

ROBSON BORGES DE LIMA
JADSON COELHO DE ABREU
CINTHIA PEREIRA DE OLIVEIRA
(Organizadores)

MENSURAÇÃO E MANEJO DE

**FLORESTA
DE VÁRZEA
NA AMAZÔNIA**

Atena
Editora
Ano 2022

**ROBSON BORGES DE LIMA
JADSON COELHO DE ABREU
CINTHIA PEREIRA DE OLIVEIRA**
(Organizadores)

MENSURAÇÃO E MANEJO DE

**FLORESTA
DE VÁRZEA
NA AMAZÔNIA**

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Mensuração e manejo de Floresta de Várzea na Amazônia

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Robson Borges de Lima
Jadson Coelho de Abreu
Cinthia Pereira de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M548 Mensuração e manejo de Floresta de Várzea na Amazônia / Organizadores Robson Borges de Lima, Jadson Coelho de Abreu, Cinthia Pereira de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0223-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.237220806>

1. Florestas - Amazônia. I. Lima, Robson Borges de (Organizador). II. Abreu, Jadson Coelho de (Organizador). III. Oliveira, Cinthia Pereira de (Organizadora). IV. Título.

CDD 577.34098113

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



AGRADECIMENTOS

Nossos mais calorosos agradecimentos a: Maria de Fátima Medeiros Mendes, Raimundo Luiz de Souza Santos, Thainara Mendes Santos, Thiago Mendes Santos e Thaís Mendes Santos por suas inestimáveis colaborações, apoio e cuidados durante todo o trabalho de campo, pela estadia e alimentação bem como na ajuda com a instalação das parcelas identificação das espécies inventariadas. Agradecemos também a nossas famílias e amigos por seu inestimável apoio, paciência e confiança enquanto organizávamos este livro, na maioria das vezes durante nosso tempo livre. Também gostaríamos de agradecer aos nossos respectivos grupos de pesquisa e colegas próximos de nossas instituições pelo grande apoio e entusiasmo, pois tal resultado não seria possível sem o ambiente estimulante que cada um de nós teve em seu ambiente acadêmico.

Também somos profundamente gratos à Universidade do Estado do Amapá pelo apoio financeiro aos projetos de iniciação científica dos bolsistas autores de cada capítulo.

Por último, e mais importante, gostaríamos de agradecer a cada leitor a quem este livro possa ajudar, cujo entusiasmo e curiosidade sobre a floresta Amazônica fazem tudo valer a pena.

PREFÁCIO

Por que este livro e como ele deve ser lido?

Este livro mostra, em cada capítulo, informações que explicam como ajustar modelos para quantificar os principais atributos dendrométricos das espécies e prever, por meio de simulação, o manejo e regulação em floresta de várzea estuarina na Amazônia. É um livro didático orientado com dados coletados em campo com parte de suas aplicações realizadas e praticadas em R, destinado a leitores que desejam se familiarizar com o campo da biometria florestal. O livro não pretende revisar todo o campo da mensuração e regulação da produção de madeira, pois está se desenvolvendo com extrema rapidez em outros trabalhos, mas sim explicar as principais etapas da construção, avaliação e aplicação de modelos de maneira simples e ilustrada. Deve, assim, ser útil para nortear cursos de graduação em trabalhos de monografias e/ou iniciação científica, ou workshops especializados, e ajudar os investigadores não familiarizados com esta área a analisar os seus próprios dados. Aconselhamos que os leitores iniciem a leitura pelo Capítulo 1, que explica com mais detalhes sobre o que trata o livro.

SUMÁRIO

RESUMO 1

CAPÍTULO 1 2

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA NO ESTADO DO PARÁ

Renan Mendes Santos
Robson Borges de Lima
Jadson Coelho de Abreu
Erik Patrik Furtado Carvalho
Robson Matheus de Araújo Silva
Anthoinny Vitória dos Santos Silva
Rodrigo Galvão Teixeira de Souza
Gabriel Victor Caetano Carvalho Liarte
Franciléia Dias Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2372208061>

CAPÍTULO 2 23

EMPREGO DO MÉTODO BDQ PARA SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE MANEJO EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA NO PARÁ

Renan Mendes Santos
Robson Borges de Lima
Jadson Coelho de Abreu
Erik Patrik Furtado Carvalho
Robson Matheus de Araújo Silva
Anthoinny Vitória dos Santos Silva
Rodrigo Galvão Teixeira de Souza
Gabriel Victor Caetano Carvalho Liarte
Franciléia Dias Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2372208062>

