controle: Táxon B (sem identificação) e Táxon 12 (*Fusarium oxysporum*) em uma concentração de 1%, durante 10 dias. Esses fungos foram adquiridos do trabalho de dissertação Mestrado em Ciência e Inovação Tecnológica na Amazônia pela Universidade Federal do Acre de Fernanda Viana Diniz (Diniz, 2020).

Os corpos de prova foram acondicionados em 8 caixas de plástico de dimensões 24,5 x 29,0 x 40,5 cm contendo solo de substrato autoclavado. Para cada tratamento foi destinada duas caixas plásticas (caixa 1 e caixa 2), sendo uma para cada espécie de fungo apodrecedor. As amostras foram esterilizadas em Câmara Asséptica com luz Ultravioleta durante 15 minutos e após estarem estabilizados em ambiente de laboratório, foram acondicionados nas bandejas plásticas e disposto verticalmente no solo, simulando sua disposição natural na floresta, com aproximadamente 2 cm de comprimento acima da superfície do solo, como sugerido por Machek et al. (2004). Para cada tratamento foram destinadas 10 amostras, sendo 5 amostras para cada bandeja.

Os fungos foram retirados das placas de Petri (utilizando a parte das bordas, parte mais jovem) com auxílio de plus de 5 mm de diâmetro e inoculados nas laterais das amostras de bambu, 1 em cada lado, resultando em 2 inóculos por corpo de prova, excluindo as amostras testemunha (figura 2). Consequente as amostras foram umedecidas com água destilada autoclavada para criar um microclima ideal para crescimento e colonização dos microrganismos. Nas caixas de numeração 1, foi inoculado o fungo táxon 12 e nas caixas de numeração 2, foi inoculado o fungo táxon B.

As caixas foram vedadas, simulando uma câmara úmida e posta em ambiente com iluminação controlada com a mesma irradiação para todas as bandejas. Os corpos de provas foram umedecidos semanalmente até atingir seu ponto de saturação a examinadas quanto a presença e proliferação dos fungos.



Figura 2. Fungos inoculados nas amostras de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. **Fonte:** fotos dos(as) autores(as)

Realizou-se a retirada de amostras fúngicas transferidas para lâminas para avaliação microscópica. Os corpos de provas foram retirados das caixas plásticas, após um período de 237 dias, para análise de dados, quanto ao teor de umidade, perda de massa e área afetada pelos fungos.

As áreas de infestação dos fungos foram dimensionadas criando-se um quadrado no programa *Microsoft PowerPoint-2016*, posteriormente dividido em quatro partes, correspondentes a 25%, 50%, 75% e 100% (Figura 3).



Figura 3. Método para avaliar a porcentagem de ataque dos fungos nas amostras conforme parte quadrado.
Fonte: fotos dos(as) autores(as).

Depois foram anexadas as fotos retiradas dos corpos de prova e o quadrado criado era centralizado na imagem (Figura 4) para analisar a porcentagem de ataque de fungos presente nos respectivos tratamentos preservativos.



Figura 4. Dimensionamento da área de infestação fúngica em diferentes partes do bambu. **Fonte:** fotos dos(as) autores(as).

As imagens microscópicas procederam-se com uso de corante, lâmina e fita adesiva. O corante foi utilizado para a coloração da amostra fúngica sobre a lâmina, a fita adesiva, para a retirada da amostra do corpo de prova. As lâminas foram observadas em microscópio ótico com objetiva de 40 x, o tipo da hifa, disposição e formação de esporos.

3.6 PERDA DE MASSA

Após o período de 237 dias de ensaio de biodeterioração, os corpos de prova foram limpos e secos em estufa até obter-se a constância de massa. A seguir, os corpos de prova foram submetidos novamente à pesagem para determinação da perda de massa através da porcentagem da diferença entre massa inicial e após a biodeterioração e pelo quadro de classes de resistência, determinado pela norma ASTM D 2017/05 (ASTM, 2005), conforme determinado pela equação:

$$PM = \frac{mi - mf}{mf} \times 100$$

Onde:

PM: perda de massa (%)

Mi: massa inicial (g)

Mf: massa final (g)

3.7 ANÁLISE DE DADOS

Após esses procedimentos, foram obtidos os resultados de perda de massa em porcentagem e esses foram submetidos a Análise de Variância (Anova), sendo aplicado o teste de Duncan a 95% de probabilidade para comparação das médias entre a testemunha e os diferentes tratamentos realizados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEOR DE UMIDADE

Após a realização dos diferentes tratamentos preservativos, os resultados da análise de variância aplicados ao teste de Duncan a 95% de probabilidade, mostrou que as características físicas dos corpos de prova do *Guadua aff. lynnclarkiae*, apresentaram diferença significativa no teor de umidade em relação as amostras submetidas ao tratamento de boro e tanino com

fungos xilófagos inoculados (Figura 5). O tratamento composto por borato de cobre (boro), apresentou um menor teor de umidade quando comparado a testemunha e os demais tratamentos, sendo que o mesmo apresentou uma menor perda de massa.

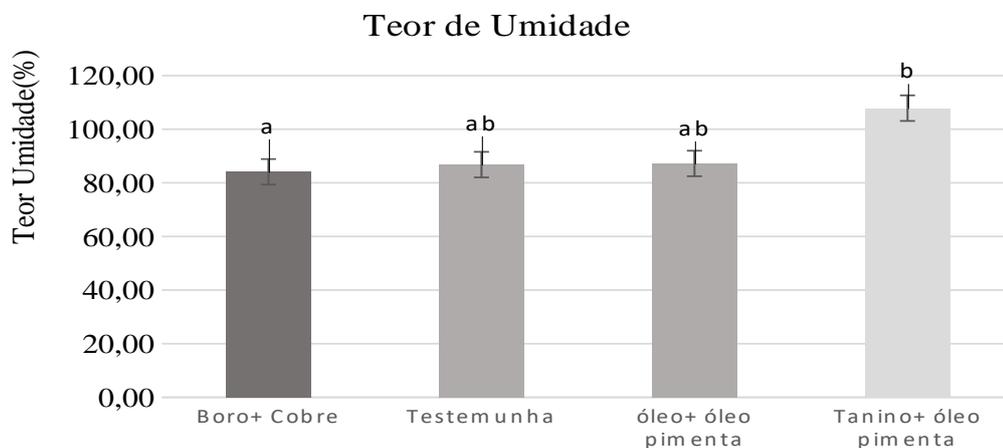


Figura 5. Média das propriedades físicas de teor de umidade das amostras de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* submetidas aos tratamentos preservativos extrato de tanino (tanino), borato de cobre (boro), óleo residual de fritura (óleo) e amostras sem tratamento conservante (controle) (*Letras diferentes mostram que há diferença significativa ($p < 0,05$) com intervalo de confiança de 95%).

Na análise de dados, verificou-se que o tratamento com tanino apresentou maior valor de teor de umidade de 107,867 em relação ao controle e demais tratamentos, apesar de diferir estatisticamente da testemunha e do óleo residual ($p < 0,05$). Para Rosalino e Valle (2017), a redução da umidade interna eleva a resistência do material, reduzindo a o ataque de organismos xilófagos, além da manutenção do comportamento da amostra devido à baixa retração do material após a estabilização de sua umidade, o que não é observado na amostra composta pelo preservativo tanino + óleo de pimenta longa.

4.2 PERDA DE MASSA

Ao observar o percentual de perda de massa dos colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*, entre os diferentes tratamentos preservantes e a testemunha, verificou-se que houve diferença significativa entre a testemunha e óleo residual de cozinha+ óleo de pimenta longa e boro, e no caso do tanino + óleo de pimenta longa, apesar dos resultados serem inferiores, a diferença não foi significativa quando comparado a testemunha, ficando de forma intermediária entre a testemunha e os demais tratamentos (Figura 6).

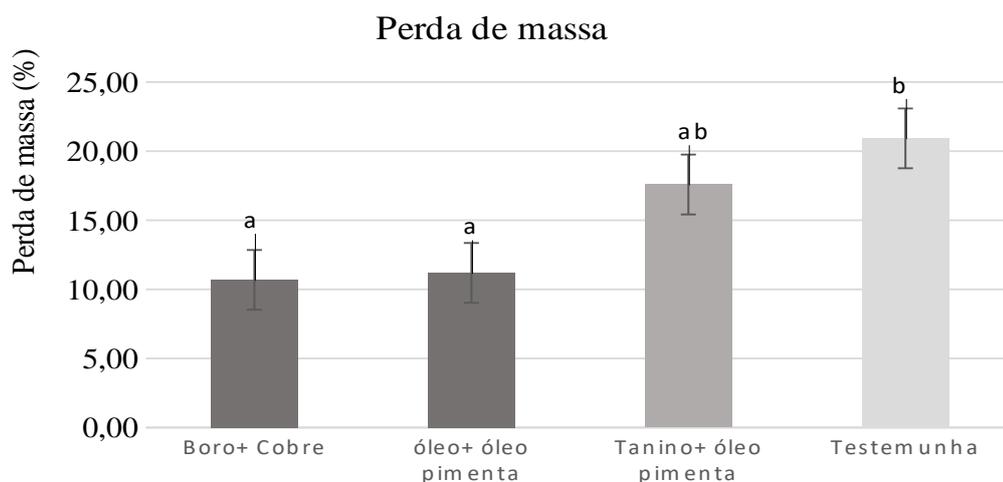


Figura 6. Média das propriedades físicas perda de massa das amostras de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* submetidas aos tratamentos preservativos extrato de tanino (tanino), borato de cobre (boro), óleo residual de fritura (óleo) e amostras sem tratamento conservante (controle) (*Letras diferentes mostram que há diferença significativa ($p < 0,05$) com intervalo de confiança de 95%).

Os resultados demonstraram maior sensibilidade dos fungos apodrecedores utilizados no experimento frente ao extrato de boro e óleo residual+ pimenta longa, a qual apresentou redução do crescimento da colônia fúngica em todas as amostras testadas. Resultados semelhantes ao encontrado por Diniz (2020) ao utilizar o extrato de *Hypoxylon fendleri* (2.5702) em amostras de bambu utilizadas para a construção civil.

Existem relatos comprovando na literatura a existência de alguns gêneros fúngicos associados à degradação do colmo de bambu. Em estudo envolvendo o gênero *Guadua*, foram identificadas 56 espécies de fungos, sendo os mais recorrentes *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* e *Botryodiplodia* (Diniz, 2020; Ma et al., 2009). Calegari et. al. (2014) observou que extratos tânicos associadas a sais de boro em madeira de Samaúma apresentaram lixiviação alta, devido a esses extrativos e sais se deslocarem isoladamente da solução à madeira, não sofrendo complexação. Além disso, os produtos ficaram acumulados na superfície da madeira, não ocorrendo sua penetração, motivo pelo qual foram facilmente removidos pela umidade. O que pode explicar a perda de resistência a biodeterioração do tratamento tanino+pimenta, a qual não teve diferença significativa na perda de massa comparado aos colmos testemunha (sem tratamento).

4.3 ÁREA DE FUNGOS

Encontram-se nos resultados da avaliação do grau de sanidade das amostras, em média, para o ensaio em laboratório, que a testemunha por não conter nenhum preservante, mostrou maior área afetada (93,402%) pelos fungos, quando comparadas as amostras compostas de óleo residual de cozinha + óleo de pimenta longa (92,361%), porém os resultados não diferenciam estatisticamente entre si.

Em relação à área afetada pelos fungos, apesar dos resultados demonstrarem estatisticamente igualdade entre o óleo residual + óleo de pimenta longa e a testemunha, pode se perceber que no óleo residual + óleo de pimenta longa o ataque superficial e não houve formação de cogumelos ou deterioração da amostra como na testemunha (figura 7).

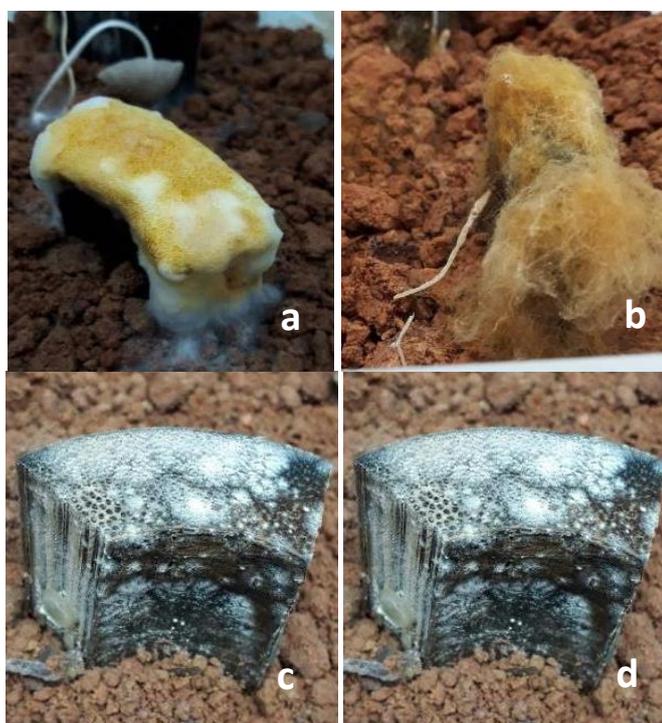


Figura 7. Área afetada pelos fungos nos diferentes tratamentos em *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. a) Testemunha; b) Tanino + óleo de pimenta longa; c) Óleo residual de cozinha + óleo de pimenta longa e d) Borato de cobre. **Fonte:** fotos dos(as) autores(as).

Considera-se que a percentagem de área de fungos obtido através dos diferentes tratamentos preservativos e a testemunha ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) entre o borato de cobre (boro), tanino + pimenta longa em relação ao tratamento com óleo residual + pimenta longa e a testemunha (sem tratamento), podendo observar na figura 8.

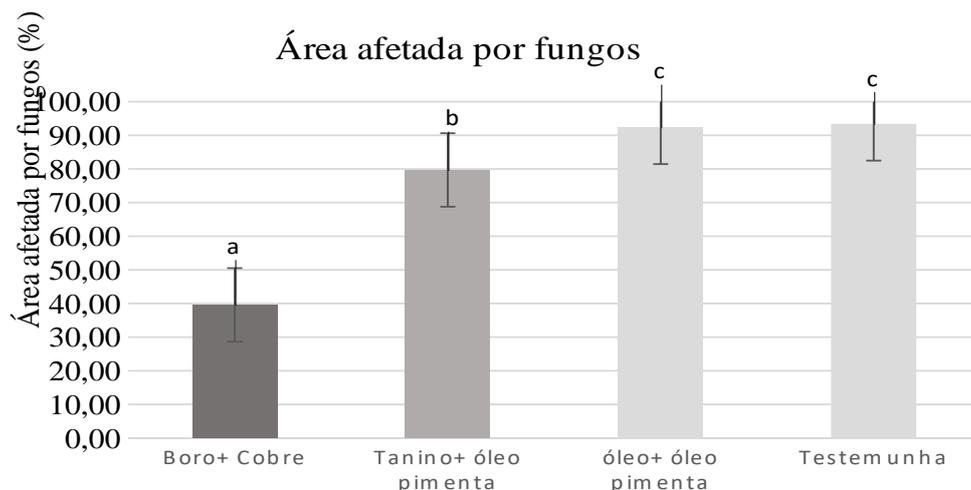


Figura 8. Média da área de ataque de fungos das amostras de *Guadua* sp. submetidas aos tratamentos preservativos extrato de tanino (tanino), borato de cobre (boro), óleo residual de fritura (óleo) e amostras sem tratamento conservante (controle) (*Letras diferentes mostram que há diferença significativa ($p < 0,05$) com intervalo de confiança de 95%).

5. CONCLUSÕES

De modo geral, podemos concluir que o tratamento com óleo residual+ óleo de pimenta longa junto a testemunha apresentou maior área afetada pelos fungos, no entanto, o óleo residual foi afetado superficialmente, mostrando ser esse tratamento promissor para o uso em locais externos sujeitos a intempéries.

Já o tratamento com tanino + pimenta longa não apresentou diferença estatística em relação aos demais tratamentos e a testemunha, tendo uma perda de massa intermediária entre os tratamentos e a testemunha, mostrando ser esse tratamento promissor para o uso somente em locais internos, onde não há influência das intempéries.

Nos ensaios de apodrecimento acelerado com colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*, expostos aos fungos deterioradores táxon B (sem identificação) e táxon 12 (*Fusarium oxysporum*), mostrou haver uma tendência de menor perda de massa e menor área afetada nas mostras submetidas ao tratamento de borato de cobre, o qual teve influência pelo teor tóxico do produto e pela menor absorção de umidade no interior da amostra, que a torna mais resistente a ataques de organismos xilófagos.

REFERÊNCIAS

- ASTM, D. Standard test method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. **American Society for Testing Materials**, West Conshohocken, Pensilvânia, Estados Unidos da América, 2005. Disponível em: <https://www.astm.org/d2017-05.html>.
- BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Bambu: características e aplicações**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2004. 180p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283360667_Bambu_Caracteristicas_e_aplicacoes.
- CALEGARI, L.; LOPES, P. J. G.; SANTANA, G. M.; STANGERLIN, D. M.; OLIVEIRA, E.; GATTO, D. A. Eficiência de extrato tânico combinado ou não com ácido bórico na proteção da madeira de *Ceiba pentandra* contra cupim xilófago. **Floresta**, Viçosa, MG, v. 44, n. 1, p. 43-52, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/14823>.
- DINIZ, F. V. **Bioprospeção de fungos endofíticos de *Guadua* spp. com potencial para o tratamento preservativo de bambu para fins de construção civil**. 2020. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia.) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2020. Disponível em: <http://www2.ufac.br/cita/dissertacoes/2020/fernanda-viana-diniz.pdf>.
- ESPELHO, J. C. C.; BERALDO, A. L. Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 12, p. 645-652, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000600012>.
- JUDZIEWICZ, E.J.; CLARK, L. G.; LONDOÑO, X.; STERN, M. J. **American bamboos**. Smithsonian Institution Press, Washington DC. 1999. 392p. Disponível em: [Bambus americanos.20016783787](https://www.scribd.com/document/20016783787).
- LIMA, D. N.; AFONSO, D. G.; PONTES, S. M. A. Análise comparativa da estabilidade dimensional de 02 espécies de bambu ocorrentes na Amazônia Ocidental. *In: Anais do 4º Congresso Paranaense*. 2012, Curitiba, PR, **Anais [...]** Curitiba: Universidade Federal de Curitiba, 2012. p. 10-14. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140982/1/25974.pdf>.
- MA, X.; JIANG, M.; LU, W.; QIN, D.; LIN, Y.; KE, X.; YAN, J. Study on the biological characteristics of stain fungi and mould fungi on bamboo wood. **Forest Research**, Beijing, Pequim, v. 22, n. 6, p. 819-823, 2009. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/2efbea5eff5336a50507eceb1f1a9f84/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2049649>.
- MACHEK, L.; EDLUND, M. L.; SIERRA-ALVAREZ, R.; MILITZ, H. A non-destructive approach for assessing decay in preservative treated wood. **Wood Science and Technology**, Alemanha, v. 37, p. 411-417, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00226-002-0161-5>.
- PEREIRA, M. A. D. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Canal 6 Editora, 2007. 231 p. ISBN: 9788579173936.

ROSALINO, F.; VALLE, I. M. R. Pré-fabricação de treliças de bambu para coberturas. *In:* Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos, 1, 2017. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 2017. DOI: 10.17648/tecsic-2017-72097. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/tecsic/article/view/2429>.

SAXENA, S.; PANDEY, A. K. Microbial metabolites as eco-friendly agrochemicals for the next millennium. **Applied microbiology and biotechnology**, Berlim, v. 55, n. 4, p. 395-403, 2001. DOI: 10.1007/s002530000517

ZABEL, ROBERT A.; MORRELL, JEFFREY J. Wood Microbiology: Decay and its Prevention. **UK: Academic Press Inc**, Londres, 1992. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjct55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1317981](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjct55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1317981)

Capítulo 6

**AVALIAÇÃO DO USO DO ÓLEO
ESSENCIAL DE PIMENTA LONGA
EM SUBSTRATO DE PRODUTOS
NATURAIS E RESIDUAIS NA
PRESERVAÇÃO DO COLMO DE
*Guadua aff. lynnclarkiae***

**EVALUATION OF THE LONG PEPPER
ESSENTIAL OIL USE IN THE SUBSTRATE OF
NATURAL AND WASTE PRODUCTS IN THE
PRESERVATION OF *Guadua aff. lynnclarkiae***

JÉSSICA N. SILVA
NEILA C. DE L. FERNANDES
MOISÉS S. LOBÃO

RESUMO

O bambu é um recurso natural renovável e de baixo custo, encontrado em abundância em regiões tropicais e subtropicais, porém, a maior parte das espécies são susceptíveis ao ataque de fungos e insetos. Pode-se aumentar a durabilidade dos colmos de bambu de duas maneiras: por procedimentos naturais ou pelo seu tratamento com produtos químicos sintéticos. Portanto, esse trabalho objetiva avaliar a eficiência do uso do óleo essencial de folhas de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC), em substrato de produtos naturais e residuais para aumentar a resistência do colmo de bambu (*Guadua* aff. *lynnclarkiae*) contra o ataque de fungos xilófagos. Foram realizadas as seguintes etapas: i) coleta e identificação de colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*; ii) tratamento dos colmos com óleo essencial de folhas de pimenta longa em substrato de tanino de pseudocaule de bananeira e de óleo residual de fritura; iii) realização de ensaios de apodrecimento acelerado em laboratório e em campo de apodrecimento; e iv) avaliação de perda de massa, para avaliar a eficiência desses tratamentos para aumentar a durabilidade dos colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*.