CAPÍTULO 3 41

MODELAGEM ALOMÉTRICA DE ALTURA EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA DO DISTRITO DE ITATUPÁ, MUNICÍPIO DE GURUPÁ-PA

Robson Matheus de Araújo Silva
Robson Borges de Lima
Jadson Coelho de Abreu
Renan Mendes Santos
Erik Patrik Furtado Carvalho
Anthoinny Vitória dos Santos Silva
Rodrigo Galvão Teixeira de Souza
Gabriel Victor Caetano Carvalho Liarte
Franciléia Dias Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2372208063>

CAPÍTULO 4.....57

**MODELAGEM DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA,
GURUPÁ-PARÁ**

Erik Patrik Furtado Carvalho
Robson Borges de Lima
Jadson Coelho de Abreu
Renan Mendes Santos
Robson Matheus de Araújo Silva
Anthoinny Vittória dos Santos Silva
Rodrigo Galvão Teixeira de Souza
Gabriel Victor Caetano Carvalho Liarte
Franciléia Dias Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2372208064>

SOBRE OS ORGANIZADORES 74

RESUMO

A Amazônia brasileira possui inúmeros ambientes com as mais variadas características e dentre os predominantes, destaca-se a floresta de várzea, que apesar de ser um ecossistema rico, é considerado muito frágil do ponto de vista ambiental. Inúmeros distúrbios ocorrem neste ambiente, ocasionados principalmente por ações antrópicas de desmatamento. Isso implica na necessidade de se conhecer a diversidade, composição florística e a estrutura da vegetação para que se possam elaborar planos de manejo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição florística, estrutura horizontal, diamétrica e alternativas de manejo pelo método de BDq em áreas de floresta de várzea estuarina do Rio Amazonas. O estudo foi realizado em duas áreas (A e B) de floresta de várzea estuarinas localizadas na mesorregião do Marajó, Distrito de Itatupã, Município de Gurupá – PA. Foi realizado o inventário florestal adotando-se o processo de amostragem em conglomerados. Foram mensurados, identificados e etiquetados todos os indivíduos arbóreos com diâmetro a 1,30 m do solo ≥ 5 cm. A caracterização da estrutura horizontal foi realizada pelos parâmetros fitossociológicos objetivando identificar as espécies de maior valor de importância. Para a análise da estrutura diamétrica, geração e simulação de cenários de manejo voltados para a atividade madeireira e produção de açaí foi empregado o método BDq. As famílias de maior riqueza nas áreas de várzea estuarina no Distrito de Itatupã são a Fabaceae e Malvaceae. As espécies de maior representatividade são *Mora paraensis*, *Carapa guianensis*, *Terminalia amazonia* e *Virola surinamensis*. O índice de diversidade de Shannon (H') e de equabilidade de Pielou (J') foram respectivamente de 2,92 nats/ind. e 0,80 para a “Área A” e 3,31 nats/ind. e 0,83 para a “Área B”. A distribuição diamétrica nas duas áreas de estudo apresentou uma distribuição exponencial negativa na forma de “J invertido”. O quociente “q” de De Liocourt não se manteve constante para nas classes de diâmetro, porém não apresentou alta discrepância, indicando que a floresta apresenta uma estrutura normal para florestas nativas. De modo geral, a estrutura da comunidade apresenta-se em bom estado de conservação sem a ocorrência de distúrbios que possam comprometer a dinâmica da população. As alternativas de manejo propostas com o quociente “q” maior que o original e com área basal remanescente de 50%, demonstraram maior viabilidade, sendo com o aumento de “q” em 10% (“q” entre 1,64 e 1,68) para o manejo de áreas voltadas para a produção de açaí e de 50% (“q” entre 2,23 e 2,30) para área voltadas a atividade madeireira.