Palavras-chave: Bambu gigante; Fungos; Biodeterioração; Tratamento Preservativo.

ABSTRACT

Bamboo is a renewable and low cost material, furthermore it is found in abundance in tropical and subtropical regions, however, most species are susceptible to the attack of fungi and insects. The durability of bamboo culm can be increased using in two methods: by natural procedures or by its treatment with synthetic chemicals. Therefore, this work aims to evaluate the efficiency of the essential oil from long pepper leaves (*Piper hispidinervum* C. DC) to use with natural substrate and residual products to increase the resistance of bamboo culms (*Guadua* aff. *lynnclarkiae*) against the attack of xylophagous fungi. The following steps were performed: i) collection and identification of *Guadua* aff. *lynnclarkiae* culm; ii) treatment of stems with essential oil from long pepper leaves mixed with tannin substrate of banana pseudostem and fried waste oil; iii) performance of accelerated rot tests in the laboratory and in the field of rot; and iv) evaluation of mass loss and physical-anatomical characteristics to evaluate the efficiency of these treatments to increase the durability of *Guadua* aff. *lynnclarkiae* culm.

Keywords: Giant bamboo; Fungi; Preservative Treatment; Biodeterioration.

1. INTRODUÇÃO

Diante de um modelo de desenvolvimento predatório e concentrador de riquezas hoje existente na fronteira agrícola dos Estados Amazônicos, com base na expansão da pecuária extensiva, a Reserva Extrativista origina-se como crítica aos desmatamentos crescentes ocorridos na Amazônia, desde a década de 70, transformando imensas áreas de florestas, ricas em biodiversidade em campos de pastagens (Cunha, 2001).

Nessa região do Sudoeste da Amazônia, onde na década de 70 houve grande resistência por parte dos seringueiros contra o avanço da pecuária, destacando-se o Estado do Acre, é onde 38% de suas florestas são compostas por várias espécies de bambus lenhosos, tais como *Guadua weberbaueri*, *G. sarcocarpa* (Judziewicz et al., 1999). Nessa região, há ocorrência de bambus nativos perfazendo uma área de cerca de 600 mil hectares, denominadas áreas de tabocais, incluindo além dos Estados do Acre e sul do Amazonas, as regiões vizinhas da Bolívia e do Peru, sendo esse local considerado a maior área contínua de bambu nativo existente no mundo (Lima et al., 2012).

Porém os bambus por causa da sua constituição fibrosa e rica em materiais nutritivos, principalmente amido, são suscetíveis ao ataque de fungos e insetos xilófagos (Beraldo et al., 2012). Entre os fungos responsáveis pelo apodrecimento dos materiais lignocelulósicos do bambu, destaca-se a classe dos basidiomicetos, na qual se encontram os fungos responsáveis pela chamada podridão parda e podridão branca, que possuem características enzimáticas próprias, quanto à deterioração dos constituintes químicos lignocelulósicos. Os primeiros deterioram os polissacarídeos (celulose e polioses) da parede celular, enquanto os últimos atacam, indistintamente, tanto os polissacarídeos quanto a lignina (Zabel; Morrell, 1992).

Portanto, verifica-se que para o uso racional do bambu é necessário que haja o prévio tratamento preservativo contra organismos xilófagos, pois um dos seus inconvenientes é a rápida deterioração, devido à constituição anatômica formada por feixes fibrovasculares circundados por tecido parenquimatoso, rico em substâncias de reserva na forma de amido (Beraldo; Azzini, 2004).

Sendo assim, diversos tratamentos preservativos do colmo de bambu são feitos a partir do uso de substâncias químicas sintéticas que trazem problemas ambientais por apresentarem substâncias tóxicas como metais pesados (Espelho; Beraldo, 2008).

Entre os produtos químicos mais utilizados no tratamento do material para produção em larga escala estão o CCA (arseniato de cobre cromatado) e o CCB (borato de cobre cromatado), mas estes trazem sérios riscos ao meio ambiente, por isso é crescente demanda por produtos e técnicas que minimizem o impacto ambiental, tornando-se necessário a busca por produtos alternativos que reúnam características desejadas para um bom preservativo (eficiência, baixo custo e impacto ambiental mínimo) (Beraldo; Matsuoka, 2013).

Portanto, o objetivo desse trabalho é avaliar a eficiência do uso do óleo essencial de folhas de pimenta longa, em substrato de produtos naturais e residuais para aumentar a resistência do colmo de bambu de *Guadua aff. lynnclarkiae* Londoño contra o ataque de fungos xilófagos submetidas ao campo de apodrecimento.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência do uso do óleo essencial de folhas de pimenta longa, em substrato de produtos naturais e residuais para aumentar a resistência do colmo de bambu de *Guadua aff. lynnclarkiae* Londoño contra o ataque de fungos xilófagos submetidas ao campo de apodrecimento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar e identificar colmos de *Guadua aff. lynnclarkiae* no interior e bordas da floresta e confeccionar amostras dos colmos em forma de talisca;
- Obter soluções preservantes feitas com óleo essencial das folhas de pimenta longa utilizando-se como substratos produtos naturais (extrato de ácido tânico) e produtos residuais (óleo de cozinha);
- Realizar diferentes tratamentos preservativos dos colmos de *Guadua aff. lynnclarkiae* através do método de Banho Quente-Frio;
- Realizar ensaios de apodrecimento acelerado em campo para determinar o grau de biodeterioração dos colmos de *Guadua aff. lynnclarkiae* nos diferentes métodos de tratamento preservativo;
- Avaliar a resistência dos colmos de *Guadua aff. lynnclarkiae* frente ao ataque dos fungos xilófagos a partir do cálculo da perda de massa nos diferentes métodos de tratamento preservativo utilizados e na testemunha submetidas ao campo de apodrecimento.

3 METODOLOGIA

3.1 COLETA DE AMOSTRAS

Os colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* utilizados no trabalho foi realizada numa população da espécie localizada na Vila do V, no município de Porto Acre. Posteriormente os colmos foram seccionados de forma a se obter amostras de sua base, meio e topo. Logo após, em uma marcenaria foram feitos cortes das taliscas com aproximadamente 3 cm de largura e 1 metro de comprimento, perfazendo um total de trinta e seis taliscas do colmo para cada tratamento (com ácido Tânico e testemunha). Para o tratamento preservativo essas taliscas foram cortadas ao meio ficando com 50 cm de comprimento, sendo uma usada para o tratamento preservativo e a outra como testemunha.

3.2 OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL E EXTRATO TÂNICO

A extração do óleo essencial das folhas de pimenta longa será realizada por meio da técnica de “arraste a vapor”, utilizando se aparelho de Clevenger modificado com fervura. Após 30 minutos de fervura o óleo essencial será retirado com auxílio de uma micropipeta, acondicionando em um frasco de vidro âmbar envolto com papel alumínio, mantendo-o sob refrigeração (Castro et al., 2006).

Fizemos a coleta das folhas de pimenta longa em uma área localizada no município Bujari. Após a coleta foi feita a secagem e maceração das folhas e galhos. Para a extração do óleo essencial, se utilizou a técnica de “arraste a vapor”, após 30 minutos de fervura o óleo foi retirado com auxílio de uma micropipeta, acondicionando em um frasco de vidro âmbar envolto com papel alumínio, mantendo-o refrigerado, conforme orientado em literatura.

3.3 OBTENÇÃO E PREPARO DA SEIVA DOS PSEUDOCAULES DA BANANEIRA

Foram utilizados cinco pseudocaules de indivíduos adultos de banana (*Musa paradisiaca*) originários de uma propriedade localizada no meio rural do município de Rio Branco- Acre.

Os pseudocaules foram removidos com o auxílio de ferramentas manuais, sendo mantidos em ambiente ventilado para que ocorresse a sua secagem natural. Foram fragmentados inicialmente numa forrageira e, depois, em moinho tipo Willey, obtendo-se

assim um material de menor granulometria. O material obtido foi classificado em peneira, empregando-se a porção da casca que ficou retida na malha de 60 Mesh (0,25 mm) (Calegari et al., 2014). Preparação do extrato tânico líquido a fim de avaliar a influência da adição do sulfito de sódio no rendimento em taninos, foi realizada a extração em água quente destilada e em solução de água destilada mais sulfito de sódio. Para a obtenção da solução tânica, 12,5 g de casca absolutamente seca (anidra) foram transferidas para um balão de 500 mL, adicionando-se 250 mL de água destilada (relação 20:1), sem ou com a inclusão do sulfito de sódio (4 % em relação à massa anidra de casca). Ao balão foi conectado um condensador de refluxo, para reduzir as perdas por evaporação, e a mistura foi mantida na temperatura de ebulição da água por duas horas. Após o período de fervura, o material foi passado em peneira de 150 Mesh (0,105 mm), sendo a parte líquida (extrato tânico) armazenado (Calegari et al., 2014).

3.4 MÉTODOS DOS PROCESSOS DE PRESERVATIVOS DOS TRATAMENTOS

3.4.1 Banho Quente-Frio com extrato tânico e óleo de pimenta longa

Os colmos foram submersos em um balde, no qual o extrato tânico foi misturado com a solução de óleo essencial das folhas de pimento longa na proporção de 50 % e aquecido a uma temperatura de 85°C. Após permanecer 30 minutos nesta temperatura, os colmos foram colocados com a outra ponta, onde permaneceu por mais 30 minutos. Depois foram imediatamente imersos em mesma solução de extrato tânico e óleo essencial de pimenta longa a uma temperatura ambiente, para promover o choque térmico e consequentemente permitir penetração mais profunda da substância nos poros.

3.4.2 Banho Quente-Frio com óleo residual de cozinha e óleo de pimenta longa

Seguiu-se o mesmo procedimento descrito no banho Quente-Frio com extrato tânico e óleo de pimenta longa, a qual, o extrato tânico foi substituído pelo óleo residual de cozinha.

3.4.3 Ensaios de apodrecimento acelerado em campo

Os corpos de prova, após estarem estabilizados em ambiente de laboratório (temperatura média de 25°C e umidade relativa média de 65%), foram colocados em solo em campo de apodrecimento, localizado no Campus da Universidade Federal do Acre, em

local levemente inclinado com boa capacidade de retenção de água (IPT, 1980). Os corpos de prova foram dispostos verticalmente no solo, com aproximadamente metade de seu comprimento acima da superfície do solo (Machek et al., 2004). Para cada tratamento foram utilizados 18 corpos de prova para cada tipo de tratamento (1- Substrato de ácido tânico com óleo de pimenta longa; 2- substrato de óleo residual de fritura com óleo de pimenta longa e 3- sem tratamento). Após um período de 4 semanas, os corpos de prova foram retirados do campo de apodrecimento para inspeção visual. A seguir, eles foram cuidadosamente limpos com o auxílio de um pincel com cerdas macias. Efetuamos a pesagem desses corpos de prova, levamos a estufa para secagem (durante 5 dias) e assim iniciamos a avaliação parcial da perda de massa. A cada 30 dias fizemos o mesmo processo para esse período de biodeterioração, e mantivemos assim no decorrer dos meses subsequentes.

Após esses procedimentos, foram obtidos resultados de perda de massa e esses foram submetidos a Análise de Variância (Anova), sendo aplicado o teste de Tukey para comparação das médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DE PERDA DE MASSA TOTAL DOS COLMOS DE *Guadua aff. lynnclarkiae*

Foi realizada a análise visual dos corpos de prova, para comprovar o ataque de fungos, onde se notou que houve proliferação deles em todos corpos de prova, o que pode ter influenciado no valor final de perda de massa.

Na figura 1 podemos observar os dados de perda de massa total em porcentagem durante o período sazonal chuvoso (novembro de 2021 a fevereiro de 2022), para o tratamento com tanino+óleo de pimenta longa comparado com o tratamento de óleo residual + óleo de pimenta longa e comparado com a testemunha, verificou-se que houve diferença significativa, como confirmado pelo teste Tukey ($p < 0,05$), durante o experimento.

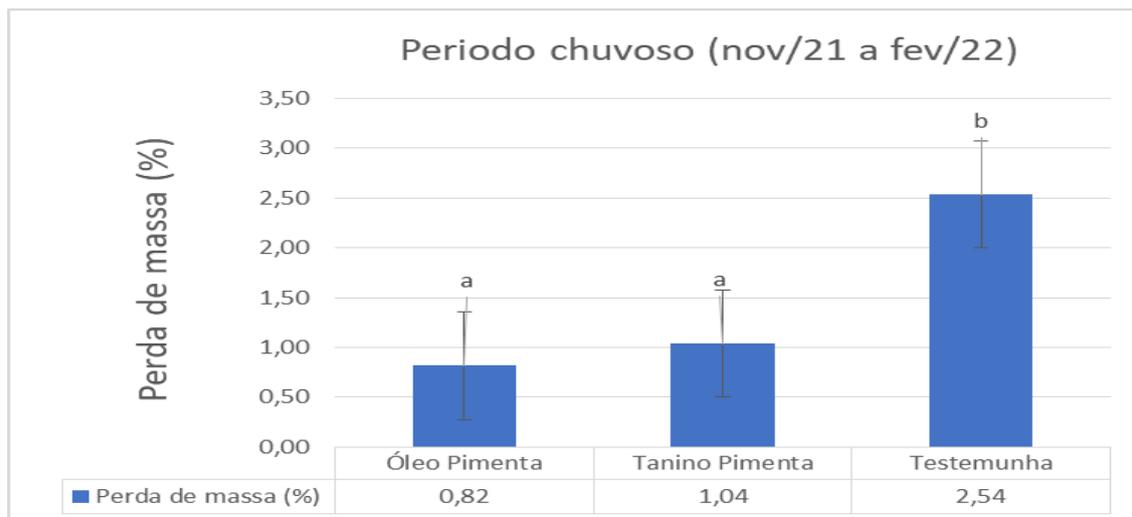


Figura 1. Perda de massa dos colmos *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em percentagem durante o período sazonal chuvoso (novembro de 2021 a fevereiro de 2022). Colunas com letras distintas diferem estatisticamente em nível de significância de 5% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na figura 2 podemos observar os dados de perda de massa total em percentagem durante o período sazonal seco (março de 2022 a julho de 2022) verificou-se que não houve diferença significativa entre testemunha e tanino+pimenta, e o tratamento óleo residual+pimenta difere do tratamento tanino/pimenta, tendo resultados próximos ao da testemunha, tendo até mais perda que a própria testemunha, como confirmado pelo teste Tukey ($p < 0,05$), durante o experimento.

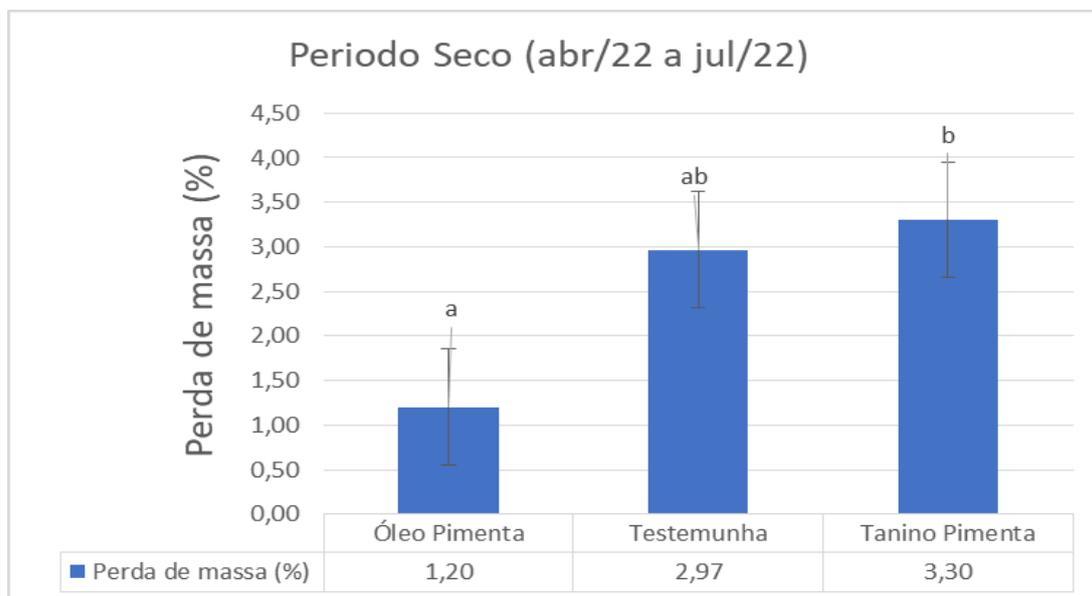


Figura 2. Perda de massa dos colmos *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em percentagem durante o período sazonal seco (abril de 2021 a julho de 2021). Colunas com letras distintas diferem estatisticamente em nível de significância de 5% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na figura 3 podemos observar os dados de perda de massa total em porcentagem durante o período sazonal chuvoso + seco (novembro de 2021 a julho de 2022) verificou-se que houve diferença significativa, entre o tratamento com óleo residual + óleo de pimenta longa e o tratamento com tanino + óleo de pimenta longa em relação a testemunha.

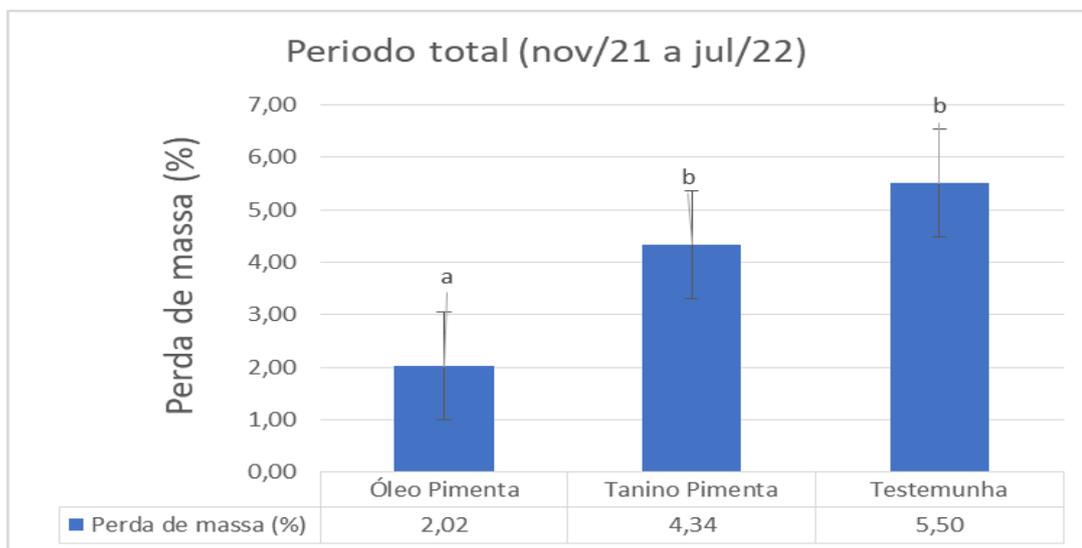


Figura 3. Perda de massa total dos colmos *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em porcentagem durante o período sazonal chuvoso + seco (novembro de 2021 a julho de 2022). Colunas com letras distintas diferem estatisticamente em nível de significância de 5% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A partir da análise dos resultados dos colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* verificou-se que o tratamento óleo residual + pimenta longa teve uma perda de massa menor que os demais, demonstrando a sua eficiência analisando todos os períodos envolvidos, já o tratamento tanino+pimenta longa não houve diferença significativa analisando – se o período seco e o período total, apenas no período úmido esse tratamento teve diferença significativa.

Calegari et al. (2014) observou que extratos tânicos associadas a sais de boro em madeira de Sumaúma apresentaram lixiviação alta, devido a esses extrativos e sais se deslocarem isoladamente da solução à madeira, não sofrendo complexação. Além disso, os produtos ficaram acumulados na superfície da madeira, não ocorrendo sua penetração, motivo pelo qual foram facilmente removidos pela umidade. O que pode explicar a perda de resistência a biodeterioração do tratamento tanino + pimenta no período seco, quando não houve diferença significativa na perda de massa comparado aos colmos testemunha (sem tratamento), quando depois de passar todo o período chuvoso, o produto foi lixiviado perdendo sua resistência a biodeterioração por fungos apodrecedores.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados podemos concluir que as amostras dos colmos *Guadua aff. lynnclarkiae* (bambu gigante) tratadas com óleo residual + óleo de pimenta longa têm grande potencial a ser utilizado em áreas externas que estão sujeitas as intempéries, pois o óleo evita o encharcamento dos colmos e com isto se torna mais resistente a biodeterioração por fungos apodrecedores.

Já o tratamento dos colmos *Guadua aff. lynnclarkiae* (bambu gigante) tratados com tanino + óleo de pimenta longa têm potencial de ser utilizado em ambientes internos que estão protegidos contra as intempéries, pois pelos resultados verifica-se que a umidade provoca a lixiviação desse composto, o que o torna mais susceptível à biodeterioração por fungos apodrecedores.