CAPÍTULO 1

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA NO ESTADO DO PARÁ

Franciléia Dias Monteiro

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/3410999183805417>

Renan Mendes Santos

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/6751541946371025>

Robson Borges de Lima

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/4180291284433803>

Jadson Coelho de Abreu

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/0255405274248451>

Erik Patrik Furtado Carvalho

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/0179061099243562>

Robson Matheus de Araújo Silva

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/7301686932036215>

Anthoinny Vitória dos Santos Silva

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/9526751955180441>

Rodrigo Galvão Teixeira de Souza

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/1490305056999060>

Gabriel Victor Caetano Carvalho Liarte

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/7813823127471028>

RESUMO: Dentre as fitofisionomias florestais na Amazônia brasileira a floresta de várzea ocupa uma pequena extensão margeando bacias da região. Apesar de ser um ecossistema rico, é considerado muito frágil do ponto de vista ambiental. Inúmeros distúrbios ocorrem neste ambiente, ocasionados principalmente pela extração ilegal de madeira. Portanto, estudos sobre a diversidade, composição florística e a estrutura da vegetação são fundamentais para o desenvolvimento de planos de ação que visem o uso correto deste ecossistema. O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição florística e estrutura horizontal em áreas de floresta de várzea estuarina do Rio Amazonas. O estudo foi conduzido realizando-se o inventário florestal em duas áreas localizadas na mesorregião do Marajó, Distrito de Itatupã, Município de Gurupá – PA. Foi utilizado o processo de amostragem em conglomerados. Todos os indivíduos arbóreos ($DAP \geq 5\text{cm}$) foram mensurados, etiquetados e identificados em nível de espécie. A caracterização da estrutura horizontal foi realizada pelos parâmetros fitossociológicos objetivando identificar as espécies de maior valor de importância. Em síntese, as famílias de maior riqueza nas áreas de várzea estuarina no Distrito de Itatupã são a Fabaceae e Malvaceae. As espécies de maior representatividade são *Mora paraensis*, *Carapa guianensis*, *Terminalia*

amazonia e *Virola surinamensis*. O índice de diversidade de Shannon (H') e de equabilidade de Pielou (J') foram respectivamente de 2,92 nats/ind. e 0,80 para a “Área A” e 3,31 nats/ind. e 0,83 para a “Área B”. A distribuição diamétrica nas duas áreas de estudo apresentou uma distribuição exponencial negativa na forma de “J invertido”. A estrutura da comunidade apresenta-se em bom estado de conservação sem a ocorrência de distúrbios que possam comprometer a dinâmica da população.

PALAVRAS-CHAVE: Diversidade. Estrutura Florestal. Inventário Florestal. Manejo Florestal.

FLORISTIC COMPOSITION AND PHYTOSOCIOLOGY IN FLOODPLAIN FOREST IN THE STATE OF PARÁ

ABSTRACT: Among the forest phytophysionomies in the Brazilian Amazon, the lowland forest occupies a small area bordering basins of the region. Despite being a rich ecosystem, it is considered very fragile from an environmental point of view. Numerous disturbances occur in this environment, mainly caused by illegal logging. Therefore, studies on diversity, floristic composition and vegetation structure are essential for the development of action plans aimed at the correct use of this ecosystem. The objective of this work was to evaluate the floristic composition and horizontal structure in areas of estuarine lowland forest of the Amazon River. The study was carried out by carrying out a forest inventory in two areas located in the Marajó mesoregion, Itatupã District, Gurupá Municipality - PA. The cluster sampling process was used. All tree individuals ($DBH \geq 5\text{cm}$) were measured, labeled and identified at species level. The characterization of the horizontal structure was carried out by phytosociological parameters in order to identify the species of greatest importance. In summary, the richest families in the estuarine floodplain areas in the District of Itatupã are Fabaceae and Malvaceae. The most representative species are *Mora paraensis*, *Carapa guianensis*, *Terminalia amazonia* and *Virola surinamensis*. The Shannon diversity index (H') and Pielou equability index (J') were respectively 2.92 nats/ind. and 0.80 for “Area A” and 3.31 nats/ind. and 0.83 for “Area B”. The diametric distribution in the two study areas showed a negative exponential distribution in the form of an “inverted J”. The community structure is in a good state of conservation without the occurrence of disturbances that could compromise the dynamics of the population.

KEYWORDS: Diversity. Forest Structure. Forest Inventory. Forest management.

INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira possui inúmeros ambientes com as mais variadas características de solo, vegetação, clima, altitude, temperatura, entre outros, que participam e possibilitam a interação entre os mais diversos fatores abióticos e bióticos para manutenção da biodiversidade (OLIVEIRA; AMARAL, 2004; SOUZA *et al.*, 2014). Dentre os predominantes ambientes amazônicos, destaca-se a várzea ou floresta ombrófila densa aluvial, a qual possui importância econômica, social e ambiental, que abrange desde os ribeirinhos às grandes empresas do setor madeireiro, gerando a produção de bens e serviços ambientais (PIRES; PRANCE, 1985; VALOIS, 2008; HIGUCHI *et al.*, 2010).