REFERÊNCIAS

BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Bambu**: características e aplicações. Guaíba, RS: Livraria editora agropecuária, 180p. 2004. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/283360667_Bambu_Caracteristicas_e_aplicacoes.

CALEGARI, L.; LOPES, P. J. G.; SANTANA, G. M.; STANGERLIN, D. M.; OLIVEIRA, E.; GATTO, D. A. Eficiência de extrato tânico combinado ou não com ácido bórico na proteção da madeira de *Ceiba pentandra* contra cupim xilófago. **Floresta**, Viçosa, MG, v. 44, n. 1, p. 43-52, 2014. Disponível em:
<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/14823>.

CIMMINO, A.; MASI, M.; EVIDENTE, A. Fungal phytotoxins with potential herbicidal activity to control *Chenopodium album*. **Natural product communications**, Via Cintia 4, 80126 Nápoles, Itália, v. 10, n. 6, p. 1119-1126, 2015. Disponível em:
<https://doi.org/10.1177/1934578X1501000677>.

ESPELHO, J. C. C.; BERALDO, A. L. Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 12, p. 645-652, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000600012>.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Ensaio acelerado de laboratório para determinação de eficiência de preservativos contra fungos de podridão mole. São Paulo, 1980. 2 p. (Publicação IPT, 1157).

JUDZIEWICZ, E.J.; CLARK, L. G.; LONDOÑO, X.; STERN, M. J. **American bamboos**. Smithsonian Institution Press, Washington DC. 1999. 392p. Disponível em: [Bambus americanos.20016783787](https://doi.org/10.2307/20016783787).

LIESE, W. A preservação do colmo de bambu com relação à sua estrutura. **Simpósio Internacional Guadua**. Pereira: Beraldo, A. L. (trad.), 2004. Disponível em:
DOI: <https://doi.org/10.24278/2178-5031.202133104>.

LIMA, D. N.; AFONSO, D. G.; PONTES, S. M. A. Análise comparativa da estabilidade dimensional de 02 espécies de bambu ocorrentes na Amazônia Ocidental. *In: Anais do 4º Congresso Paranaense. 2012, Curitiba, PR, Anais [...]* Curitiba: Universidade Federal de Curitiba, 2012. p. 10-14. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140982/1/25974.pdf>.

MACHEK, L.; EDLUND, M. L.; SIERRA-ALVAREZ, R.; MILITZ, H. A non-destructive approach for assessing decay in preservative treated wood. **Wood Science and Technology**, Alemanha, v. 37, p. 411-417, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00226-002-0161-5>.

OLIVEIRA, K. K. C. **Atividade antimicrobiana de basidiomicetos ocorrentes na Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus - AM, 2014. 67 f. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4285>.

PAES, J. B.; SOUZA, A. D.; LIMA, C. R.; MEDEIROS NETO, P. N. Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e de mamona (*Ricinus communis*) na proteção da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) contra cupins xilófagos em ensaio de preferência alimentar. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, p. 751-758, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000400020>.

PEREIRA, M. A. D. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru, SP: Canal 6 Editora, 2007. 231p.

SÁ, M. P. de. **Caracterização anatômica dos colmos de *Guadua sp.* Coletados em dois microambientes e submetidos a diferentes tratamentos preservativos e graus de deterioração**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019.

SAXENA, S.; PANDEY, A. K. Microbial metabolites as eco-friendly agrochemicals for the next millennium. **Applied microbiology and biotechnology**, Berlim, v. 55, n. 4, p. 395-403, 2001. DOI: 10.1007/s002530000517.

SILVA, J. N.; SOUSA, J. A.; QUEIROZ, M. N.; SÁ, M. P.; ROMEU, L. V. L.; FERNANDES, N. C. L.; LOBÃO, M. S. Caracterização anatômica dos colmos de *Guadua sp.* coletados em dois microambientes e submetidos a diferentes tratamentos preservativos e graus de deterioração. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, AC, v. 2, n. 1, p. 188-203, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/3603/2153>.

TIBURTINO, R. F.; PAES, J. B.; BERALDO, A. L.; ARANTES, M. D. C.; BROCCO, V. F. Tratamento preservativo de duas espécies de bambu por imersão prolongada e Boucherie modificado. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, RJ v. 22, p. 124-133, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/Pd8PFkcNFGCBnfcwMYSspqx/?format=pdf&lang=pt>.

ZABEL, ROBERT A.; MORRELL, JEFFREY J. Wood Microbiology: Decay and its Prevention. **UK: Academic Press Inc**, Londres, 1992. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjct55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1317981](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjct55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1317981).

Capítulo 7

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DE COLMO DE *Guadua weberbaueri* SUBMETIDOS A ENSAIOS DE APODRECIMENTO ACELERADO POR FUNGOS XOLÓFAGOS

ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF
Guadua weberbaueri CULMS SUBMITTED TO
ASSAYS FOR ACCELERATED ROOTTING BY
XOLOPHAGE FUNGI

KALÉU F. MACIEL
NEILA C. DE L. FERNANDES
MOISÉS S. LOBÃO

RESUMO

O bambu é um material renovável e de baixo custo, encontrado em abundância em regiões tropicais e subtropicais, porém, a maior parte das espécies são susceptíveis ao ataque de fungos e insetos. Porém a durabilidade de seus colmos pode ser aumentada, sendo feita de duas maneiras: por procedimentos naturais ou pelo seu tratamento com produtos químicos sintéticos. Portanto, esse trabalho objetivou avaliar a eficiência do uso do óleo essencial de folhas de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC), em substrato de produtos naturais e residuais para aumentar a resistência do colmo de bambu *Guadua weberbaueri* contra o ataque de fungos xilófagos. Onde foram realizadas as seguintes etapas: coleta e identificação de colmos de *Guadua weberbaueri*; tratamento dos colmos com óleo essencial de folhas de pimenta longa em substrato de tanino de pseudocaule de bananeira e de óleo residual de fritura; realização de ensaios de apodrecimento acelerado em laboratório e em campo de apodrecimento; e avaliação de perda de massa e das características físico-anatômicas, para avaliar a eficiência desses tratamentos para aumentar a durabilidade dos colmos de *Guadua weberbaueri*. De modo geral, podemos concluir que o tratamento com tanino + óleo de pimenta longa junto a testemunha apresentou maior área afetada pelos fungos, no entanto, o óleo residual as fibras foram preservadas, havendo uma deterioração superficial da sua estrutura anatômica.

Palavras-chave: Fungos; Óleo de fritura; Tanino; Bambu.

ABSTRACT

Bamboo is a renewable and inexpensive material, found in abundance in tropical and subtropical regions, however, most species are susceptible to attack by fungi and insects. However, the durability of its culms can be increased, being done in two ways: by natural procedures or by its treatment with synthetic chemicals. Therefore, this work aimed to evaluate the efficiency of the use of essential oil from long pepper leaves (*Piper hispidinervum* C. DC), in substrate of natural and residual products to increase the resistance of *Guadua weberbaueri* bamboo stem against the attack of xylophagous fungi. Where the following steps were carried out: collection and identification of *Guadua weberbaueri* stems; treatment of stems with essential oil of long pepper leaves in a substrate of banana pseudostem tannin and residual frying oil; carrying out accelerated decay tests in the laboratory and in the decay field; and evaluation of mass loss and physical-anatomical

characteristics, to evaluate the efficiency of these treatments to increase the durability of *Guadua weberbaueri* stalks. In general, we can conclude that the treatment with tannin + long pepper oil together with the control showed a greater area subject to fungi, however, the residual oil as fibers were preserved, with a superficial degradation of its anatomical structure.

Keywords: Fungi; Frying oil; Tannin; Bamboo.

1. INTRODUÇÃO

As florestas ombrófilas abertas com bambus arborescentes e espinhosos do gênero *Guadua*, cobrem cerca de 180.000 km² do sudoeste da Amazônia e são facilmente identificadas através de imagens do satélite Landsat. A espécie *Guadua weberbaueri* tem um ciclo de vida que varia de 29 a 32 anos e distribuição ampla na região. A amplitude de distribuição e o caráter dominante desses bambus determinam padrões estruturais tanto das comunidades ecológicas quanto da paisagem (Silveira, 2001).

Nessa região, há ocorrência desses bambus nativos denominadas áreas de tabocais, incluindo além dos estados do Acre e sul do Amazonas, as regiões vizinhas da Bolívia e do Peru, sendo esse local considerado a maior área contínua de bambu nativo existente no mundo (Lima et al., 2012).

De acordo com Pereira e Beraldo (2007) o bambu por ser um material biológico, está sujeito a se deteriorar pela ação de fungos xilófagos, podendo em alguns casos apresentar uma vida útil entre um e três anos se não for tratado e entre dez a quinze anos ou mais quando for feito um prévio tratamento preservativo.

Entre os fungos responsáveis pelo apodrecimento dos materiais lignocelulósicos do bambu, destaca-se a classe dos basidiomicetos, na qual se encontram os fungos responsáveis pela chamada podridão parda e podridão branca, que possuem características enzimáticas próprias, quanto à deterioração dos constituintes químicos lignocelulósicos. Os primeiros deterioram os polissacarídeos (celulose e polioses) da parede celular, enquanto os últimos atacam, indistintamente, tanto os polissacarídeos quanto a lignina (Zabel; Morrell, 1992).

Logo, verifica-se que para o uso racional do bambu é necessário que haja o prévio tratamento preservativo contra organismos xilófagos, pois um dos seus inconvenientes é a rápida deterioração, devido à constituição anatômica formada por feixes fibrovasculares

circundados por tecido parenquimatoso, rico em substâncias de reserva na forma de amido (Beraldo; Azzini, 2004).

Além disso, atualmente, diversos tratamentos preservativos do colmo de bambu são feitos a partir do uso de substâncias químicas sintéticas que trazem problemas ambientais por apresentarem substâncias tóxicas como metais pesados (Espelho; Beraldo, 2008). Diante disso, nos últimos anos, diferentes abordagens ecologicamente compatíveis estão sendo usadas e entre elas destaca-se o uso de produtos naturais e residuais (Saxena; Pandey, 2001).

Portanto, o objetivo desse trabalho busca avaliar as características anatômica dos colmos de *Guadua weberbaueri*, tratados com óleo essencial de folhas de pimenta longa, em substrato de produtos naturais e residuais submetidos a ensaios de apodrecimento acelerado por fungos xilófagos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características anatômica dos colmos de *Guadua weberbaueri*, tratados com óleo essencial de folhas de pimenta longa, em substrato de produtos naturais e residuais submetidos a ensaios de apodrecimento acelerado por fungos xilófagos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar e identificar colmos de *Guadua weberbaueri* na borda e no interior da floresta do Parque Zoobotânico;
- Confeccionar amostras dos colmos de *Guadua weberbaueri* em forma de talisca para produção dos corpos de prova;
- Realizar tratamentos preservativos dos colmos de *Guadua weberbaueri* através do método de Banho Quente-Frio com soluções preservativos feitas com óleo essencial das folhas de pimenta longa utilizando-se como substratos produtos naturais (extrato de ácido tânico) e produtos residuais (óleo de cozinha);
- Submeter as taliscas tratadas ao campo de apodrecimento acelerado;
- Avaliar as características anatômica dos colmos de *Guadua weberbaueri*, após os ensaios de apodrecimento.

3. METODOLOGIA

3.1 COLETA E CONFEÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

Os colmos do gênero *Guadua weberbaueri* foram coletados em uma floresta natural de bambu, no município de Porto Acre. Onde posteriormente os colmos foram transportados até o laboratório de produtos florestais da Universidade Federal do Acre, onde se obteve as amostras de sua base, meio e topo em forma de taliscas com 3 cm de largura e 1 metro de comprimento 50 cm de espessura, perfazendo um total de 18 taliscas do colmo para cada tratamento e como testemunha.

3.2 OBTENÇÃO E PREPARO DO ÓLEO ESSENCIAL DE FOLHAS DE PIMENTA LONGA

A extração do óleo essencial das folhas de pimenta longa foi realizada por meio da técnica de “arraste a vapor”, utilizando-se aparelho de Clevenger modificado com fervura. Após 30 minutos de fervura o óleo essencial foi retirado com auxílio de uma micropipeta, acondicionando em um frasco de vidro âmbar envolto com papel alumínio, mantendo-o sobre refrigeração (Castro et al., 2006).

3.3 OBTENÇÃO E PREPARO DO EXTRATO TÂNICO DE PSEUDOCAULES DE BANANEIRA

Foram utilizadas cascas obtidas de pseudocaulos de indivíduos adultos de banana cumprida *Musa paradisiaca*. Os pseudocaulos então removidos com auxílio de ferramentas manuais foram fragmentados em granulometria, com seção quadrada de casca com 0,25 m. Para preparação do extrato tânico líquido foi realizada a extração em água quente, 1 kg de casca em 5 L de água destilada. Essa mistura foi então mantida na temperatura de ebulição da água por duas horas. Após o período de fervura, o material foi passado em peneira, sendo a parte líquida o extrato tânico armazenada (Calegari et. al, 2014).

3.4 BANHO QUENTE-FRIO COM EXTRATO TÂNICO

Os colmos foram submersos em um tanque de preservação, no qual o extrato tânico foi misturado com a solução de óleo essencial das folhas de pimenta longa na proporção de 50%. 5 litros extrato tânico diluído em 5 litros de solução do óleo, aquecido a uma temperatura de 90°C. Após permanecer 30 minutos nesta temperatura, os colmos foram colocados com a

outra ponta onde permaneceram por mais 30 minutos. Depois imediatamente foram imersos em mesma solução de extrato tânico e óleo essencial de pimenta longa a temperatura ambiente para promover o choque térmico para que a substância permaneça em seus poros.

3.5 BANHO QUENTE-FRIO COM ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA

Inicialmente o óleo de fritura coletado em alguns pontos comerciais foi peneirado para retirada das impurezas e depois misturado com mesma proporção de água destilada e óleo essencial das folhas de pimenta longa para ser aquecida a uma temperatura de 90°C. Após permanecer 30 min nesta temperatura, seguiu os mesmos passos relatados acima para preparação do preservativo de extrato tânico.

3.6 ENSAIOS DE APODRECIMENTO ACELERADO EM CAMPO

Os corpos de prova, após estarem estabilizados em ambiente de laboratório, com temperatura média de 25 °C e umidade relativa média de 65%, foram colocados em solo em campo de apodrecimento, localizado no Campus da Universidade Federal do Acre, em local levemente inclinado com boa capacidade de retenção de água (IPT, 1980). Os corpos de prova foram dispostos verticalmente no solo, com aproximadamente metade de seu comprimento acima da superfície do solo (Machek et al., 2004). Para cada tratamento foram utilizados 18 corpos de prova para cada tipo de tratamento. Após um período de 4 semanas, os corpos de prova foram retirados do campo de apodrecimento para inspeção visual. Em seguida, eles foram cuidadosamente limpos com o auxílio de um pincel com cerdas macias. Após a estabilização da massa dos corpos de prova ao ar livre, proceder-se a avaliação parcial da perda de massa. E posteriormente, os corpos de prova foram novamente enterrados no campo de apodrecimento por mais 4 semanas, mantendo-se nas condições iniciais, isto durante 9 meses subsequentes.

3.7 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DAS FIBRAS DOS COLMOS DO BAMBU

3.7.1 Preparo das amostras

Para a quantificação percentual de fibras vasculares, foram adquiridas outras amostras com mesma dimensão da anterior, sendo 6 amostras de cada tratamento e a testemunha, sendo dessas 6: 3 da base, 3 do meio e 3 do topo, totalizando 18 amostras. Do qual foram retiradas alcunhas em forma de lascas, que foram introduzidas em tubos de ensaios com substância

macerante, contendo 4 ml de ácido e 4 ml de água oxigenada. Para então serem levadas a estufa por 3 dias, 6 horas diárias.

Após esse período as amostras foram retiradas dos tubos de ensaio e foram coloridas, utilizando-se placas Petri contendo álcool 90, água destilada e corante azul de metileno. Onde logo após a retirada das lascas do tubo, foi feito a retirada do excesso de ácido com auxílio de água destilada, onde permaneceu por 5 minutos, e logo em seguida foi colocada no corante por 10 minutos, e para finalizar foi levada ao álcool para retirar o excesso de corante.

Após serem coloridas fez-se o processo de separação das fibras, colocando as amostras em tubo de ensaio com água destilada, e promovendo a separação agitando-o. Para um melhor desprendimento, após a disposição das amostras sobre a lâmina, foi feito com auxílio de bisturis, o desprendimento das fibras, forçando-os contra as amostras, até chegar no ponto desejado.

3.7.2 Mensuração e análise de dados

Após a total separação das fibras elas foram levadas para a análise em microscópio ótico trilocular com câmera acoplada, e com auxílio do programa TCapture foram feitas as medições de comprimento da fibra e largura da parede de 3 fibras por amostras, totalizando 54 medições, com posterior captura de imagens. Após finalizada as medições, os dados foram processados no programa Excel e posteriormente foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste de médias Tukey para a comparação das médias no programa de estatística.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPARAÇÃO DAS DIMENSÕES ANATÔMICAS DAS FIBRAS QUANTO AO LOCAL DE PROCEDÊNCIA DOS COLMOS DE *G. weberbaueri*

Os resultados das análises das características anatômicas de comprimento e espessura das fibras nos diferentes tratamentos preservativos realizados no colmo de *G. weberbaueri* não evidenciaram diferenças significativas ($p > 0,05$) em relação aos dois ambientes analisados (borda e interior da floresta) como pode ser visto na figura A e B, respectivamente.

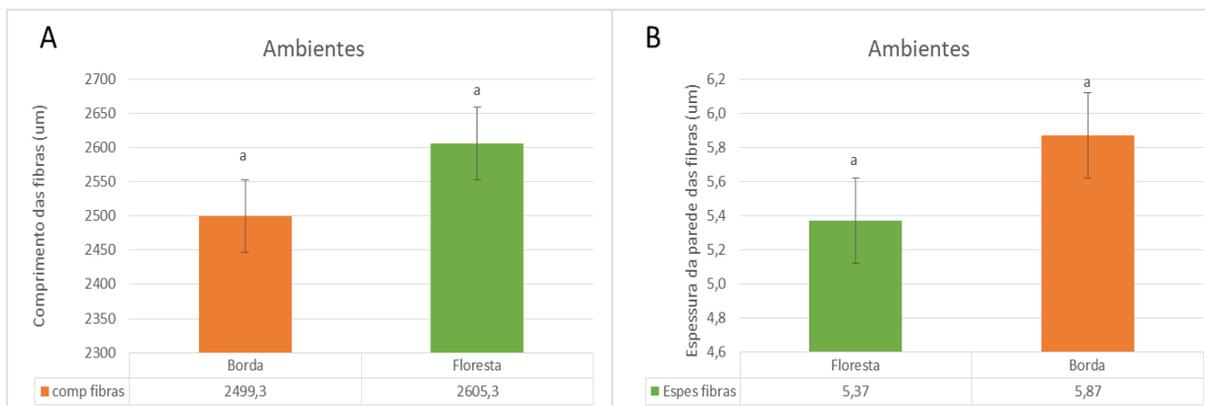


Figura 1- Análise anatômicas do Comprimento das fibras (A) e Espessura das paredes (B) nos ambientes da borda e do interior da Floresta. Letras diferentes as médias têm diferença significativa no teste Tukey ($p < 0,05$).

A partir das análises entre os microambientes com as amostras tratadas e testemunhas, pode-se inferir que os tratamentos e a deterioração dos colmos não provocaram mudanças no comprimento e espessura das fibras das amostras do microambiente de floresta e borda da floresta.

O que diferiu do trabalho de Sá (2019) onde os valores de comprimento de fibra para as amostras tratadas e deterioradas dos microambientes de borda e floresta apresentaram diferenças significativas entre si, contrastando com o resultado obtido nesse trabalho. Miranda (2016) encontrou valores de comprimento de fibra médios de 2,99 mm para *Guadua sp.* e 2,37mm para *Guadua angustifolia*, resultados muito próximos ao encontrado nesse trabalho que foi de 2,49mm para a borda e 2,60mm para o interior da floresta. Já os valores da espessura da parede das fibras nos microambientes de floresta e borda foram de 5,37µm e 5,87µm, respectivamente, o que se encontra dentro do mesmo intervalo para valores encontrados para 5 espécies do gênero *Guadua* por Miranda (2016), na qual a espessura da parede das fibras encontradas pela autora variou entre 1,83-13,81µm.

4.2 COMPARAÇÃO DAS DIMENSÕES ANATÔMICAS DAS FIBRAS QUANTO AOS TRATAMENTOS PRESERVATIVOS UTILIZADOS NOS COLMOS DE *G. weberbaueri*

Os tratamentos preservativos utilizados (óleo residual + óleo de pimenta longa e Tanino + óleo de pimenta longa) e a testemunha (controle) não diferiram em relação ao comprimento e espessura da parede da fibra, respectivamente, do colmo de *G. weberbaueri*

colhidos na borda (figuras 2 e 3 A) e no interior da floresta (Figuras 2 e 3 B) com a testemunha (controle), pelo teste de médias Tukey ($p>0,05$).

Na figura 2 pode se observar que os colmos testemunhas, amostras que não passaram por tratamento preservativo, apresentaram comprimento médio das suas fibras foi de 2,339mm e 2,893mm, respectivamente, no ambiente Borda e interior da floresta.

Já as amostras que foram tratadas com óleo residual mais óleo de pimenta longa e levadas ao campo de apodrecimento apresentaram comprimento de fibra médio de 2,946mm e 2,332mm, respectivamente, no ambiente Borda e interior da floresta.

Enquanto que para o tratamento com Tanino + óleo de pimenta longa e levadas ao campo de apodrecimento apresentaram o valor médio de comprimento de fibra de 2,214mm e 2,591mm, respectivamente, nos microambientes de floresta e borda. Correlacionando esses valores com outros estudos para o mesmo gênero, Miranda (2016) encontrou valores de comprimento de fibra médios de 2,99mm para *Guadua* sp. e 2,37mm para *Guadua angustifolia*, valores estes muito semelhantes aos encontrados nesse trabalho.

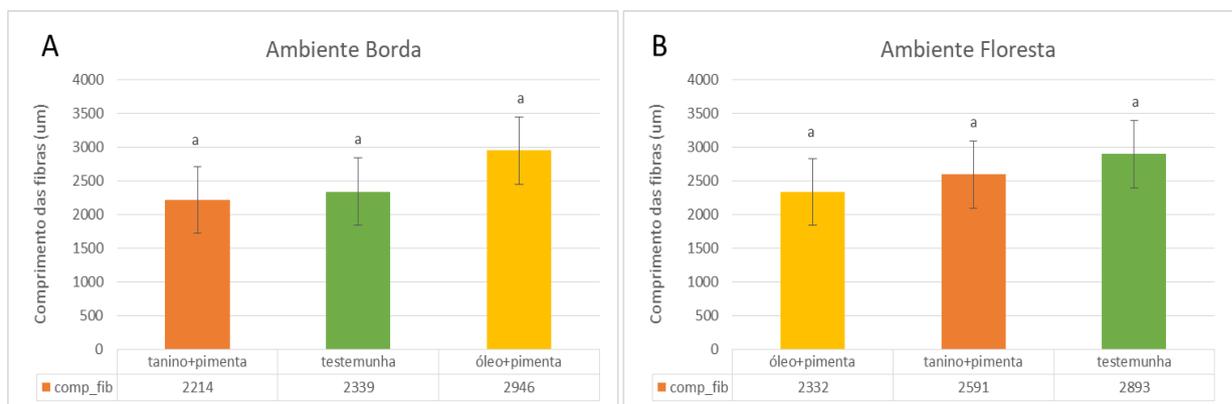


Figura 2- Análise anatômicas do comprimento das fibras do colmo de *G. weberbaueri* colhidos na borda (A) e no interior da floresta (B), submetidos a diferentes tratamentos preservativos ou testemunha (controle). Letras iguais as médias não têm diferença significativa no teste Tukey ($p>0,05$).

Em relação a espessura das paredes, pode se observar na figura 3 que os colmos testemunhas (controle), levados ao campo de apodrecimento apresentaram valores médios de espessura das paredes das suas fibras de 6.72um e 5,78mm, respectivamente, no ambiente borda e interior da floresta.

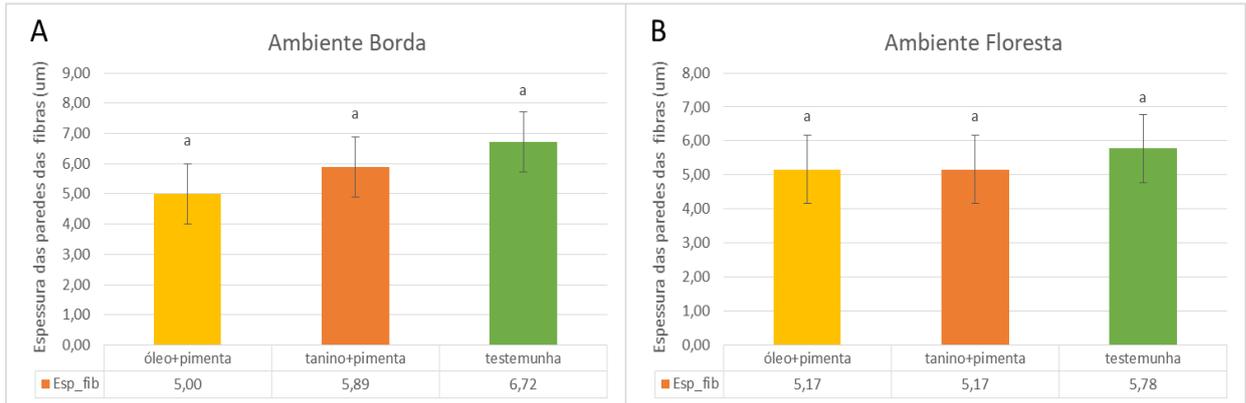


Figura 3- Análise anatômicas da espessura da parede das fibras do colmo de *G. weberbaueri* colhidos na borda (A) e no interior da floresta (B), submetidos a diferentes tratamentos preservativos ou testemunha (controle). Letras iguais as médias não têm diferença significativa no teste Tukey ($p > 0,05$).

Nas amostras tratadas com óleo residual mais óleo de pimenta longa e levadas ao campo de apodrecimento apresentaram valores médios de espessura das paredes das suas fibras de 5µm e 5,17µm, respectivamente, no ambiente borda e interior da floresta.

Já as amostras tratadas com Tanino + óleo de pimenta longa e levadas ao campo de apodrecimento apresentaram valores médios de espessura das paredes das suas fibras de 5,89µm e 5,17µm, respectivamente, nos microambientes de floresta e borda.

Azzini et al (1977) observou valores médios de espessura das paredes das fibras de várias espécies do gênero *Guadua*, a qual podemos citar o *G. angustifolia* com 5,55µm e o *G. superpa* com 6,96µm, valores muito semelhantes aos encontrados neste trabalho.

4.3 COMPARAÇÃO DAS DIMENSÕES ANATÔMICAS DAS FIBRAS QUANTO AS POSIÇÕES ANALISADAS DOS COLMOS DE *G. weberbaueri*

Em relação as posições do colmo de *G. weberbaueri* submetidas aos diferentes tratamentos preservativos e a testemunha (controle), após serem submetidas ao campo de apodrecimento, foi possível observar que houve diferença significativas ($p < 0,05$) nas amostras testemunhas quanto a espessura da parede das fibras oriundas dos dois ambientes analisados e quanto ao comprimento das fibras no ambiente de borda (Figura 4).

Nas amostras testemunha da base oriunda do interior da floresta, observou-se que as fibras tem maior comprimento que nas demais posições do colmo de *G. Weberbaueri*, o que também foi observado por Filho e Azzini (1987), este autor explica que há um aumento do comprimento das fibras da base até a altura média do colmo, com posterior diminuição em direção ao ápice.

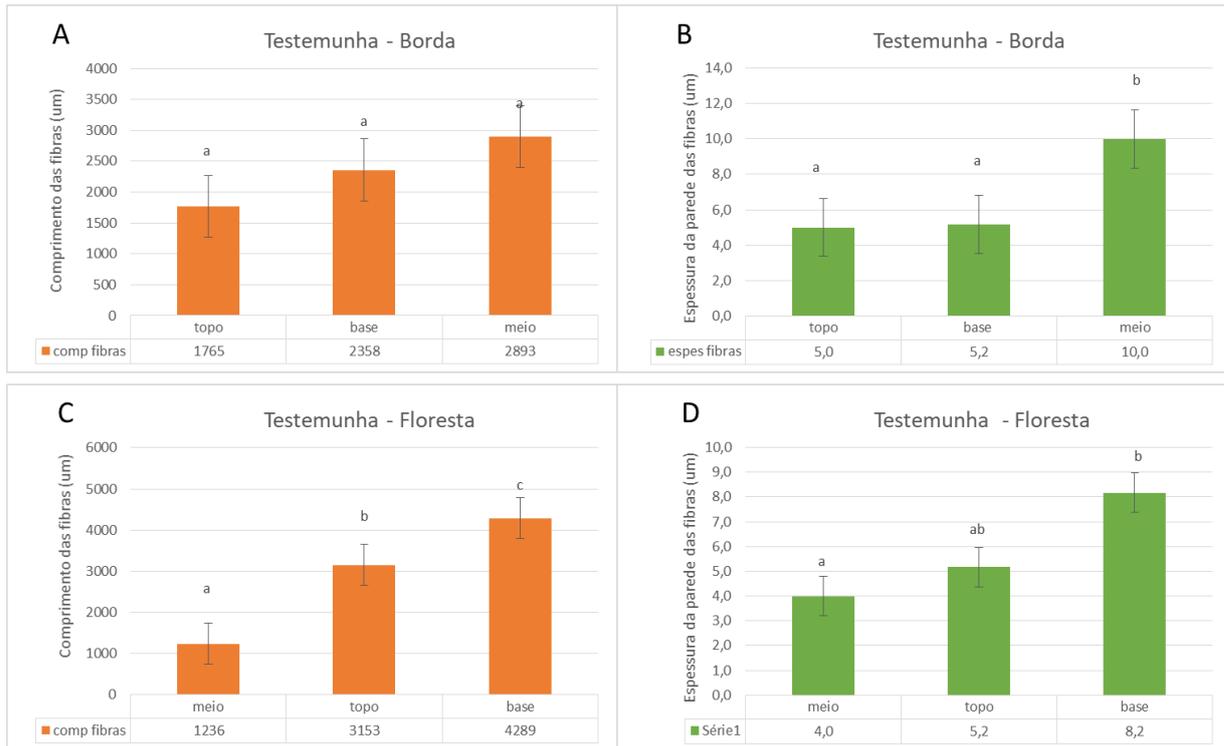


Figura 4. Análise anatômica do comprimento e espessura das fibras do colmo de *G. weberbaueri* colhidos na borda (A e B) e interior da floresta (C e D), sem tratamento (testemunha) após serem submetidos ao campo de apodrecimento. Letras diferentes as médias têm diferença significativa no teste Tukey ($p < 0,05$).

Ainda, analisando-se as amostras testemunha da base oriunda do interior da floresta, observou-se em relação à variação no sentido base-topo as fibras mais curtas acham-se localizadas entre 33%-66%, as medianas entre 66-100% e as mais longas a 0-33% da altura comercial dos colmos (Figura 4C).

Analisando-se as dimensões das espessuras das fibras das amostras testemunha da base oriunda do interior da floresta, houve diminuição da espessura da parede das fibras da base para o meio do colmo e posterior aumento para o ápice do colmo (Figura 4D), já para as amostras testemunha da base oriunda da borda da floresta, houve um aumento da posição da base para o meio com decréscimos nas posições meio para o ápice do colmo de *G. weberbaueri* (Figura 4B).

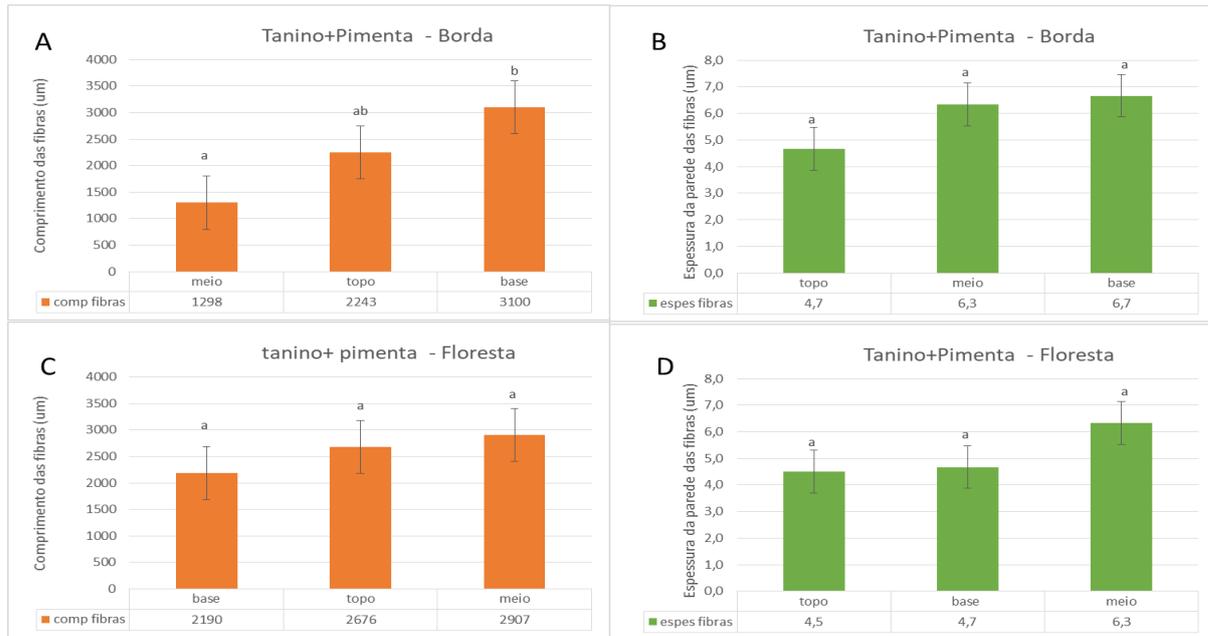


Figura 5- Análise anatômica do comprimento e espessura das fibras do colmo de *G. weberbaueri* colhida na borda (A e B) e interior da floresta (C e D), tratada com tanino+pimenta longa após serem submetidos ao campo de apodrecimento. Letras diferentes as médias têm diferença significativa ($p < 0,05$).

É possível observar na figura 5 que no tratamento com tanino e óleo de pimenta longa os resultados de comprimento e espessura das paredes das fibras não diferiram nas diferentes posições analisadas, com exceção do comprimento de fibra das amostras oriundas da borda que houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$) entre a posição meio e base, sendo que houve uma diminuição do comprimento das fibras da base até a altura média do colmo, com posterior aumento em direção ao ápice.

Em relação a variação na espessura das paredes das fibras do tratamento com tanino e óleo de pimenta longa, não se diferenciaram entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$), apresentando valores médios de 4,7µm; 6,3µm e 6,7µm, respectivamente, para as posições topo, meio e base para o microambiente borda de floresta e de 4,5µm; 4,7µm e 6,3µm, respectivamente, para as posições topo, base e meio no microambiente de interior da floresta.

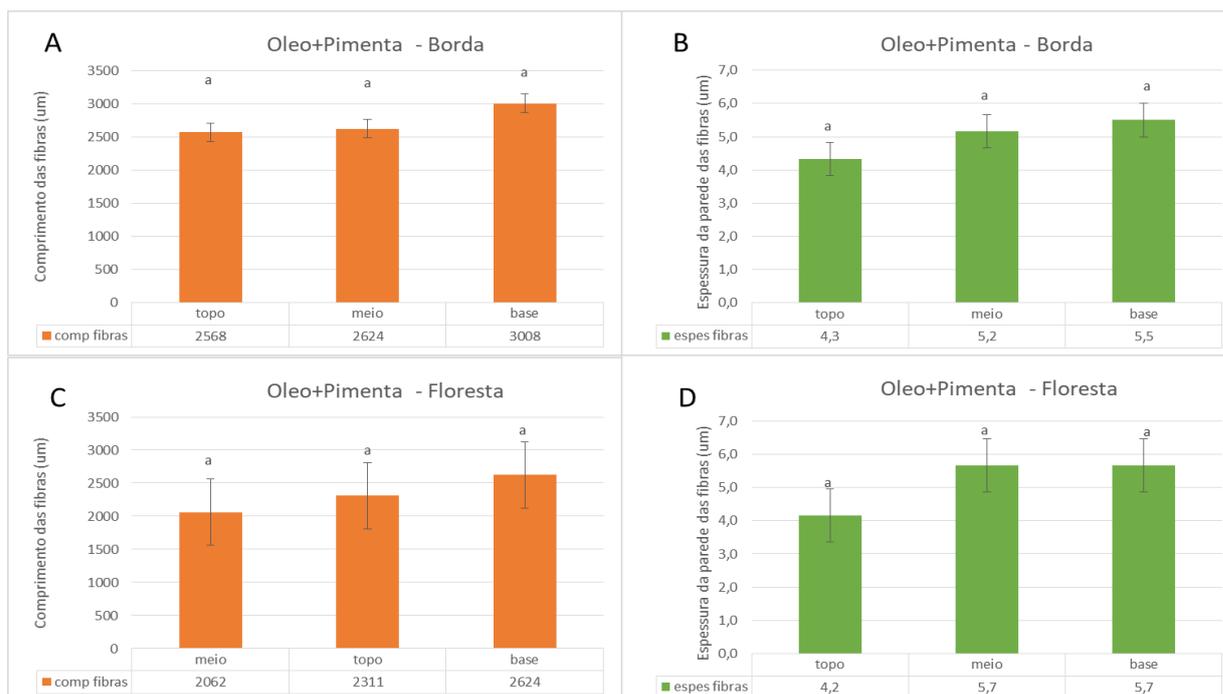


Figura 6. Análise anatômica do comprimento e espessura das fibras do colmo de *G. weberbaueri* colhida na borda (A e B) e interior da floresta (C e D), tratada com óleo residual+pimenta longa após serem submetidos ao campo de apodrecimento. Letras diferentes as médias têm diferença significativa ($p < 0,05$).

É possível observar na figura 6 que no tratamento com óleo residual e óleo de pimenta longa os resultados de comprimento e espessura das paredes das fibras não difeririam significativamente no teste Tukey ($p > 0,05$) entre eles, o que indica que não houve modificação nas dimensões dessas fibras mesmo após os colmos terem sido levados ao campo de apodrecimento.

Esses resultados mostram que as estruturas das fibras dos colmos tratados com óleo residual + óleo de pimenta longa foi preservada, diferentemente do que foi observado em relação a testemunha e tratamento tanino + óleo de pimenta longa que apresentaram diferenças significativas em suas posições em relação ao colmo. Isso se deve provavelmente pelo óleo residual ser impermeável a água, dificultando assim o ataque de fungos, e por consequência garantindo uma menor deterioração das fibras dessa amostra em relação a testemunha e o tratamento de tanino mais óleo de pimenta longa.

5. CONCLUSÕES

Os valores médios das dimensões das fibras do colmo de *G. weberbaueri* em relação ao local de procedência (borda ou interior da floresta) não apresentaram resultados que diferiram entre si no teste de Tukey ($p > 0,05$). O mesmo foi verificado em relação ao comprimento e

espessura da parede da fibra dos colmos de *G. weberbaueri* que foram tratados com óleo residual + óleo de pimenta longa e Tanino + óleo de pimenta longa) e a testemunha (não tratado) e que foram submetidos ao campo de apodrecimento acelerado.

No entanto, quando os colmos de *G. weberbaueri* foram separados por seções base, meio e topo, verificou se diferenças significativas, no comprimento das fibras da testemunha oriunda do ambiente interior da floresta e do tratamento tanino+pimenta longa do ambiente borda, na espessura da parede da fibra da testemunha oriundos dos dois ambientes (borda e interior da floresta), já o tratamento óleo residual +pimenta longa não apresentou diferenças significativas nos valores de comprimento e espessura das fibras mostrando ter sido preservada mesmo tendo sido submetido ao campo de apodrecimento.

Um estudo mais aprofundado relacionando a análise de maceração das fibras com as análises anatômicas com obtenção de lâminas histológicas no sentido transversal do colmo de *G. Weberbaueri* deve ser realizado para uma melhor análise dos resultados, para se ter com mais precisão os teores de degradação das fibras e dos seus demais elementos anatômicos.

REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em fitopatologia**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 382 p.

ARANTES, L. S.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M.; SOARES, V. C. Effect of CCA-C preservative in the dimensional stability of the eucalypt wood. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 45, n. 114, p.285-293, 2017. Disponível em: DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n114.05](https://doi.org/10.18671/scifor.v45n114.05).

ASTM, D. Standard test method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. **American Society for Testing Materials**, West Conshohocken, Pensilvânia, Estados Unidos da América, 2005. Disponível em: <https://www.astm.org/d2017-05.html>.

AZEVEDO, J. L. de; ARAÚJO, W. L. de; LACAVA, P. T.; MARCON, J.; LIMA, A. O. de S.; SOBRAL, J. K. Guia prático: Isolamento e caracterização de microrganismos endofíticos. **Repositório Piracicaba**, SP, 2010, 167p. Disponível: <https://repositorio.usp.br/item/002137772>.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; NAGAI, V. Densidade básica e dimensões das fibras em bambus do gênero *Guadua*. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 36, n. 1, p. I-V, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051977000100030>.

BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Bambu: características e aplicações**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2004. 180p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283360667_Bambu_Caracteristicas_e_aplicacoes.

CALEGARI, L.; LOPES, P. J. G.; SANTANA, G. M.; STANGERLIN, D. M.; OLIVEIRA, E.; GATTO, D. A. Eficiência de extrato tânico combinado ou não com ácido bórico na proteção da madeira de *Ceiba pentandra* contra cupim xilófago. **Floresta**, Viçosa, MG, v. 44, n. 1, p. 43-52, 2014. Disponível em:

<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/14823>.

CASTRO, D. P.; CARDOSO, M. G.; MORAES, J. C.; SANTOS, N. M.; BALIZA, D. P. Não preferência de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) por óleos essenciais de *Achillea millefolium* L. e *Thymus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, SP, v. 8, n. 4, p. 27-32, 2006. Disponível em:

https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/RBPM-RevistaBrasileiradePlantasMedicinais/artigo6_v8_n4_p027-032.pdf.