Segundo Raseira (2008) e IBGE (2012), às áreas de várzea estão localizadas em

volta dos rios, lagos, paranás, furos e igarapés, e abrangem cerca de 250.000 km² ao longo da calha do rio Amazonas, Solimões e seus principais tributários, representando 5% da superfície da Amazônia Legal. As florestas em si são o segundo tipo de vegetação mais abundante na Amazônia, cobrindo 75.880,8 km² aproximadamente 1,6% do bioma (MIRANDA *et al.*, 2018).

Na região Amazônica, as várzeas ocupam o estuário em terrenos recentes do canal do norte do Amazonas e áreas dos principais rios da região, sujeitas a inundações por ocasião dos movimentos das marés (SANTOS, 2004; IBGE, 2012). São responsáveis por grandes extensões de cobertura vegetal nativa, associados a rios de água branca com grande aporte de água doce e sedimentos decorrentes do ciclo diário de enchentes e vazantes. Devido às inundações, uma grande quantidade de material sedimentar é carregada diariamente para essas áreas, o que lhe confere solos com alta fertilidade (RAMOS; AZEVEDO, 2009).

Apesar de ser um ecossistema rico, as florestas de várzea são consideradas muito frágeis do ponto de vista ambiental. Inúmeros distúrbios ocorrem nas várzeas estuarinas, os quais vêm sofrendo ações predatórias em seus ambientes naturais, causadas sobretudo pela ação desordenada da extração do palmito e de espécies madeireiras para comercialização. Isso implica na necessidade de se conhecer a diversidade, composição florística e a estrutura da vegetação para que se possam elaborar planos de manejo (SCOLFORO, 1998; SCHNEIDER; FINGER, 2000; CARIM; JARDIM; MEDEIROS, 2008).

A crescente exploração dos recursos naturais das várzeas estuarinas tem levado a perda de muitas espécies da flora (BARROS; UHL, 1996), diminuindo significativamente a oferta de inúmeros benefícios que este tipo de vegetação traz, como por exemplo o sequestro de carbono (NOGUEIRA, 2008), fornecimento de produtos florestais madeireiros, não madeireiros (DURIGAN; SILVEIRA, 1999; ABREU *et al.*, 2014), refúgio da fauna e conservação dos recursos hídricos (QUEIROZ *et al.*, 2005).

O conhecimento sobre a composição, diversidade e estrutura da vegetação que compõem as várzeas tornam-se essenciais para se planejar a utilização e conservação dos recursos dessas áreas de forma sustentável, junto à sua importância na manutenção dos cursos d'água. É importante salientar que a maioria dos estudos sobre a composição florística e fitossociologia, imprescindíveis para se entender a estrutura da vegetação, caracterizam-se pelo enfoque descritivo num determinado momento da floresta, e na grande maioria das florestas de várzea estuarina na Amazônia essas informações ainda são insipientes e escassas.

Considerando que o conhecimento da composição florística é fundamental para o embasamento da formulação de planos de manejo criteriosos, a análise da estrutura da vegetação funciona como uma ferramenta essencial para a confiabilidade dos resultados. Isso porque indica o nível de participação das espécies por meio da avaliação conjunta da

estrutura horizontal e diamétrica da floresta.

Estudos voltados para a análise estrutural da vegetação podem inferir sobre o grau de perturbação e subsidiar planos de ações a fim de minimizar os impactos antrópicos sobre o ecossistema de várzea estuarina e agregar valor aos produtos através do manejo sustentável, garantindo o desenvolvimento socioeconômico e equilíbrio ambiental.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a composição florística, estrutura horizontal e diamétrica como subsídio para o manejo e ordenamento em áreas de floresta de várzea estuarina do Rio Amazonas. Como objetivos secundários pretendeu-se: a) Quantificar a composição florística, diversidade e estrutura fitossociológica em duas áreas de floresta de várzea estuarina localizadas do Distrito de Itatupá, Município de Gurupá (PA); b) Avaliar o estado físico das áreas através da distribuição diamétrica dos povoamentos e inferir sobre o grau de perturbação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em duas áreas de floresta de várzea estuarinas localizadas na região norte da ilha grande de Gurupá, na “Região das Ilhas”, mesorregião do Marajó (IBGE, 2020) no distrito de Itatupá, município de Gurupá - PA. A primeira área denominada de “Área A” está localizada nas coordenadas $0^{\circ}32'54.68''S$ e $51^{\circ}15'11.10''O$. A segunda área denominada de “Área B” está situada nas coordenadas $0^{\circ}35'37.87''S$ e $51^{\circ}27'26.40''O$ (FIGURA 1). A distância entre as áreas de estudo é cerca de 23,25 km e a área mais distante (Área B) fica aproximadamente a 83 km de Macapá.