CIMMINO, A.; MASI, M.; EVIDENTE, A. Fungal phytotoxins with potential herbicidal activity to control *Chenopodium album*. **Natural product communications**, Nápoles, Itália, v. 10, n. 6, p. 1119-1126, 2015. Disponível em:

<https://doi.org/10.1177/1934578X1501000677>.

CORTEZ, A. C. A. **Influência da sazonalidade e do modo de coleta na diversidade de fungos decompositores de madeira submersa de ambientes aquáticos da Região Amazônica**. 2016. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Universidade

Federal do Amazonas, Manaus, 2016. Disponível em:

<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5632>.

CUNHA, L. H. de O. Reservas Extrativistas: uma alternativa de produção e conservação da biodiversidade. **Encontro dos povos do Vale do Ribeira**, 2001. Disponível em:

<https://nupaub.fflch.usp.br/sites/nupaub.fflch.usp.br/files/color/resex.pdf>.

ESPELHO, J. C. C.; BERALDO, A. L. Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 12, p. 645-652, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000600012>.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Ensaio acelerado de laboratório para determinação de eficiência de preservativos contra fungos de podridão mole. São Paulo: Publicação IPT, 1157, 1980. 2 p.

JUDZIEWICZ, E.J.; CLARK, L. G.; LONDOÑO, X.; STERN, M. J. **American bamboos**. Smithsonian Institution Press, Washington DC. 1999. 392p. Disponível em: [Bambus americanos.20016783787](https://www.scribd.com/document/20016783787).

LIMA, D. N.; AFONSO, D. G.; PONTES, S. M. A. Análise comparativa da estabilidade dimensional de 02 espécies de bambu ocorrentes na Amazônia Ocidental. *In: Anais do 4º Congresso Paranaense*. 2012, Curitiba, PR, **Anais [...]** Curitiba: Universidade Federal de Curitiba, 2012. p. 10-14. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140982/1/25974.pdf>.

MACHEK, L.; EDLUND, M. L.; SIERRA-ALVAREZ, R.; MILITZ, H. A non-destructive approach for assessing decay in preservative treated wood. **Wood Science and Technology**, Alemanha, v. 37, p. 411-417, 2004. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00226-002-0161-5>.

MACIEL, A. dos S.; AFONSO, D. G.; DE MIRANDA, E. M. **Plano Estadual de Desenvolvimento do Bambu**. 2016. Disponível em

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1060225>. Acesso em: 8 de ago. 2022.

MATSUOKA, J. H.; BERALDO, A. L. Avaliação do tratamento preservativo de taliscas de bambu com ácido pirolenhoso. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 11 - 20, jan. / mar. 2014. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/14824>.

OLIVEIRA, K. K. C. **Atividade antimicrobiana de basidiomicetos ocorrentes na Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus - AM, 2014. 67 f. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4285>.

PAES, J. B.; SOUZA, A. D.; LIMA, C. R.; MEDEIROS NETO, P. N. Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e de mamona (*Ricinus communis*) na proteção da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) contra cupins xilófagos em ensaio de preferência alimentar. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, p. 751-758, 2011. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000400020>.

SÁ, M. P. de. **Caracterização anatômica dos colmos de *Guadua sp.* Coletados em dois microambientes e submetidos a diferentes tratamentos preservativos e graus de deterioração**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019.

SAXENA, S.; PANDEY, A. K. Microbial metabolites as eco-friendly agrochemicals for the next millennium. **Applied microbiology and biotechnology**, Berlim, v. 55, n. 4, p. 395-403, 2001. DOI: 10.1007/s002530000517.

SILVEIRA, M. **A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia: padrões e processos em múltiplas escalas**. 2001. v, 109 f., il. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

TIBURTINO, R. F.; PAES, J. B.; BERALDO, A. L.; ARANTES, M. D. C.; BROCCO, V. F. Tratamento preservativo de duas espécies de bambu por imersão prolongada e Boucherie modificado. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 124-133, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/loram/a/Pd8PFkcNFGCBnfcwMYSspqx/?format=pdf&lang=pt>.

TOMAZELLO FILHO, MARIO; AZZINI, ANISIO. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, n. 36, p. 43-50, 1987. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr36/cap06.pdf>.

ZABEL, ROBERT A.; MORRELL, JEFFREY J. Wood Microbiology: Decay and its Prevention. **UK: Academic Press Inc**, Londres, 1992. Disponível em:

[https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjct55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1317981](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjct55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1317981).

Capítulo 8

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES
FÍSICAS DE FORMA DESTRUTIVA DO
COLMO DE *Guadua weberbaueri*
SUBMETIDOS A ENSAIOS DE
APODRECIMENTO ACELERADO POR
FUNGOS XILÓFAGOS**

**EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES IN A
DESTRUCTIVE WAY OF CULMS OF *Guadua
weberbaueri* SUBMITTED TO ACCELERATED
ROTTING TESTS BY XYLOPHAGE FUNGI**

**CARLOS R. TELLO TAKACS
KALÉU F. MACIEL
MOISÉS S. LOBÃO**

RESUMO

O bambu é renovável e de baixo custo, encontrado em abundância em regiões tropicais e subtropicais, porém, a maior parte das espécies são susceptíveis ao ataque de fungos e insetos. Pode-se aumentar a durabilidade dos colmos de bambu de duas maneiras: por procedimentos naturais ou pelo seu tratamento com produtos químicos sintéticos. Portanto, esse trabalho objetiva avaliar a perda de massa e das características físicas para avaliar a eficiência desses tratamentos naturais e residuais para aumentar a durabilidade dos colmos de *Guadua weberbaueri*. Serão realizadas as seguintes etapas: i) coleta e identificação de colmos de *Guadua weberbaueri*.; ii) tratamento dos colmos com óleo essencial de folhas de pimenta longa em substrato de tanino de pseudocaule de bananeira e de óleo residual de fritura; iii) realização de ensaios de apodrecimento acelerado em laboratório e em campo de apodrecimento; e iv) avaliação de perda de massa e das características físicas para avaliar a eficiência desses tratamentos para aumentar a durabilidade dos colmos de *Guadua weberbaueri*. Os resultados mostraram que o tratamento óleo residual + óleo de pimenta longa foi o tratamento preservativo mais eficiente na preservação da densidade básica (massa seca) e aparente do colmo de *Guadua weberbaueri*., apresentando diferença significativa com a testemunha.

Palavras-chave: Taboca; Amazônia; Massa específica; Anisotropia.

ABSTRACT

Bamboo is renewable and inexpensive material, found in abundance in tropical and subtropical regions, however, most species are susceptible to attack by fungi and insects. The durability of bamboo culms can be increased using two methods: by natural procedures or by treating them with synthetic chemicals. Therefore, this work aims to evaluate the loss of mass and physical characteristics to evaluate the efficiency of these natural and residual treatments to increase the durability of *Guadua weberbaueri* culms. The following steps will be carried out: i) collection and identification of stems of *Guadua weberbaueri*; ii) treatment of stems with essential oil from long pepper leaves in a substrate of banana pseudostem tannin and residual frying oil; iii) carrying out accelerated decay tests in the laboratory and in the decay field; and iv) evaluation of mass loss and physical characteristics to evaluate the efficiency of these treatments to increase the durability of *Guadua weberbaueri* culms. The results showed that the residual oil + long pepper oil treatment was the most efficient preservative treatment

in preserving the basic density (dry mass) and apparent density of the stem of *Guadua weberbaueri*, showing a significant difference with the control.

Keywords: Taboca, Amazon, specific mass, anisotropy

1 INTRODUÇÃO

A versatilidade do bambu permite que o mesmo possa ser empregado de inúmeras formas, e por se tratar de um material abundante, com baixo custo, resistência e adaptabilidade a climas e solos diferentes, representando um recurso natural renovável de alto rendimento e alta flexibilidade possibilita aliviar a pressão exercida sobre as florestas nativas para obtenção da madeira (Afonso, 2011).

Portanto a busca de matéria prima, a partir do bambu com seus usos múltiplos está se tornando cada vez mais frequente, principalmente se considerarmos as questões econômicas, sociais e ambientais relacionadas ao rápido crescimento populacional mundial (BAG et al., 2000).

O Brasil é o país com maior número de espécies nativas de bambu e tem a segunda maior floresta natural do mundo, a qual ocorrem na região da Amazônia Ocidental são dominadas por agregações de bambu do gênero *Guadua*. Estas estão distribuídas, principalmente, nos Estados do Amazonas e do Acre. A área está integrada ao projeto de monitoramento por satélite (Nelson, 1994; IBGE, 2012).

Nessa região, há ocorrência de bambus nativos perfazendo uma área de cerca de 600 mil hectares, denominadas áreas de tabocais, incluindo além dos estados do Acre e sul do Amazonas, as regiões vizinhas da Bolívia e do Peru, sendo esse local considerado a maior área contínua de bambu nativo existente no mundo (Lima et al., 2012). O bambu por ser um material biológico, está sujeito a se deteriorar pela ação de fungos xilófagos, podendo em alguns casos apresentar uma vida útil entre um e três anos se não for tratado e entre dez a quinze anos ou mais quando for feito um prévio tratamento preservativo (Pereira; Beraldo, 2007).

Logo, verifica-se que para o uso racional do bambu é necessário que haja o prévio tratamento preservativo contra organismos xilófagos, pois um dos seus inconvenientes é a rápida deterioração, devido à constituição anatômica formada por feixes fibrovasculares circundados por tecido parenquimatoso, rico em substâncias de reserva na forma de amido (Beraldo; Azzini, 2004). Além disso, atualmente, diversos tratamentos preservativos do colmo

de bambu são feitos a partir do uso de substâncias químicas sintéticas que trazem problemas ambientais por apresentarem substâncias tóxicas como metais pesados (Espelho; Beraldo, 2008).

Diante disso, no decorrer dos últimos anos diferentes abordagens ecologicamente compatíveis estão sendo usadas e entre elas destaca-se o uso de produtos naturais e residuais (Saxena; Pandey, 2001). Portanto, o objetivo desse trabalho busca avaliar as características físicas dos colmos de *Guadua weberbaueri*, tratados com óleo essencial de folhas de pimenta longa, em substrato de produtos naturais e residuais submetidos a ensaios de apodrecimento acelerado por fungos xilófagos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características físicas dos colmos de *Guadua weberbaueri* tratados com óleo essencial de folhas de pimenta longa, em substrato de produtos naturais e residuais submetidos a ensaios de apodrecimento acelerado por fungos xilófagos.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Coletar e identificar colmos de *Guadua weberbaueri* na borda e no interior da floresta;
- Confeccionar amostras dos colmos de *Guadua weberbaueri*. em forma de talisca para produção dos corpos de prova;
- Realizar tratamentos preservativos dos colmos de *Guadua weberbaueri* através do método de Banho Quente-Frio com soluções preservantes feitas com óleo essencial das folhas de pimenta longa utilizando-se como substratos produtos naturais (extrato de ácido tânico) e produtos residuais (óleo de cozinha);
- Submeter as taliscas tratadas a campo de apodrecimento;
- Avaliar as propriedades físicas do colmo de *Guadua weberbaueri* submetidos a ensaios de apodrecimento acelerado por fungos xilófagos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 COLETA E CONFEÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

Os colmos do gênero *Guadua weberbaueri* foram coletados em uma floresta natural de bambu, no Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre, no município de Rio Branco-Acre. Onde posteriormente os colmos foram transportados até o laboratório de produtos florestais da Universidade Federal do Acre, onde se obteve as amostras de sua base, meio e topo em forma de taliscas com 3cm de largura e 1m de comprimento 50cm de espessura, perfazendo um total de 18 taliscas do colmo para cada tratamento e como testemunha.

3.1.1 OBTENÇÃO E PREPARO DO ÓLEO ESSENCIAL DE FOLHAS DE PIMENTA LONGA

A extração do óleo essencial das folhas de pimenta longa foi realizada por meio da técnica de “arraste a vapor”, utilizando-se aparelho de Clevenger modificado com fervura. Após 30 minutos de fervura o óleo essencial foi retirado com auxílio de uma micropipeta, acondicionando em um frasco de vidro âmbar envolto com papel alumínio, mantendo-o sobre refrigeração (Castro et al., 2006).

3.1.2 OBTENÇÃO E PREPARO DO EXTRATO TÂNICO DE PSEUDOCAULES DE BANANEIRA

Foram utilizadas cascas obtidas de pseudocaulos de indivíduos adultos de banana cumprida *Musa paradisiaca*. Os pseudocaulos então removidos com auxílio de ferramentas manuais foram fragmentados em granulometria, com seção quadrada de casca com 0,25m. Para preparação do extrato tânico líquido foi realizada a extração em água quente, 1 kg de casca em 5l de água destilada. Essa mistura foi então mantida na temperatura de ebulição da água por duas horas. Após o período de fervura, o material foi passado em peneira, sendo a parte líquida o extrato tânico armazenada (Calegari et al., 2014).

3.2 BANHO QUENTE-FRIO COM EXTRATO TÂNICO

Os colmos foram submersos em um tanque de preservação, no qual o extrato tânico foi misturado com a solução de óleo essencial das folhas de pimenta longa na proporção de 50%. 5 litros extrato tânico diluído em 5 litros de solução do óleo, aquecido a uma temperatura de 90°C. Após permanecer 30 minutos nesta temperatura, os colmos foram colocados com a outra ponta onde permaneceram por mais 30 minutos. Depois imediatamente foram imersos

em mesma solução de extrato tânico e óleo essencial de pimenta longa a temperatura ambiente para promover o choque térmico para que a substância permaneça em seus poros.

3.3. BANHO QUENTE-FRIO COM ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA

Inicialmente o óleo de fritura coletado em alguns pontos comerciais foi peneirado para retirada das impurezas e depois misturado com mesma proporção de água destilada e óleo essencial das folhas de pimenta longa para ser aquecida a uma temperatura de 90°C. Após permanecer 30 min nesta temperatura, seguiu os mesmos passos relatados acima para preparação do preservativo de extrato tânico.

3.4. ENSAIOS DE APODRECIMENTO EM CAMPO

Os corpos de prova, após estarem estabilizados em ambiente de laboratório, com temperatura média de 25 °C e umidade relativa média de 65%, foram colocados em solo em campo de apodrecimento, localizado no Campus da Universidade Federal do Acre, em local levemente inclinado com boa capacidade de retenção de água (IPT, 1980). Os corpos de prova foram dispostos verticalmente no solo, com aproximadamente metade de seu comprimento acima da superfície do solo (Machek et al., 2004). Para cada tratamento foram utilizados 18 corpos de prova para cada tipo de tratamento. Após um período de 4 semanas, os corpos de prova foram retirados do campo de apodrecimento para inspeção visual. Em seguida, eles foram cuidadosamente limpos com o auxílio de um pincel com cerdas macias. Após a estabilização da massa dos corpos de prova ao ar livre, proceder-se a avaliação parcial da perda de massa. E posteriormente, os corpos de prova foram novamente enterrados no campo de apodrecimento por mais 4 semanas, mantendo-se nas condições iniciais, isto durante 9 meses subsequentes.

3.5. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS COLMOS DE *Guadua weberbaueri*

3.5.1 Preparo das amostras

Para avaliar a perda de massa e a eficiência dos tratamentos aplicados, foram utilizadas as taliscas submetidas a campo de apodrecimento; as quais foram cortadas para gerar peças de 5cm de comprimento sendo escolhida a secção que estava a nível do solo (2,5cm enterrada e 2,5cm acima do solo) totalizando 12 testemunhas provenientes de situações de borda de floresta, 16 testemunhas de floresta 16 de tanino e pimenta longa com amostras provenientes

de floresta, 13 com tratamento de tanino e pimenta longa provenientes de situação de borda da floresta, 13 com tratamento de óleo residual e de pimenta longa provenientes de situação de borda de floresta e 17 com tratamento de óleo e pimenta longa provenientes de floresta.

As propriedades físicas foram determinadas de acordo com a NBR 7190 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997). Para determinação da densidade básica os corpos de prova do colmo de *G. sp.*, foram saturados em água, mensuradas as dimensões (axial, radial, tangencial), e depois secas para obtenção da massa anidra (estufa, $103\pm 2^{\circ}\text{C}$), conforme a norma ABNT NBR 7190 os resultados foram obtidos através da equação (1).

$$(1) p = m : v$$

Onde: p = massa específica m= massa seca da amostra v= volume saturado

Apesar de não existir direção radial no bambu por causa da ausência de raios em sua estrutura anatômica, adotaram-se os três planos de estudo da madeira para o bambu, como observado ao considerar a largura da amostra como direção tangencial e a espessura como radial, esperando-se alcançar o melhor entendimento dos resultados.

Já na aquisição dos dados de retratibilidade linear (radial e tangencial), volumétrica, os corpos de prova foram mensurados (dimensões lineares) em condição saturada (umidade > PSF) e anidra, a partir da relação de retratibilidade máxima linear tangencial e radial obteve-se o coeficiente de anisotropia.

A contração linear máxima (tangencial e radial) pode ser obtida pela fórmula (2):

$$(2) L_{\max} = (L_u - L_o) / L_u \times 100\%$$

Onde: L_{\max} = máxima contração linear (%)

L_u = contração (L) da madeira em estado úmido

L_o = contração (L) da madeira em estado seco.

A contração volumétrica máxima pode ser obtida pela fórmula (3):

$$(3) \beta_{\max} = (V_u - V_o) / V_u \times 100\%$$

Onde: β_{\max} = máxima contração volumétrica (%)

V_u = volume da madeira em estado úmido

V_o = volume da madeira em estado seco.

A anisotropia de contração é calculada pela relação entre a contração tangencial e a contração radial e pode ser obtida pela fórmula (4).

$$(4) A_c = \beta_t / \beta_r$$

Onde: A_c = anisotropia de contração

β_t = máxima contração tangencial (%)

β_r = máxima contração radial

3.5.2 Mensuração e análise de dados

Após a medição e pesagem dos corpos de prova, foram tabelados os dados no Excel® e com ajuda de programa de análise estatística Statistica 7.0 foi feita análise de variância (Anova) e teste de comparação de médias (teste de Tukey a 5%) e foram gerados gráficos explicativos para apresentar de forma compreensível os dados obtidos.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DENSIDADE BÁSICA E APARENTE

A análise da perda de massa para os tratamentos preservativos aplicados foi realizada avaliando a densidade básica e aparente, a contração radial, tangencial e volumétrica e a anisotropia dos corpos de prova submetidos aos tratamentos preservativos, comparando com as testemunhas.

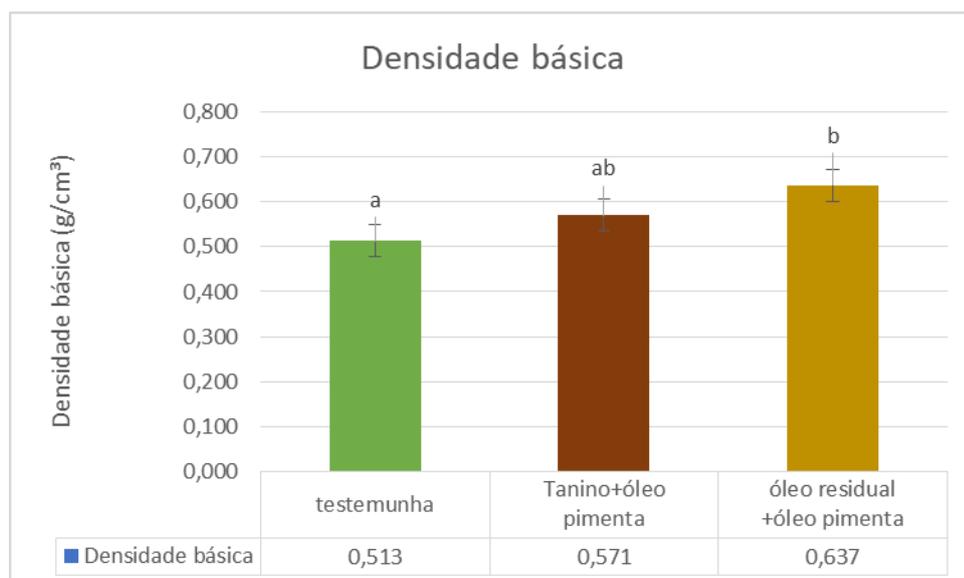


Figura 1. Densidade básicas dos colmos de *Guadua weberbaueri*. testemunha e dos tratamentos preservativos.

As medições da densidade básica se apresentaram estatisticamente diferentes sendo a testemunha a que teve uma menor densidade ($0,513\text{g/cm}^3$), os corpos de prova tratados com tanino + óleo de pimenta longa apresentou pouca diferença ($0,571\text{g/cm}^3$), com densidade básica intermediária e o tratamento de óleo residual + óleo de pimenta longa foi o que teve maior densidade dos três ($0,637\text{g/cm}^3$), apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) com a testemunha.

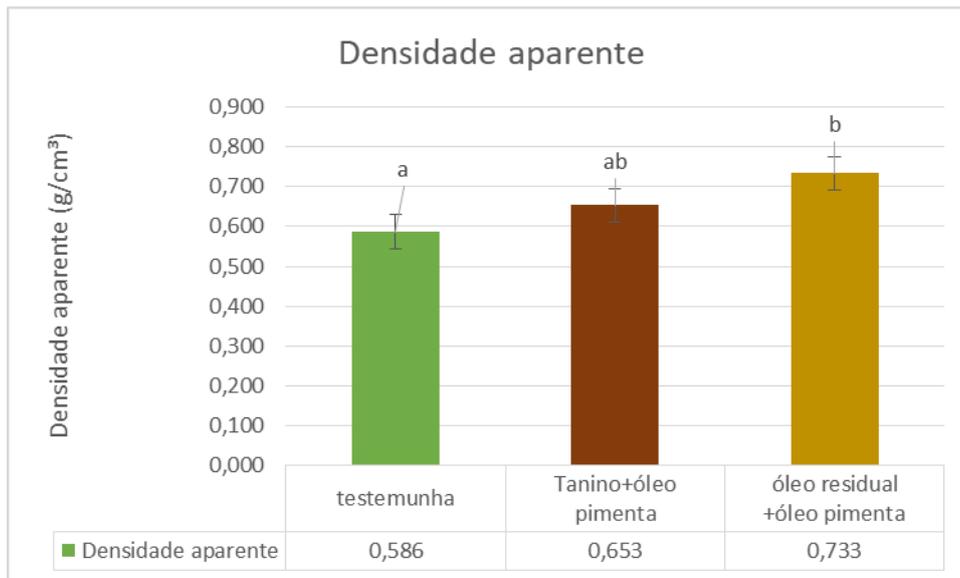


Figura 2. Densidade aparente dos colmos de *Guadua weberbaueri*. testemunha e dos tratamentos preservativos.

As medições da densidade aparente se apresentaram os mesmos resultados estatísticos apresentados pela densidade básica, sendo a testemunha a que teve uma menor densidade ($0,586\text{g/cm}^3$), os corpos de prova tratados com tanino + óleo de pimenta longa apresentou pouca diferença ($0,653\text{g/cm}^3$) e o tratamento de óleo residual + óleo de pimenta longa foi o que teve maior densidade dos três ($0,733\text{g/cm}^3$).

Lobão et al. (2021) estudando a densidade aparente da espécie *Guadua weberbaueri*. testemunha sem ser submetido a deterioração apresentou uma densidade de $0,835\text{g/cm}^3$, mostrando um valor próximo encontrado aos colmos de *Guadua weberbaueri*. tratados com óleo residual + óleo de pimenta longa que foi de $0,733\text{g/cm}^3$, demonstrando que este tratamento preservou a perda de massa seca e, portanto, da estrutura da parede das fibras dos colmos tratados com esse tipo de preservativo.

4.2 CONTRAÇÃO LINEAR, VOLUMÉTRICA E ANISOTROPIA

As medições da contração radial não apresentaram estatisticamente diferenças significativas, mas seguiram a mesma tendência das densidades mostrando que quando maior a densidade maior a contração linear radial.

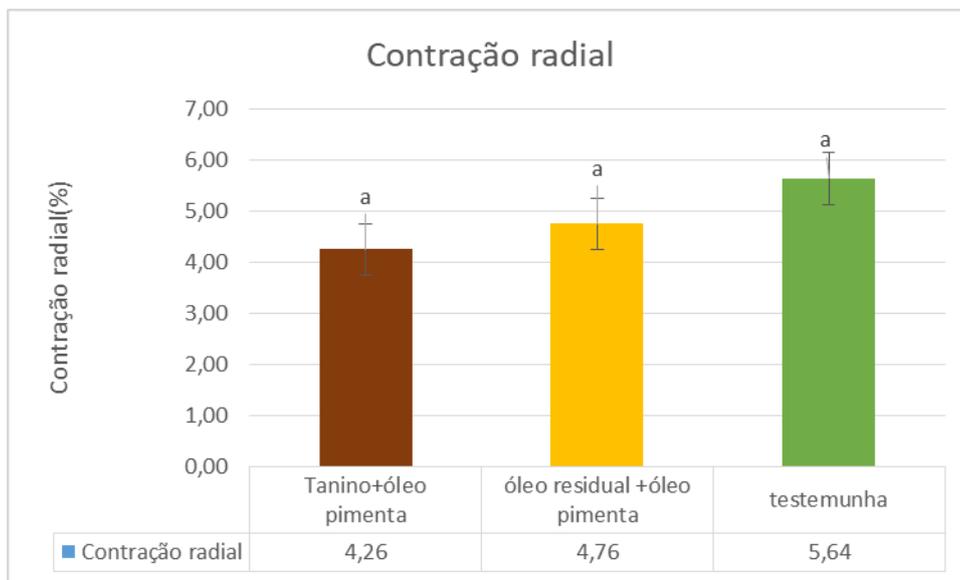


Figura 3- Contração linear radial dos colmos de *Guadua weberbaueri* testemunha e dos tratamentos preservativos.

A contração tangencial apresentou o mesmo comportamento da contração radial, sendo estatisticamente iguais entre si.

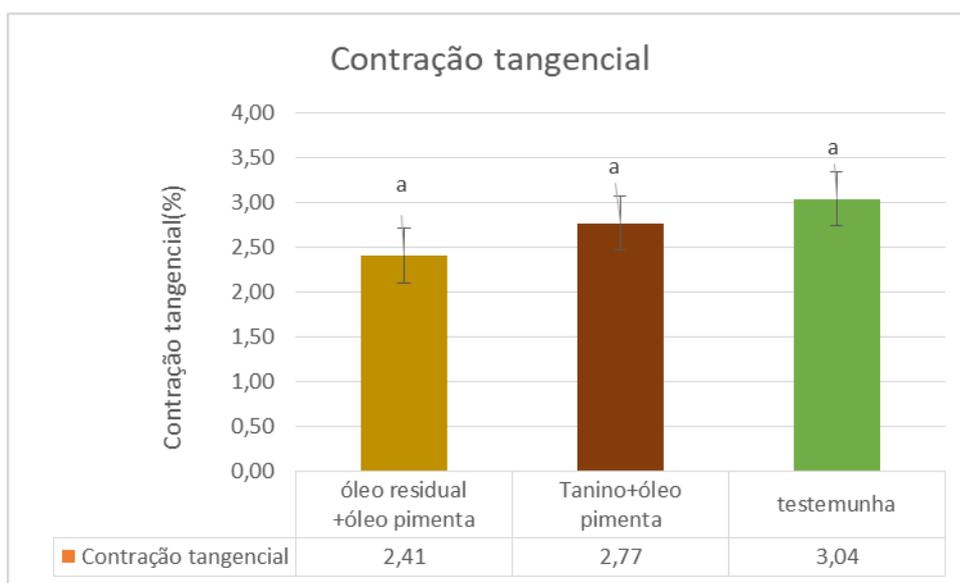


Figura 4- Contração linear tangencial dos colmos de *Guadua weberbaueri*. testemunha e dos tratamentos preservativos.

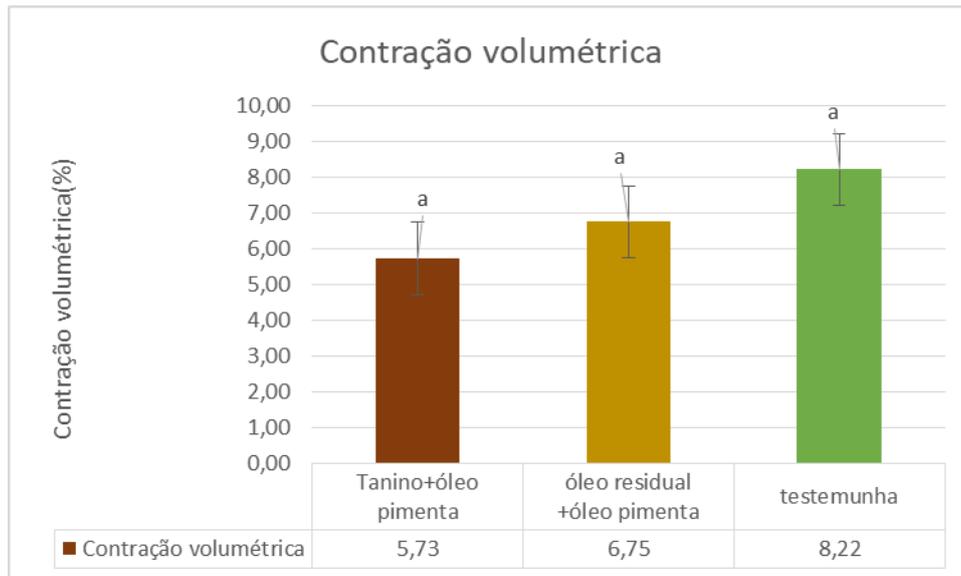


Figura 5- Contração volumétrica dos colmos de *Guadua weberbaueri* testemunha e dos tratamentos preservativos.

A contração volumétrica apresentou o mesmo comportamento da contração radial e tangencial, apresentando pouca diferença entre eles, sendo estatisticamente iguais entre si, porém ainda apresentando valores um pouco maiores para o tratamento de óleo residual + óleo de pimenta longa.

Batista et al. (2010) dentre todas as espécies de clone de *Eucalyptus saligna*, observou-se relação direta entre densidade básica e contração volumétrica máxima e entre densidade básica e coeficiente de retratibilidade volumétrico máximo, mostrando ter uma relação direta entre densidade e retração volumétrica como observado neste trabalho.

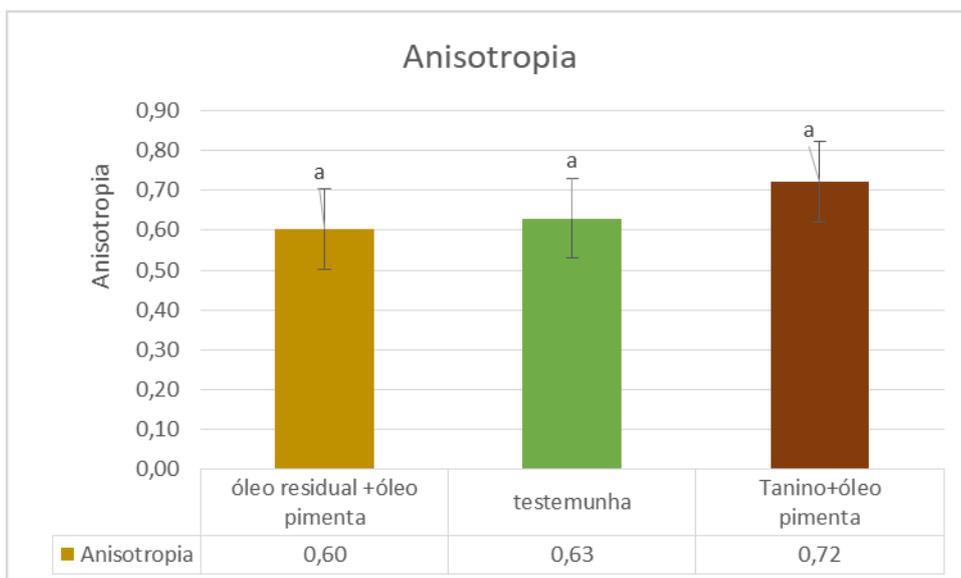


Figura 6. Anisotropia dos colmos de *Guadua weberbaueri* testemunha e dos tratamentos preservativos.

A anisotropia apresentou o mesmo comportamento da contração radial, tangencial e volumétrica não apresentou estatisticamente ($p < 0,05$) diferenças entre si, porém ainda apresentando valores médios maiores para o tratamento de óleo residual + óleo de pimenta longa.

Os valores encontrados para a relação T/R foram menores que 1,0, na testemunha e nos demais tratamentos preservativos, mostram que essa espécie possui coeficiente de anisotropia próximo de 1,0, ou seja, a largura e a espessura incham ou contraem na mesma proporção, atribuindo maior estabilidade dimensional ao bambu, mostrando ter excelentes propriedades para o uso para mobiliário (Brito et al., 2015).

5. CONCLUSÃO

Observando os resultados dos tratamentos preservativos aplicados em comparação a testemunha, percebe-se que o tratamento óleo residual + óleo de pimenta longa foi o tratamento preservativo mais eficiente na preservação da densidade básica (massa seca) e aparente do colmo de *Guadua weberbaueri*., apresentando diferença significativa com a testemunha.

Já o tratamento de tanino + óleo de pimenta longa apresentou um resultado intermediário, com densidade básica (massa seca) e aparente do colmo de *Guadua weberbaueri* maior que a testemunha, mas não apresentando diferenças significativas.

Recomenda se utilizar os tratamentos de óleo residual + óleo de pimenta longa em locais externos e o de tanino + óleo de pimenta longa em locais internos onde os colmos não estejam sujeitos às intempéries.

REFERÊNCIAS

AFONSO, D.G.; SILVA, Z. A. G. P. G. Bambu nativo: alternativa de desenvolvimento econômico e sustentável para o estado do Acre. In: DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil: da biologia a tecnologia**. 1. ed., Rio de Janeiro: ICH, 2017. p. 290-306. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>.

ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em fitopatologia**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 382p.

ARANTES, L. S.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M.; SOARES, V. C. Effect of CCA-C preservative in the dimensional stability of the eucalypt wood. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 45, n. 114, p. 285-293, 2017. Disponível em: DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n114.05](https://doi.org/10.18671/scifor.v45n114.05).

ASTM, D. Standard test method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. **American Society for Testing Materials**, West Conshohocken, Pensilvânia, Estados Unidos da América, 2005. Disponível em: <https://www.astm.org/d2017-05.html> 05.

AZEVEDO, J. L. de; ARAÚJO, W. L. de; LACAVALA, P. T.; MARCON, J.; LIMA, A. O. de S.; SOBRAL, J. K. Guia prático: Isolamento e caracterização de microrganismos endofíticos. **Repositório Piracicaba**, 2010, 167p. Disponível: <https://repositorio.usp.br/item/002137772>.

BAG, N.; CHANDRA, S.; PALNI, L. M. S.; NANDI, S. K. Micropropagation of Dev-ringal [*Thamnochalamus spathiflorus* (Trin.) Munro] – a temperature bamboo, and comparasion between in vitro propagated plants and seedlings. **Plant Science**, Irlanda, v. 156, p. 125-135. 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945200002120>.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 20, p. 665-674, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050982425>.

BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Bambu: características e aplicações**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2004. 180p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283360667_Bambu_Characteristicas_e_aplicacoes

BRITO, F. M. S.; PAES, J. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C.; FANTUZZI NETO, H. Caracterização anatômica e física do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus* Munro). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 22, p. 559-566, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.033913>.

CALEGARI, L.; LOPES, P. J. G.; SANTANA, G. M.; STANGERLIN, D. M.; OLIVEIRA, E.; GATTO, D. A. Eficiência de extrato tânico combinado ou não com ácido bórico na proteção da madeira de *Ceiba pentandra* contra cupim xilófago. **Floresta**, Viçosa, MG, v. 44, n. 1, p. 43-52, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/14823>.

CASTRO, D. P.; CARDOSO, M. G.; MORAES, J. C.; SANTOS, N. M.; BALIZA, D. P. Não preferência de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) por óleos essenciais de *Achillea millefolium* L. e *Thymus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, SP, v. 8, n. 4, p. 27-32, 2006. Disponível em: https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/RBPM-RevistaBrasileiradePlantasMediciniais/artigo6_v8_n4_p027-032.pdf.

CIMMINO, A.; MASI, M.; EVIDENTE, A. Fungal phytotoxins with potential herbicidal activity to control *Chenopodium album*. **Natural product communications**, Via Cintia 4, 80126 Nápoles, Itália, v. 10, n. 6, p. 1119-1126, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1934578X1501000677>.

CORTEZ, A. C. A. **Influência da sazonalidade e do modo de coleta na diversidade de fungos decompositores de madeira submersa de ambientes aquáticos da Região**

Amazônica. 2016. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5632>.

ESELHO, J. C. C.; BERARDO, A. L. Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 12, p. 645-652, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000600012>.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Ensaio acelerado de laboratório para determinação de eficiência de preservativos contra fungos de podridão mole. São Paulo: Publicação IPT, 1157, 1980. 2p.

JUDZIEWICZ, E. J.; CLARK, L. G.; LONDOÑO, X.; STERN, M. J. **American bamboos**. Smithsonian Institution Press, Washington DC. 1999. 392p. Disponível em: [Bambus americanos.20016783787](https://doi.org/10.20016783787).

LIMA, D. N.; AFONSO, D. G.; PONTES, S. M. A. Análise comparativa da estabilidade dimensional de 02 espécies de bambu ocorrentes na Amazônia Ocidental. *In*: Anais do 4º Congresso Paranaense. 2012, Curitiba, PR, **Anais [...]** Curitiba: Universidade Federal de Curitiba, 2012. p. 10-14. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140982/1/25974.pdf>.

LOBÃO, M. S.; GUEDES, F. T. P.; SÁ, M. P.; QUEIORZ, M. N.; ROMEU, L. V. L.; FERNANDES, N. C. L.; POLLITO, P. A. Z.; TOMAZELLO FILHO, M. Modificações anatômicas e física de colmos de *Guadua* sp. submetidos a tratamentos preservativos convencionais e naturais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 57-72, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.24278/2178-5031.202133104>.

MACHEK, L.; EDLUND, M. L.; SIERRA-ALVAREZ, R.; MILITZ, H. A non-destructive approach for assessing decay in preservative treated wood. **Wood Science and Technology**, Alemanha, v. 37, p. 411-417, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00226-002-0161-5>.

MACIEL, A. dos S.; AFONSO, D. G.; DE MIRANDA, E. M. **Plano Estadual de Desenvolvimento do Bambu**. 2016. Disponível em <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1060225>. Acesso em: 8 de ago. 2022.

NELSON, B. W. Natural forest disturbance and change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing Reviews**, Inglaterra, v. 10, n. 1-3, p. 105-125, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02757259409532239>.

OLIVEIRA, K. K. C. **Atividade antimicrobiana de basidiomicetos ocorrentes na Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus - AM, 2014. 67 f. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4285>.

PAES, J. B.; SOUZA, A. D.; LIMA, C. R.; MEDEIROS NETO, P. N. Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e de mamona (*Ricinus communis*) na proteção da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) contra cupins xilófagos em ensaio de preferência alimentar.

Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 35, p. 751-758, 2011. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000400020>.

PEREIRA, M. A. D. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru, SP: Canal 6 Editora, 231 p. 2007. ISBN: 9788579173936.

SÁ, M. P. de. **Caracterização anatômica dos colmos de *Guadua sp.* Coletados em dois microambientes e submetidos a diferentes tratamentos preservativos e graus de deterioração**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019.

SAXENA, S.; PANDEY, A. K. Microbial metabolites as eco-friendly agrochemicals for the next millennium. **Applied microbiology and biotechnology**, Berlim, v. 55, n. 4, p. 395-403, 2001. DOI: 10.1007/s002530000517.

TIBURTINO, R. F.; PAES, J. B.; BERALDO, A. L.; ARANTES, M. D. C.; BROCCO, V. F. Tratamento preservativo de duas espécies de bambu por imersão prolongada e Boucherie modificado. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, RJ, v. 22, p. 124-133, 2015. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/floram/a/Pd8PFkcNFGCBnfcwMYSspqx/?format=pdf&lang=pt>.

TOMAZELLO FILHO, MARIO; AZZINI, ANISIO. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, n. 36, p. 43-50, 1987. Disponível em:
<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr36/cap06.pdf>.

ZABEL, ROBERT A.; MORRELL, JEFFREY J. Wood Microbiology: Decay and its Prevention. **UK: Academic Press Inc**, Londres, 1992. Disponível em:
[https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1317981](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1317981).

Capítulo 9

PRODUÇÃO DE CARVÃO DE BAMBU EM REATOR PORTÁTIL TIPO RETORTA

PRODUCTION OF BAMBOO CHARCOAL IN
PORTABLE RETORTA TYPE REACTOR

FABIANO OSTAPIV
GABRIEL OSTAPIV

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo e o bambu tem se mostrado uma alternativa importante e promissora para a ampliação da produção brasileira de carvão vegetal. A produção de carvão de bambu em pequenas propriedades rurais também é fundamental para acelerar o desenvolvimento da cultura do bambu e a cadeia produtiva baseada nesta planta. O carvão é um produto com viabilidade técnica e econômica que pode trazer muitos benefícios sociais e ambientais, pois sua produção permite gerar renda e diminuir os desperdícios de matéria prima, além de incentivar o reflorestamento e o uso racional e seletivo de bambuzais plantados ou nativos. Neste trabalho foram analisados os processos de produção de bambu carbonizado pelas técnicas de abafamento em tambor de aço, e através de um reator com recirculação e aproveitamento dos gases da pirólise, desenvolvido no conceito de inovação frugal e mínimo produto viável. Verificou-se que o uso do reator portátil com recirculação de gases é mais eficiente, com rendimento médio de 31%. No reator o gradiente de temperatura é mais homogêneo e os fluxos térmicos são maiores. Com tempo médio de carbonização da carga de 50 minutos, o processo permite a produção de carvão em bateladas contínuas com o uso mínimo de dois reatores.

Palavras-chave: Carvão de bambu; Reator portátil para carbonização; Produção caseira de carvão; Inovação frugal; Mínimo produto viável.