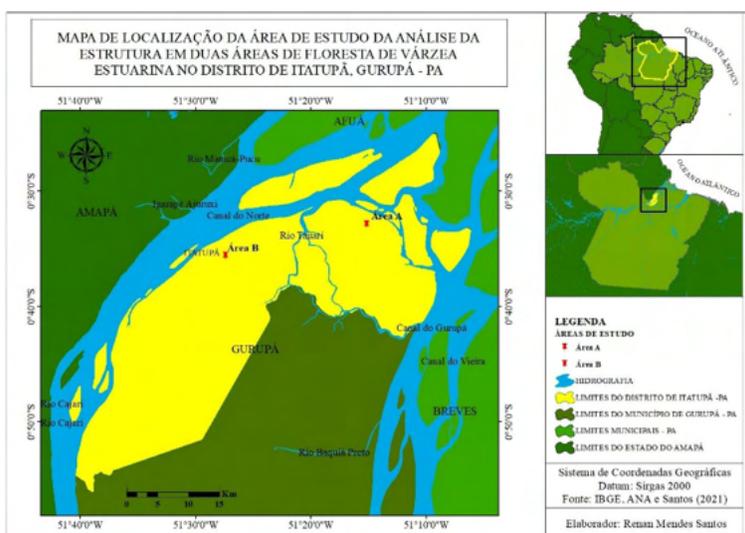


Figura 1- Localização da área de estudo de cenários de manejo em floresta de várzea na

Amazônia.

A vegetação presente na ilha Grande de Gurupá e demais ilhas é de floresta de várzea estuarina. Com base na classificação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO, 2016) a “Área A” apresenta ecossistema de várzea alta e várzea baixa, já a “Área B” além do ecossistema de várzea alta e baixa, apresenta à influência de ecossistema de igapó. E, ainda segundo o ICMBIO (2016) Podemos citar como algumas das espécies mais relevantes do ponto de vista econômico [e ecológico] na região, o açazeiro - *Euterpe oleracea* Mart, a ucuúba - *Virola surinamensis* Warb, a andiroba - *Carapa guianensis*, o pau mulato - *Calycophyllum spruceanum* Benth, o cedro - *Cedrela odorata*, macacaúba - *Platymiscium filipes*, açacu - *Hura crepitans*, seringueira - *Hevea brasiliensis* Mart, o pracaxi - *Pentaclethra maculosa*. o taperebá - *Spondias lutea*, cinzeira - *Terminalia amazonica* (J.F.Gmel) Exell.”, etc.

O principal acidente geográfico é o rio Amazonas que se subdivide em dois grandes canais: o canal do Norte e o canal de Gurupá, que circundam a ilha grande do Gurupá e formam diversas ilhas (SEPOF, 2011). De acordo com a classificação de Köppen, as áreas possuem clima do tipo “Ami” com regime pluviométrico anual definido por estação seca, embora com índices pluviométricos capazes de garantir níveis hídricos necessários à constituição de uma biodiversidade local específica. A temperatura média anual é de 26° C. A precipitação anual é sempre maior que 2.000 mm. As estações são praticamente inexistentes. A umidade relativa do ar é maior que 80%, com ausência total de período seco. A formação geológica corresponde ao período quaternário, composta por unidade de aluviões, ou seja, por coberturas sedimentares recentes, que compreende depósitos aluviais não consolidados de variada granulometria, formando uma ampla planície aluvial (VIEIRA; SANTOS, 1987; BRASIL, 1974).

Os solos predominantes na região de estudo são do tipo hidromórficos gleizados eutróficos (húmico e pouco húmico), de textura siltosa, nas margens das Ilhas do Amazonas, e argilosa à medida que se distânciam para o interior (EMBRAPA, 2006; IBGE, 2012).

Amostragem e obtenção dos dados

Foi realizado o inventário florestal adotando-se o processo de amostragem em conglomerados. Foram alocadas três unidades de amostra (unidades primárias) distribuídas aleatoriamente em cada área, totalizando uma área amostral de 2,4 ha, sendo 1,2 ha em cada área. Cada unidade de amostra foi constituída de quatro subunidades (unidades secundárias) compostas de uma parcela retangular de 20 x 50 m a uma distância de 50 m do ponto central, formando uma cruz alinhada nas quatro direções cardeais, adaptado da metodologia estabelecida pelo Serviço Florestal Brasileiro e adotado no inventário florestal nacional.