ABSTRACT

Brazil is one of the largest producers and consumers of charcoal in the world and bamboo has shown itself to be an important and promising alternative for the expansion of Brazilian charcoal production. The production of bamboo charcoal in Brazilian small rural properties is also essential to accelerate the development of bamboo cultivation and the production chain based in this plant. Charcoal is a product with technical and economic viability that can bring social and environmental benefits, reducing raw material waste in addition to encouraging reforestation, rational and selective use of native or planted bamboo forests. In this work, the production processes of carbonized bamboo were analyzed by two techniques, the rustic smothering in a steel drum, and through an innovative portable reactor with recirculation and use of pyrolysis gasses, developed in the concept of frugal innovation and minimum viable product, with patent pending. The

smothering process is very simple, only a 200-liter steel drum can be used to burn and then smother the combustion of the vegetable load to be carbonized. The process by portable reactor with gas recirculation is simple too, but: has temperatures more homogeneous; is more efficient, with an average yield of 31%. In the reactor, the temperature gradient is more homogeneous and the thermal fluxes are greater. With an average charge carbonization time of 50 minutes, the process allows the production of charcoal in continuous batches with the minimum use of two reactors.

Keywords: Bamboo charcoal; Portable carbonization reactor; Homemade charcoal production; Frugal innovation; Minimum viable product.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo, sendo o eucalipto a espécie mais utilizada para esta finalidade no país. No entanto, existem várias outras matérias primas vegetais que podem ser usadas na produção de carvão tais como: casca de côco e de arroz, capim elefante e bambu, entre outras. Como discutiu Ostapiv (2023), são vários os fatores que permitem classificar o bambu como uma espécie adequada para fornecimento de bioenergia, produção de carvão vegetal e carvão ativo, usado especialmente no tratamento de águas e melhoria de solos.

Como relataram Filgueiras e Viana (2017), existem muitas espécies e uma ampla disseminação de bambus lenhosos de médio e grande porte, em todo o território nacional e Tomazello e Salgado (1987), mostraram que o poder calorífico do carvão de bambu é superior ao do pinus e similar ao dos eucaliptos de média densidade.

Guarnetti (2013) explica que bambus são usados em plantios energéticos em vários locais no mundo e já foram utilizados com sucesso em empreendimentos industriais no Brasil. Guerra et al. (2017), diz que o plantio de bambuzais energéticos pode ser adensado e o ciclo de corte do *Bambusa vulgaris* pode ser de 3 anos sem precisar de replantio, devido a vigorosa brotação.

Andrade et al. (2015), afirma que o custo de produção de uma tonelada de biomassa de *Bambusa* passa a ser menor que o custo da biomassa de eucalipto após o sexto ano do estabelecimento dos plantios, sendo possível então fazer manejo de corte raso do bambuzal a cada três anos, isto durante várias décadas. Seguem explicando que o custo para a

manutenção de bambuzais energéticos é baixo, apesar do investimento de implantação ser elevado, devido ao custo atual das mudas.

O custo com adubação com bambuzais é pequeno, pois os bambus são gramíneas especialistas em buscar e reciclar nutrientes, mesmo em solos pobres, além disso, várias espécies de bambus respondem bem tanto a solos arenosos como argilosos. O uso de defensivos agrícolas nos bambuzais plantados é quase que nulo, pois os bambus são plantas muito rústicas e resistentes.

Shanmughavel et al. (2001) relatou que na Ásia algumas espécies de bambus entouceirantes produziram mais de 83 toneladas por hectare ano de biomassa. Sanqueta et al. (2017), mostrou que pode ser feito corte raso em bambuzais de várias espécies como de *Bambusa vulgaris* e *Bambusa oldhamii*, espécies frequentemente utilizadas em reflorestamentos com finalidade energética.

A forma de manejo adequada para florestas nativas de bambus, como no caso dos bambuzais nativos da floresta do Alto Amazonas, é a retirada seletiva de colmos e nunca o corte raso. A principal dificuldade deste tipo de manejo é a complexidade logística e a grande demanda de mão de obra.

O manejo de bambuzais nativos funciona bem em vários países como, para citar alguns, a China, Song et al. (2011), a Índia, Ram et al. (2010) e o Peru e Serfor (2021). Tewari et al. (2016) e Kaushal et al. (2020) mostraram que os colmos maduros de um bambuzal podem ser cortados seletivamente, anualmente, sem perturbar o sistema radicular da planta nem o solo.

É possível produzir carvão de bambu, de todas as partes lenhosas da planta, no entanto, as partes mais indicadas para esta finalidade são os tocos da região da base do colmo e os rejeitos de processamento, especialmente a serragem.

Imbroisi (2015) mostrou que a produção de carvão de bambu da espécie *Guadua weberbaueri* Pilger, de bambuzais nativos do Acre, pode ser feita em pequena escala por comunidades originárias e de modo extrativista. Em seu trabalho, Andrade et al. (2015), obteve um rendimento de conversão de biomassa em carvão vegetal de 39 %, para a espécie *Bambusa vulgaris*.

A robustez e o vigor da planta, aliadas a capacidade de regeneração do bambuzal após a colheita, a elevada produção de biomassa e o saldo positivo de fixação de carbono no solo, caracterizam bambuzais plantados e nativos, como importante fonte de material

lignocelulósico e de energia renovável, constituindo uma alternativa viável e promissora para o setor florestal-madeireiro brasileiro.

A produção de carvão de bambu é fundamental para acelerar o desenvolvimento da cultura do bambu e da cadeia produtiva baseada nesta planta no Brasil, país com tradição no setor carvoeiro. O carvão de bambu é um produto com viabilidade técnica, social, ambiental e econômica, cuja produção permite diminuir os desperdícios gerados na indústria florestal de base e depois na indústria de processamento de colmos e produtos à base de bambu.

O carvão de bambu tem várias aplicações, podendo ser utilizado diretamente para fins energéticos, Guarnetti (2013) e Silva (2016); para melhoria do solo, Joseph et al. (2010), Trazzi (2014) e Teixeira et al. (2017); no tratamento de gases, Asada et al. (2002); no tratamento de água e esgoto, Presznhuk (2004) e Dwivedi et al (2014), Vareli e Pires (2023).

O desenvolvimento da tecnologia de fornos e reatores pequenos, portáteis, de baixo custo e eficientes, são fundamentais para viabilizar a produção de carvão vegetal em pequenas comunidades, cooperativas e propriedades rurais, nos locais onde o bambu é produzido, seguindo o espírito da legislação brasileira sobre o incentivo à cultura do bambu.

A Lei 12.484 de 2011 estabeleceu a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu, além disso, vários estados da nação brasileira têm leis que incentivam e promovem o plantio de bambuzais e buscam o estabelecimento de cadeias produtivas regionais e locais com base nesta planta, para citar algumas.

- No Rio Grande do Sul a Política Estadual de Apoio ao Bambu foi estabelecida pela Lei 14.638 de 2014.
- O Estado de Goiás publicou a Lei 20.411 de 2019, na qual instituiu a Política de Incentivo à Cultura do Bambu daquele estado.
- Recentemente, no Paraná foi promulgada a Lei 21.162 de 2022, que estabelece o Incentivo à Cultura do Bambu.

2. OBJETIVO

Neste trabalho é mostrado o projeto básico e o funcionamento de um equipamento portátil para produção de carvão de bambu, constituído por um par de tambores de aço, carcaça e reator tipo retorta, desenvolvido no conceito de mínimo produto viável e

inovação tecnológica frugal, cujo pedido de patente BR10-2022-002978-4, foi solicitado em fevereiro de 2022.

Também são analisados os resultados da produção de carvão de bambu por meio destes dois sistemas, o tradicional sistema por abafamento em um tambor de aço e no equipamento portátil com reator tipo retorta apresentado neste trabalho.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi analisado o processo de produção de bambu carbonizado pela técnica de abafamento dentro de um tambor de aço de 200 litros e os principais problemas existentes com esta técnica. Foram carbonizadas 5 cargas de bambu usando a técnica de abafamento da carga em tambor de aço. Depois foi analisado o processo de produção de bambu carbonizado com o uso de um reator portátil no qual ocorre o aproveitamento dos gases combustíveis gerados na pirólise e foram carbonizadas 5 cargas de bambu com o uso deste equipamento.

No processo por abafamento, o tambor forno de 200 litros recebe no seu interior a carga vegetal a ser carbonizada. Este tambor apresenta cortes no fundo formando uma grelha por onde passam as chamas que queimam a carga vegetal. Após algum tempo queimando a carga, o tambor é tampado na parte superior com uma tampa de aço e abraçadeira metálica para tambor e lacrado na sua base com o uso de terra ou areia, como mostrado na figura 2. Com isso, se evita a entrada de ar no interior do tambor e a combustão já iniciada se mantém sem oxigênio, provocando a pirólise da carga. Apesar de ineficiente, a técnica de abafamento é muito usada para obtenção de carvão vegetal, pois é uma técnica barata e acessível.

No processo tipo retorta, foram utilizados dois tambores de aço, um menor chamado de reator com volume de 40 litros que contém a carga vegetal fresca de material lenhoso a ser carbonizado. O tambor maior, de 200 litros, serve como carcaça, fornalha e câmara de combustão, dentro do qual é colocado o reator, como mostrado na figura 4.

A principal diferença existente entre os dois sistemas é o aproveitamento ou não dos gases combustíveis produzidos pela carga vegetal durante a carbonização e a variação da temperatura na carga. No processo por abafamento, a energia térmica dos gases combustíveis é desperdiçada, enquanto no equipamento com reator tipo retorta os gases são aproveitados como combustível e queimados dentro da câmara de combustão, melhorando a eficiência do processo de carbonização da carga e a qualidade final do

carvão produzido. Além disso, no processo por abafamento a variação da temperatura da carga é maior que no processo usando o reator.

Para fazer as cargas de carvão foram utilizados pedaços de colmos de *Dendrocalamus asper*, todos com 4 anos de idade, provenientes do plantio experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Dois Vizinhos, mostrado na figura 1. A plantação iniciada em 2014, está situada em nitossolo vermelho distroférico, na altitude média de 519m, em clima subtropical úmido mesotérmico.



Figura 1: Plantio experimental de *Dendrocalamus asper* na UTFPR Dois Vizinhos. Foto: Brun (2017).

3.1 O PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO POR ABAFAMENTO

O processo por abafamento é simples, no qual pode ser usado apenas um tambor de aço de 200 litros, com tampa de aço e abraçadeira, para queimar e depois abafar a combustão da carga vegetal a ser carbonizada. É um processo intuitivo para produção de carvão vegetal, simulando o abafamento de uma fogueira no solo, esta simplicidade é um dos principais motivos pelo qual é ainda bastante utilizado. Apesar disso, o método é ineficiente e apresenta vários problemas técnicos, como baixo rendimento, desperdício de gases da pirólise, excesso de fumaça e grande perda de calor nas diferentes regiões do tambor, resultando numa baixa produtividade e um carvão produzido bastante heterogêneo.

Imbroisi (2015), trabalhando com a técnica de abafamento para produção de carvão de bambu no Acre, construiu um reator com um tambor de aço de 200 litros no qual incorporou uma região superior com entrada de ar e chaminé, como mostrado na figura 2. Neste caso, a ignição deste equipamento se dá a partir do topo da carga.



Figura 2: Processo de produção de carvão de bambu por abafamento em tambor de aço com chaminé. Fonte: Imbroisi (2015).

Neste processo de carbonização Imbroisi (2015), obteve os seguintes resultados:

- Rendimento médio do protótipo: 16,9%
- Massa inicial da matéria prima precursora (bambu): 40 kg
- Massa final do carvão produzido (média): 4,7 kg
- Tempo médio para completar a queima de uma carga: 70 minutos
- Temperatura média do forno no processo de queima: 421°C
- Só pode ser utilizada carga vegetal (bambu) seco.

Ostapiv et al. (2021), mostraram como produzir carvão vegetal pelo processo de abafamento em tambor de aço. Na figura 3, é mostrada a sequência produtiva usada pelos autores, o carregamento do tambor com peças de bambu frescas, o fechamento com tampa e abraçadeira de aço, a vedação da base do tambor com areia e a mistura final de madeira de bambu torrada e carvão, obtidos no processo. Os autores mostraram que o material contido na parte inferior do tambor carbonizou razoavelmente, enquanto o material da

parte superior não, produzindo uma quantidade significativa de peças de bambu torrado ou semi-carbonizados, como mostrado também na figura 3.



Figura 3: Processo de abafamento em tambor. (a) interior do tambor, detalhe da grelha ao fundo, (b) carregamento e ignição, (c) fechamento com tampa e abraçadeira de aço, (d) vedação da base com areia, (e) carvão heterogêneo produzido, (f) detalhe de peças de bambu semi carbonizadas.

Fonte: Ostapiv et al. (2021).

Segundo Ostapiv et al. (2021), a diferença no processo de carbonização da carga vegetal contida na parte superior, em relação a carga da região inferior do tambor, tem várias causas, entre elas:

- Controle deficiente do processo de carbonização;
- Necessidade de completar a carga inicial com mais material fresco, após o material contido no tambor já estar em combustão;
- Diferença significativa de temperaturas entre a região superior e a região inferior do tambor;

- A ignição da carga fresca ocorrer a partir da base do tambor, isto faz com que parte do material contido no fundo do tambor seja completamente queimada, virando cinzas, enquanto uma parcela do material contido na região superior do tambor ainda não esteja ignizada adequadamente.

Na figura 4 é mostrado, através de imagens em infravermelho, a diferença de temperaturas a que o tambor está sujeito, devido principalmente a influência convectiva do meio externo.

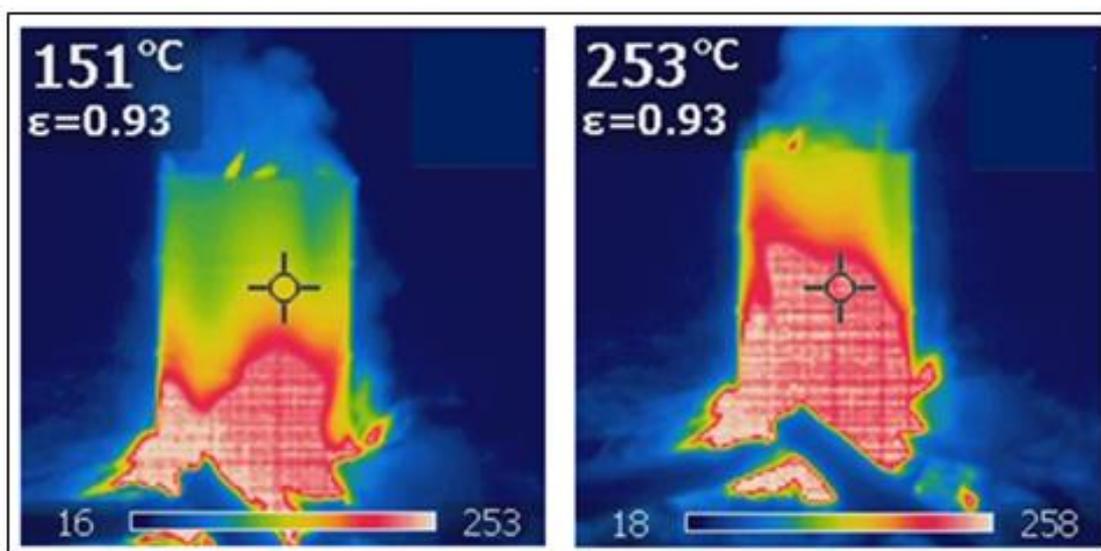


Figura 4: Aquecimento do tambor carcaça usado no processo de produção de carvão vegetal por abafamento. Fonte: fotos dos(as) autores(as).

3.2 CARBONIZAÇÃO NO REATOR PORTÁTIL TIPO RETORTA COM CAPACIDADE DE 40 LITROS E COM QUEIMADORES TUBULARES

O reator mostrado neste trabalho é portátil, tem pequenas dimensões e peso e é do tipo retorta, ou seja, o equipamento permite a recirculação e o aproveitamento dos gases combustíveis gerados no processo de carbonização da carga vegetal.

O equipamento é constituído por um par de tambores de aço com diâmetros diferentes, como mostrado na figura 5. O reator mostrado neste trabalho foi construído com um tambor de aço de capacidade nominal de 40 litros, cuja relação diâmetro por altura é de 37 x 57cm e massa sem tampa de 6,7kg. Após carregado, o reator pode ser lacrado com tampa e abraçadeira metálica e colocado no interior do tambor de capacidade nominal de 200 litros e dimensões 59 x 84cm, chamado de tambor carcaça.

Ao se introduzir o tambor reator dentro do tambor carcaça é formado um espaço interno no conjunto que funciona como uma câmara de combustão anular, local onde é queimado parte dos gases combustíveis produzidos na fornalha externa e também dos gases produzidos no interior do reator, devido a pirólise da carga lenhosa.

Fazem parte do reator portátil: uma tubulação para coleta dos gases, dois queimadores tubulares, uma tampa e uma abraçadeira metálica e alças para manuseio do reator, como mostrado nas figuras 5 e 6, onde são indicadas as principais partes e peças do reator e também do tambor carcaça.

Por estar encapsulado dentro do reator, o carvão produzido não apresentou contaminantes externos. O processo de produção de carvão vegetal neste tipo de reator permite trabalhar com bateladas contínuas, sem precisar apagar a fornalha. Para isso é necessário o uso de pelo menos dois reatores, quando o reator com carvão for retirado do tambor carcaça, um segundo reator contendo uma carga fresca pode ser introduzido no interior do tambor carcaça já aquecido, reiniciando o processo.

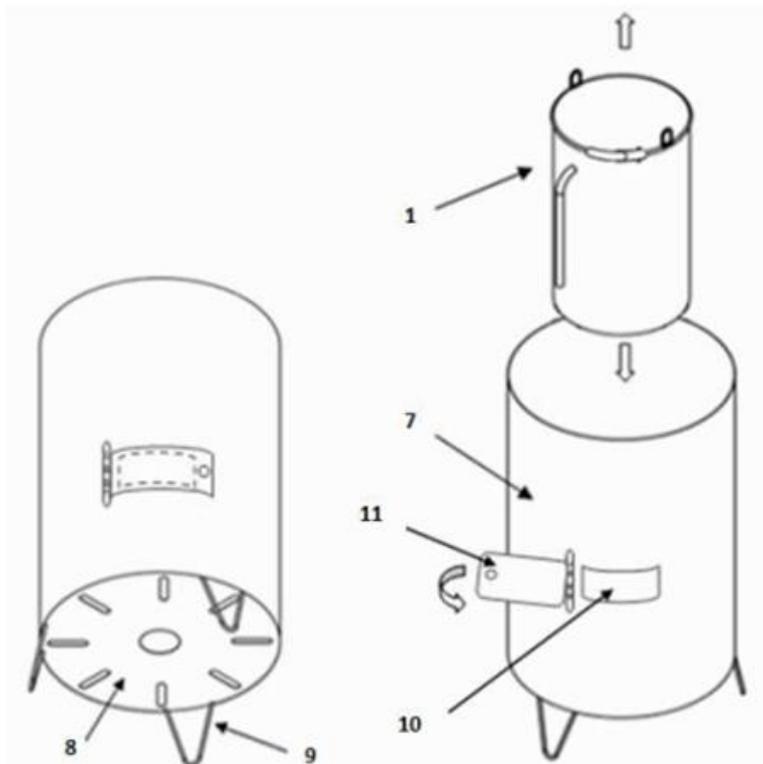


Figura 5: Desenho do conjunto do reator (1) que pode ser colocado ou retirado do tambor carcaça (7) que apresenta: grelha (8), pés (9), janela de inspeção (10) e portinhola (11). Fonte: Pedido de patente BR10-2022-002978-4.

No reator portátil a produção de madeira anidra ou de carvão com diferentes graus de carbono fixo pode ser obtida, tendo como parâmetro de referência, a existência e a qualidade das chamas dos queimadores e o tempo de permanência do reator no interior na câmara de combustão.

O arrefecimento do reator pode ser feito com velocidades diferentes, lentamente dentro do tambor carcaça ou rapidamente no ar ou com a aspersão de água sobre a superfície externa do reator.

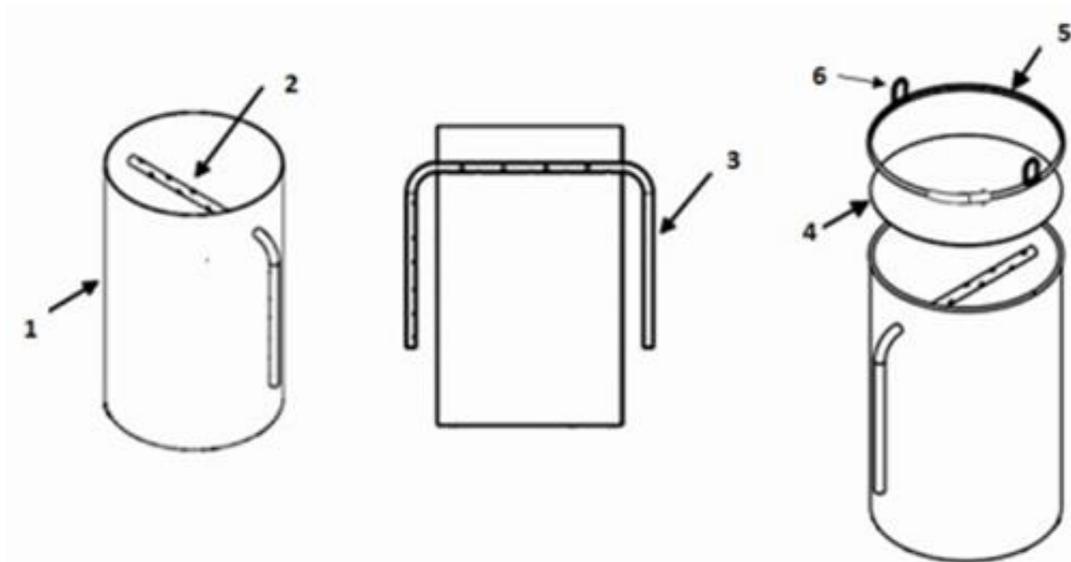


Figura 6: Detalhes do reator (1) com tubulação coletora de gases (2), queimadores tubulares (3), tampa de aço (4), abraçadeira metálica para tambores (5) com alças para manuseio (6). Fonte: BR10-2022-002978-4.