Em cada unidade secundária foram mensurados, identificados e etiquetados todos

os indivíduos arbóreos com diâmetro a 1,30 m do solo DAP \geq 5 cm. O reconhecimento das árvores (indivíduos) em campo (nome comum) foi realizado com o auxílio de um parataxonomista, além disso, foram descritas características da espécie para auxiliar na comparação e na identificação dos nomes científicos e quando possível foi realizado registros de material botânico por meio de fotos.

Os nomes científicos das espécies e seus respectivos autores foram confirmados e atualizados por bibliografia específica e por meio dos sites como do Missouri Botanical Garden (<https://www.missouribotanicalgarden.org/>). O sistema de classificação adotado foi o APG IV (2016).

Composição florística, diversidade e esforço amostral

A análise da composição florística foi realizada através da comparação da distribuição dos indivíduos (MOREIRA, 2014), onde cada espécie foi agrupada na família botânica correspondente. Para analisar a diversidade florística das áreas estudadas foram empregados o Índice de Shannon (H'), que fornece a idéia do grau de incerteza em prever a qual espécie pertence um indivíduo retirado aleatoriamente da população e o Índice de Equabilidade de Pielou (J'), que provém do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes, sendo que seu valor pode variar entre de 0 a 1, onde 0 representa a uniformidade mínima e 1 a máxima (SCOLFORO *et al.*, 2008). Os referidos índices foram calculados através das seguintes expressões:

$$p_i = n_i/N \quad (3)$$

$$H' = -\sum p_i * (\ln p_i) \quad (4)$$

$$J' = H'/\ln(S) \quad (5)$$

Em que: p_i = proporção de indivíduos da i -ésima espécie; n_i = número de indivíduos amostrados para a espécie i ; N = número total de indivíduos amostrados; H' = Índice de Shannon; J' = Equabilidade de Pielou; S = número total de espécies amostradas.

A suficiência amostral foi analisada a partir da relação entre a riqueza de espécies e esforço amostral (área amostral; número de subunidades)

Estrutura Horizontal

A caracterização da estrutura horizontal foi realizada pelos parâmetros fitossociológicos objetivando identificar as espécies de maior Valor de Importância (VI). Foram realizadas as estimativas de Frequências, Densidades e Dominâncias absolutas e relativas. O somatório destes parâmetros (relativos) indica as espécies com maior Valor de Importância. De acordo com Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) estes parâmetros podem ser obtidos da seguinte forma:

- Densidade absoluta DA_i (6) e relativa DR_i (7) da i -ésima espécie.

$$DA_i = \frac{n_i}{A} \quad (6)$$

$$DR_i = \frac{DA_i}{\sum_{i=1}^n DA_i} * 100 \quad (7)$$

em que: DA_i = densidade absoluta da i -ésima espécie, em número de indivíduos por hectare; n_i = número de indivíduos da i -ésima espécie na amostragem; n = número total de indivíduos amostrados; A = área total amostrada, em hectare; DR_i = densidade relativa (%) da i -ésima espécie.

- Dominância absoluta DoA_i (8) e relativa DoR_i (9) da i -ésima espécie.

$$DoA_i = \frac{AB_i}{A} \quad (8)$$

$$DoR_i = \frac{DoA_i}{\sum_{i=1}^n DoA_i} * 100 \quad (9)$$

em que: DoA_i = dominância absoluta da i -ésima espécie, em m^2 /ha; AB_i = área basal da i -ésima espécie, em m^2 , na área amostrada; A = área amostrada, em hectare; DoR_i = dominância relativa (%) da i -ésima espécie.

- Frequência absoluta FA_i (10) e relativa FR_i (11) da i -ésima espécie.

$$FA_i = \frac{u_i}{u_t} * 100 \quad (10)$$

$$FR_i = \frac{FA_i}{\sum_{i=1}^p FA_i} * 100 \quad (11)$$

em que: FA_i = frequência absoluta da i -ésima espécie na comunidade vegetal; FR_i = frequência relativa da i -ésima espécie na comunidade vegetal; u_i = número de unidades amostrais em que a i -ésima espécie ocorre; u_t = número total de unidades amostrais; P = número de espécies amostradas.