Na figura 7a é mostrado o protótipo do reator carregado com bambu fresco, na figura 7b, o reator sendo retirado do tambor carcaça com os pés e o fundo incandescente.

Na fornalha externa, situada na base do tambor carcaça, podem ser queimados resíduos de madeira e bambu para dar ignição e depois manter o sistema aquecido e em funcionamento, porém os gases produzidos no interior do reator são queimados na câmara de combustão anular e tem as chamas direcionadas para o centro do reator, através dos queimadores tubulares de fluxo radial, como mostrado na figura 7c.



Figura 7: Tambor reator de 40 litros com queimadores tubulares. (a) aberto com carga fresca, (b) sendo retirado do tambor carcaça com o fundo incandescente, (c) detalhe das chamas dos queimadores. Fonte: Ostapiv et al. (2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O CARVÃO DE BAMBU OBTIDO NOS DIFERENTES PROTÓTIPOS

O carvão obtido nos dois processos analisados é mostrado na figura 8, onde é possível verificar diferenças na coloração e na qualidade do material final produzido. Esta variação é causada pelas diferenças significativas de temperaturas e fluxos térmicos existentes nos processos de carbonização da carga.

Na figura 8a são mostradas peças de bambu semi carbonizadas, este tipo de material ocorre frequentemente no processo de abafamento da carga dentro de tambores, mostrando a deficiência no controle da pirólise da carga neste processo.

Já a produção de carvão esbranquiçado, com baixa densidade e elevado grau de carbono fixo, exige elevadas temperaturas no processo de carbonização. O carvão de bambu com coloração prateada esbranquiçada, mostrado na figura 8c, foi obtido no reator com queimadores tubulares. Este equipamento apresentou elevadas temperaturas médias da carga, bom controle da carbonização e menor tempo para produção de uma batelada de carvão. Teixeira et al. (2017), explicam que o carvão de bambu produzido em elevadas temperaturas, têm maior potencial de retenção de água e aplicações para melhorias no solo.



Figura 8: Diferença visual na coloração do carvão produzido no processo de abafamento e no reator tipo retorta. (a) bambu semicarbonizado frequente no processo por abafamento, (b) carvão preto obtido em ambos processos, (c) carvão “branco” produzido em alta temperatura obtido somente no reator tipo retorta. Fonte: fotos dos(as) autores(as).

Os resultados médios obtidos no processo de pirólise com o reator portátil tipo retorta foram:

- Massa inicial de bambu mossô com teor de umidade de 12%: 17kg
- Massa de bambu anidro: 15kg
- Massa final do carvão produzido: 4,7kg
- Rendimento médio do reator: 31%
- Tempo médio para completar a queima de uma carga: 50 minutos (este tempo varia em função do teor de umidade, carregamento do reator e das dimensões da matéria prima)

Na figura 9 é mostrado o reator aberto, com carga de bambu fresco e depois com a carga já carbonizada. Verificou-se a redução de aproximadamente 40% do volume da carga após o processo de carbonização.



Figura 9: Reator portátil tipo retorta de tambor de aço mostrando a carga fresca de bambu e depois com o carvão produzido. Fonte: fotos dos(as) autores(as).

Constatou-se que o processo de carbonização feito no equipamento portátil tipo retorta é mais eficiente que o processo de abafamento, pois com o uso deste equipamento:

- Ocorre a queima do combustível gasoso gerado no processo, dentro da câmara de combustão do equipamento.
- As chamas são orientadas radialmente no interior da câmara de combustão.
- O carvão obtido é homogêneo e de melhor qualidade.
- O processo tem maior rendimento de conversão.
- O fluxo térmico sobre a carga é maior.
- A carga pode ser arrefecida rapidamente.
- No reator também é possível carbonizar material “verde” ou com elevada quantidade de umidade.

Na figura 10 são mostrados os gradientes de temperatura existentes no reator após a retirada do mesmo do tambor carcaça quando não existiam mais chamas nos queimadores.

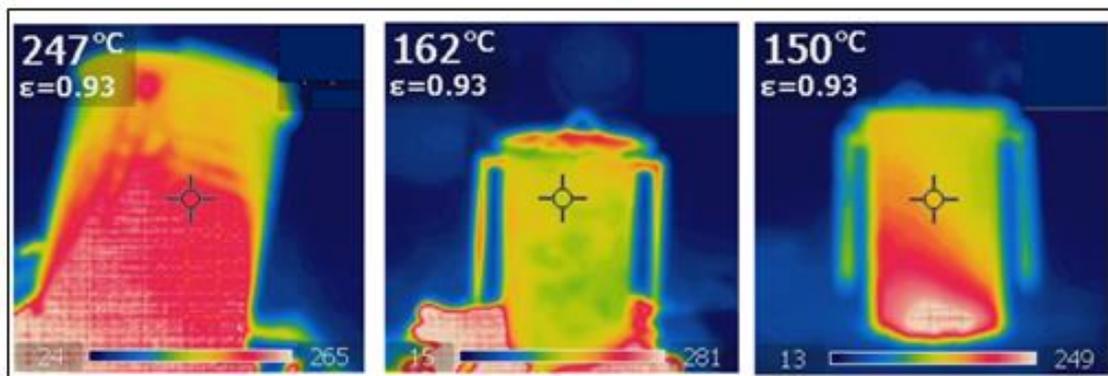


Figura 10: Imagens em infravermelho mostrando o gradiente térmico no reator durante o processo de arrefecimento no ar, após retirada do forno. Fonte: fotos dos(as) autores(as).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os princípios adotados para o desenvolvimento do reator portátil foram o de mínimo produto ou processo viável e de inovação frugal com uso de poucos recursos. Assim, no desenvolvimento do equipamento, optou-se pelas soluções que fossem simples, acessíveis e com menor custo. Evidentemente que a solução adotada não é a melhor solução técnica possível, mas certamente é uma solução eficiente e viável que permite a produção de carvão de bambu em pequena escala, por populações originárias, comunidades mais carentes, cooperativas, e pequenos agricultores, com a característica que o carvão pode ser produzido no próprio local de extração dos colmos de bambu.

O reator com queimadores tubulares, apresentado no equipamento é uma novidade, motivo pelo qual sua patente foi solicitada. O conjunto de tambores de aço forma um sistema portátil, acionado a lenha e que pode produzir carvão vegetal por bateladas contínuas em pequena escala. O controle do processo de carbonização da carga vegetal pode ser feito visualmente pela existência ou não de chamas dos queimadores, podendo ser produzidas cargas de material com diferentes graus de carbonização. O processo de carbonização no equipamento tipo retorta, pode funcionar continuamente, desde que para isso, sejam utilizados pelo menos dois reatores. Retira-se o reator quente com carvão já produzido para ser colocado o segundo reator com carga fresca e assim sucessivamente.

Outras melhorias em relação ao processo de abafamento são: a possibilidade de resfriar o reator rapidamente, após o mesmo ter sido retirado do forno, este arrefecimento pode ser feito no ar, na água ou ainda em outros meios, produzindo um carvão final diferenciado. Possibilidade de carbonizar a carga vegetal verde ou saturada com água, característica importante do equipamento que permite verificar processos de ativação do carvão, através do uso de banhos químicos aliados à vaporização da água contida na carga vegetal.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. G. Potencialidades do Bambu. **Sustentabilidade em Debate**. Brasília, v. 7, n.3, p. 178-195, dez/2016. Disponível em: <https://doi.org/10.18472/2016.21887>.

ANDRADE, J. K. B., OLIVEIRA E., LIMA, C.R., CALEGARI, L., COSTA JÚNIOR D.S., BORGES FILHO, O. S. Potencial produtivo de carvão vegetal da espécie *Bambusa vulgaris* Schrad. cultivado em Timon, MA. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 10, n. 3, p. 29-33, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i3.3619>.

ASADA, T., ISHIHARA, S., YAMANE, T., TOBA, A., YAMADA, A., OIKAWA, K., Science of Bamboo Charcoal: Study on Carbonizing Temperature of Bamboo Charcoal and Removal Capability of Harmful Gases. **Journal of Health Sciences**, Bósnia, 48(6) 473–479, dez. 2002. Disponível em: 10.1248/jhs.48.473.

BRASIL. Lei nº 12.484/2011 - 9 de setembro de 2011. **Institui a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 set. 2011. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112484.htm.

DWIVEDI, A., JAIN, N., PATEL, P., SHARMA, P., The versatile bamboo charcoal In: **International Conference on Multidisciplinary Research & Practice**. Índia, vol. 1. VII,

ISSN 2321-2705, 2014. p.129-131. Disponível em:
<https://www.rsisinternational.org/Issue7/129-131.pdf>.

ESTADO DE GOIÁS. LEI 20.411 / 2019 - **Política Estadual de Incentivo à Cultura do Bambu**. Goiás, 2019. Disponível em:
<https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/100635/pdf>. Acesso em: 1 set. 2022.

ESTADO DO PARANÁ. LEI 21.162 / 2022 - **Lei de Incentivo à Cultura do Bambu**. Paraná, 2022. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-21162-2022-parana-institui-a-lei-de-incentivo-a-cultura-do-bambu>.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. LEI N.º 14.638/2014 - **Institui a Política Estadual de Apoio ao Bambu**. Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em:
<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/LEI%2014.638.pdf>. Acesso em: 1 set. 2022.

FILGUEIRAS, T.S.; VIANA, P.L. Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação. *In*: DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil: da biologia a tecnologia**. 1. ed., Rio de Janeiro: ICH, 2017. p. 10-27. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>.

GUARNETTI, R.L. **Cogeração de eletricidade utilizando bambu no Brasil: aspectos técnicos econômicos e ambientais**. 2013, 156f. Tese (Doutorado em Ciências). Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-13062014-133458/publico/GuannettiCorrigida.pdf>.

GUERRA, S.P.S.; SILVA, M. A.; GARCIA, L. A.; MELO, R. X.; TICELLI, M.; MENDES, C. R. L. G.; BRITO, C. M. Estudo de caso de plantio adensado de *Bambusa vulgaris*. *In*: DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil: da biologia a tecnologia**. 1. ed., Rio de Janeiro: ICH, 2017. p. 281-289. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>.

HUB BAMBOO, Entrevista com Osmarino Borges, especialista em produção de biomassa de bambu. Parte 2. Disponível em:
https://archive.org/details/podcast_hubbamboocast_entrevista-com-osmarino-borges_1000426872387. Acesso em 01 fev. 2019.

IMBROISI, B. **Uso do bambu nativo acreano *Guadua Weberbaueri* Pilger para o desenvolvimento de um carvão funcional em um sistema de baixo custo**. 2015, 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia.) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2015.

JOSEPH, S.; CAMPS-ARBESTAIN, M.; LIN, Y.; MUNROE, P.; CHIA, C. H.; HOOK, J.; VAN ZWIETEN, L.; KIMBER, S.; COWIE, A.; SINGH, B. P.; LEHMANN, J.; FOIDL, N.; SMERNIK, R. J.; AMONETTE, J. E. An investigation into the reactions of biochar in soil. **Australian Journal of Soil Research**, Austrália, v. 48, p. 501–515, 2010. Disponível em:

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=BF13031A5D9B253085E1F4A07AC48511?doi=10.1.1.587.1331&rep=rep1&type=pdf>.

KAUSHAL, R.; TEWARI, S.; BANIK, R. L.; THAPLIYAL, S. D.; SINGH, I.; REZA, S.; DURAI, J. Root distribution and soil properties under 12-year old sympodial bamboo plantation in Central Himalayan Tarai Region. **Agroforestry Systems**, Índia, v. 94, p. 917-932. 2020. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/337263550_Root_distribution_and_soil_properties_under_12-year_old_sympodial_bamboo_plantation_in_Central_Himalayan_Tarai_Region_India.

ORTHEY, A. L. **Uso do bambu industrializado no Brasil e sua aplicação no design de móveis: estudo de caso da empresa Oré Brasil**. 2015, 130f. Dissertação (Mestrado em Design) - Setor de Artes, comunicação e design da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/40910>.

OSTAPIV, F., OSTAPIV, L.K., OSTAPIV, G., **Inovação frugal no desenvolvimento de fornos de baixa capacidade para produção de carvão de bambu**. Capítulo de: A Engenharia Mecânica na UTFPR - Vol. 3, Editora Casaletas, Porto Alegre, p. 30 – 40, 2021. ISBN: 978-65-86625-33-2. Disponível em: https://www.casaletas.com/_files/ugd/4a0b98_c87699d0b9a04e47968783bb61e21322.pdf.

OSTAPIV, F., SALAMON, C. O bambu como material para engenharia - Produtos, ensaios e modelamento. *In: A Engenharia Mecânica na UTFPR – Vol. 2*, Porto Alegre: Editora Casaletas, 2020 p. 61-76. ISBN: 978-65-86625-14-1, Disponível em: https://www.casaletas.com/_files/ugd/4a0b98_c4654f26dbf8499b8fc01eaa8202b9cb.pdf.

OSTAPIV, F. Usos e propriedades do carvão de bambu. *In: Anais XI ENSUS - Encontro de Sustentabilidade em Projeto*, v.11, n.3, parte 3, p.48 - 61, Florianópolis, 2023.

OSTAPIV, G., OSTAPIV, F. Equipamento portátil para produção contínua de carvão vegetal com forno e reator feitos com barris de aço, com aproveitamento dos gases combustíveis da carbonização numa câmara de combustão anular através de queimadores tubulares de fluxo radial com possibilidade de inspeção e manipulação do reator durante o processo. **Pedido de Patente**, INPI BR10-2022-002978-4, depósito: 16 fev. 2022.

PRESZNHUK, R. A. O. **Estudo da viabilidade do filtro de carvão de bambu como pós-tratamento em estação de tratamento de esgoto por zona de raízes: tecnologia ambiental e socialmente adequada**. 2004. 110p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2004.

RAM, N.; SINGH, L.; KUMAR, P. Bamboo plantation diversity and its economic role in North Bihar, India. **Nature and Science**. Índia, v.8. n.11, p.111-115, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343889603_Bamboo_plantation_diversity_and_its_economic_role_in_North_Bihar_India.

SANQUETTA, C.R.; MOGNON, F.; CORTE, A.P.D.; NOVAES, A.B.; BLUM, C.T. Em busca de características promissoras: avaliação experimental de seis espécies de bambu em

Pinhais – PR. In: DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: ICH, 2017. p. 270-280. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>.

SANTOS, O. J. Processo para produção de carvão vegetal com aproveitamento dos gases da pirólise. **Patente brasileira**: PIO9O1244-3 A2, 2010.

SERFOR. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. **Manual de manejo integral del bambú (*Guadua angustifolia Kunth*)**. Experiencias en la región Amazonas. Lima, Peru, 2021.

SHANMUGHAVEL, P.; PEDDAPPAIAH, R.S.; MUTHUKUMAR, T. Biomass production in an age series of *Bambusa* bamboos plantations. **Bioresource Technology**, Holanda, v. 20, p. 13-117, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00069-6).

SILVA, M. F. **Propriedades energéticas da biomassa e do carvão vegetal de espécies de bambu e clones de eucalipto**. 2016. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/c81a854a-0bbc-4dec-905a-fb851eb3a325>.

SONG, X.; ZHOU, G.; JIANG, H.; YU, S.; FU, J.; LI, W.; WANG, W.; MA, Z.; PENG, C. Carbon sequestration by Chinese bamboo forest and their ecological benefits: assessment of potential, problems, and future challenges. **NRC Research Press**, v. 19, p. 418-428, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/a11-015>.

TEIXEIRA, W. G.; MARQUES, J. D. O.; STEINER, C.; FLANAGAN, R. Retenção de água em carvão de bambu e madeira produzidos a diferentes temperaturas. In: DRUMOND, P. M; WIEDMAN, G. (orgs). **Bambus no Brasil: da biologia a tecnologia**. 1. ed., Rio de Janeiro: ICH, 2017. p. 368-381. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>.

TEWARI, S.; BANIK, R. L.; KAUSHAL, R.; BHARDWAJ, D. R.; CHATURVEDI, O. P. C.; GUPTA, A. K. Bamboo based agroforestry systems. In: **Bamboos in India**, ENVIS Centre of Forestry, India: National Forest Library and Information Centre, 2016. p. 261-284. Disponível em: <https://frienvis.nic.in/WriteReadData/UserFiles/file/Content-Page/Books/Bamboo/Bamboo-Based-Agroforestry.pdf>.

TOMAZELLO FILHO, J.O.B.M., SALGADO, L.B. Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu. **IPEF**, Piracicaba, SP, n.36, p. 13-17, ago.1987. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr36/cap02.pdf>.

TRAZZI, P. A. **Uso do biocarvão na produção de mudas e no crescimento inicial de *Pinus taeda***. 2014. 117 f. Tese (doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/37925?show=full>

VARELI, L. H.; PIRES, R. R. **Filtro gravitacional com carvão de bambu para águas pluviais: um estudo de caso da UTFPR-PB**. Trabalho de conclusão do curso de

Engenharia Mecânica da UTFPR-PB. Pato Branco, 2023. 64p. Disponível em:
<http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/32551>.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Moises Silveira Lobão, nasceu no interior de Minas Gerais no ano de 1975, possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2000), mestrado em Ciências Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2002) e doutorado em Recursos Florestais pela Esalq/USP (2011). Desde o ano de 2004 é professor da Universidade Federal do Acre e tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, atuando principalmente nos seguintes temas: dendrocronologia (dendroclimatologia e dendroecologia) e tecnologia da madeira e dos bambus nativos da Amazônia (caracterização anatômica e físico-mecânica de madeiras e bambus nativos da Amazônia).

MOISÉS

Silveira Lobão



BERENICE

Kussumoto de Alcântara da Silva



Berenice Alcântara, nasceu em 1984, no interior de São Paulo. Vive em Rio Branco, Acre, e tem atuado na docência desde 2017 na Universidade Federal do Acre (UFAC). É graduada em Engenharia Florestal, com mestrado e Doutorado pela Universidade de São Paulo e The Ohio State University. Os seus trabalhos centram-se, sobretudo, nas temáticas da genética, anatomia, fisiologia e bioquímica de plantas dando ênfase, atualmente, aos bambus nativos da Amazônia

SOBRE OS ORGANIZADORES

Leila Priscila Peters, nasceu em 1985, no município de Mafra - Santa Catarina. Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007). Mestrado (2011) e doutorado (2016) em Ciências pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP) no programa de Genética e Melhoramento de Plantas. Realizou pós-doutorado pelo programa de Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, na Universidade Federal do Acre. Atualmente, é professora adjunta na Universidade Federal do Acre. Tem experiência na área de genética e microbiologia, com ênfase em genética molecular e bioquímica da interação entre plantas e microrganismos e também tem experiência como docente em cursos de graduação e pós-graduação.

LEILA
Priscila Peters



MÁRCIO
Aurélio Dantas Ferreira



Márcio Aurélio Dantas Ferreira, nasceu no município de Coroatá Maranhão em 1979, possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Acre (2005), Mestrado em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Acre - UFAC (2021) e especialização em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental pela Faculdade Barão do Rio Branco (2010). Atualmente é pesquisador da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre. Tem experiência na área de Recursos Florestais, com ênfase em Recursos Florestais e Engenharia Florestal, atuando principalmente nos seguintes temas: Gerenciamento Florestal, Manejo Florestal sustentável de Impacto Reduzido, Modelo Digital de Exploração Florestal - Modeflora, Uso do Gps de Alta Sensibilidade, Geoprocessamento.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Neila Fernandes (1984), natural de Cruzeiro do Sul, Acre. Servidora pública da UFAC desde 2006, atua como técnica de laboratório - área florestal e tem experiência como docente da EJA - Ensino Médio (2007/2008). Mestre em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia pela Universidade Federal do Acre (2016). Especialista em Pedagogia Gestora (2007) e em Engenharia de Segurança do Trabalho (2023). Graduada em Engenharia Florestal (2014) e em Letras/Inglês (2006). Suas publicações são na área de tecnologia da madeira e bambu, sementes florestais, solos e educação ambiental.

NEILA
Cristina de Lima Fernandes



LUCAS
Vieira Lemos Romeu



Lucas Vieira Lemos Romeu (1995), natural de Rio Branco, Acre. Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Acre (2020) e MBA em Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental (2023). Possui produções científicas nas áreas de Anatomia da Madeira, Estudo, tratamento e utilização do bambu, Geoprocessamento no estudo de queimadas e da Floresta Amazônica. Participação e experiência em ações socioeconômicas, de educação e vivência com comunidades florestais, além de gestão de propriedades rurais. Atualmente trabalha para o Sebrae como Agente Local de Inovação Rural no estado de São Paulo.