- Valor de Importância da i -ésima espécie VI_i

$$VI_i = DR_i + DoR_i + FR_i \quad (12)$$

$$VI_i(\%) = VI_i/3 \quad (13)$$

RESULTADOS

Composição Florística

Foram inventariados um total de 946 indivíduos arbóreos (394,17 n/ha), distribuídos em 23 famílias e 60 espécies conhecidas e 5 não identificadas. Das 23 famílias, 2 ocorreram exclusivamente na “Área A” e 6 na “Área B”. E das 60 espécies, 9 foram exclusivas da “Área

A” e 23 na “Área B”. O índice de diversidade de Shannon (H') e de equabilidade de Pielou (J') foram respectivamente de 2,92 nats/ind. e 0,80 para a “Área A” e 3,31 nats/ind. e 0,83 para a “Área B”.

O total de indivíduos amostrados na “Área A” foi de 444 indivíduos arbóreos (370 n/ha), equivalente a uma área basal de 41,1447 m² (34,2872 m²/ha) distribuídos em 17 famílias (14,17 por hectare), 37 espécies conhecidas correspondendo a 30,83 espécie por hectare (neste estudo referido com sp./ha) e 3 não identificadas (6 indivíduos; TABELA 2).

As famílias que apresentaram maior riqueza foram a Fabaceae com 11 (29,73%) espécies e Malvaceae com 5 (13,51%), totalizando 43,24% das espécies, além disso, as famílias que apresentaram o maior número de indivíduos foram Fabaceae (84; 18,92%), Meliaceae (69; 15,54%), Myristicaceae (66; 14,87%) e Combretaceae com 52 (11,71%) indivíduos correspondendo a 61,04% dos indivíduos, e as três espécies de maior abundância foram *Carapaguianensis* (68; 15,32%), *Virola surinamensis* (66; 14,86%) e *Terminalia amazonia* com 52 (11,71%) indivíduos amostrados, o que representa 41,89%.

Família	Nome Científico	Nome comum
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Taperebá
Aptandraceae	<i>Aptandra tubicina</i> (Poepp.) Benth. Ex Miers	Chapéu de Pedro
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Almesca
Calophyllaceae	<i>Caraipa densifolia</i> Mart.	Tamaquaré
Caryocaraceae	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Piquiarana
Chrysobalanaceae	<i>Licania macrophylla</i> Benth.	Anuerá
	<i>Couepia áximaes</i> (Mart. & Zucc.) Benth. Subsp. <i>Paraensis</i>	Xirana
Clusiaceae	<i>Symphonia Globulifera</i> L. F.	Anani
	<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	Jacareúba
Combretaceae	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	Cinzeira
	<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. Ex A.Juss.) Müll.Arg.	Seringueira
Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.	Açacú
	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Murupita

	<i>Crudia glaberrima</i> (Steud.) JF Macbr.	Angelim da várzea/ curumaruaana
	<i>Macrolobium acaciifolium</i> (Benth.)	Esonja
	<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	Faveira
	<i>Inga</i> spp.	Ingá
Fabaceae	<i>Crudia oblonga</i> Benth. <i>Pithecellobium</i> sp.	Iperana branca Jaranduba do mato
	<i>Pterocarpus amazonicus</i> Huber	Mututi
	<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Mututirana/ Mututiaçú
	<i>Swartzia polyphylla</i> DC.	Pitaíca
	<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	Pracaxí
	<i>Mora paraensis</i> (Ducke) Ducke	Pracuúba
	<i>Hernandia guianensis</i> Aubl.	Ventosa
Lecythidaceae	<i>Allantoma lineata</i> (Mart. Ex O. Berg) Miers	Cerú
	<i>Gustavia augusta</i> L.	Jeniporana
Malvaceae	<i>Sterculia speciosa</i> K. Schum	Capote
	<i>Patinoa áximaes</i> (Huber) Cuatrec.	Cupuçarana
	<i>Quararibea guianensis</i> Aubl.	Inajarana
	<i>Bombacopsis macrocalyx</i> (Ducke) A. Robyns	Mormorana
	<i>Bombacopsis paraenses</i> (Ducke) A. Robyns	Mormoranaçú
Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba
	<i>Trichilia surinamensis</i> (Miq.) C. DC	Marajoão
Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. Ex Rottb.) Warb.	Virola
Rubiaceae	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. F. ex K. Schum.	Pau-mulato
Sapotaceae	<i>Ecclinusa lanceolata</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Cabeça de macaco

Tabela 2 - Florística da área de floresta de várzea do rio chato (área a) utilizada para a análise de cenários de manejo em floresta de várzea na Amazônia.

Na “Área B” foram inventariados 502 indivíduos (418,33 n/ha), correspondendo a uma área basal de 42,5239 m² (35,4365 m²/ha) distribuídos em 21 famílias (17,5 por hectare) e 51 espécies conhecidas (42,5 sp./ha), além de 4 desconhecidas (10 indivíduos; TABELA 3). A maior riqueza de espécies ocorreu nas famílias Fabaceae (15; 29,41%), Malvaceae (5; 9,80%) e Sapotaceae (4; 7,84%) representando 47,05% das 51 espécies identificadas.

Fabaceae (174; 34,66%), Meliaceae (60; 11,95%), Sapotaceae (54; 10,76%) e Aptandraceae com 43 (8,56%) indivíduos, representou 65,93% dos indivíduos da mostra. As espécies de maior abundância na área foram a *Mora paraensis* (53; 10,56%), *Aptandra tubicina* (43; 8,56%), *Swartzia arborescens* (33; 6,57%), *Trichilia surinamensis* (33; 6,57%), *Virola surinamensis* (30; 5,98%), *Pentaclethra macroloba* (29; 5,78%) e *Carapa guianensis* com 25 (4,98%) indivíduos, o que corresponde a 49% dos indivíduos amostrados.

Família	Nome Científico	Nome comum
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. Ex A.Juss.) Müll.Arg.	Seringueira
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Taperebá
Annonaceae	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	Envira Preta
Aptandraceae	<i>Aptandra tubicina</i> (Poepp.) Benth. Ex Miers	Chapéu de Pedro
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Almesca
Calophyllaceae	<i>Caraipa densifolia</i> Mart.	Tamaquaré
Chrysobalanaceae	<i>Couepia áximaes</i> (Mart. & Zucc.) Benth. Subsp. <i>Paraensis</i>	Xirana
	<i>Hymenopus heteromorphus</i> (Benth.) Sothers & Prance	Macucu
Clusiaceae	<i>Parinari excelsa</i> Sab.	Paranari
	<i>Rheedia macrophylla</i> (C.Mart.) Planch. E Triana	Bacuri
Combretaceae	<i>Symphonia globulifera</i> L. F.	Anani
	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	Cinzeira
Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.	Açacú
	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Murupita
Fabaceae	<i>Andira</i> sp.	Pracuúba angelim
	<i>Bowdichia áxima</i> Spruce ex Benth.	Sucupira
	<i>Crudia oblonga</i> Benth.	Iperana
	<i>Cynometra</i> sp.	Jabutizinho
	<i>Inga</i> spp.	Ingarana
	<i>Mora paraensis</i> (Ducke) Ducke	Pracuúba
	<i>Ormosia áximaes</i> Jacks.	Tento
	<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	Pracaxi
	<i>Pithecellobium</i> sp.	Jaranduba do mato
	<i>Platymiscium filipes</i> Benth.	Macacaúba
	<i>Pterocarpus amazonicus</i> Huber	Mututi
	<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Mututirana
	<i>Swartzia arborescens</i> (Aubl.) Pittier	Pacapeuá
	<i>Swartzia polyphylla</i> DC.	Pitaíca
<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	Faveira	
Lauraceae	<i>Aniba guianensis</i> Aubl.	Louro
	<i>Licania mahuba</i> (Kuh. & Samp.) Kosterm.	Maúba
Lecythidaceae	<i>Gustavia augusta</i> L.	Jeniporana
Malvaceae	<i>Bombacopsis macrocalyx</i> (Ducke) A. Robyns	Mormorana
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba
	<i>Patinoa áximaes</i> (Huber) Cuatrec.	Cupuçurana
	<i>Quararibea guianensis</i> Aubl.	Inajarana
Melastomataceae	<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacau
	<i>Mouriri acutiflora</i> Naud.	Camutim

	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro
	<i>Trichilia surinamensis</i> (Miq.) C. DC	Marajoão
Moraceae	<i>Ficus áxima</i> (P.) Miller	Caxinguba
	<i>Maquira coriácea</i> (H.Karst.) C.C.Berg	Muiratinga
Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. Ex Rottb.) Warb.	Virola
Myrtaceae	<i>Psidium</i> sp.	Goiabinha
Rubiaceae	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. F. ex K. Schum.	Pau-Mulato
	<i>Ecclinusa lanceolata</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Cabeça de Macaco
	<i>Pouteria pachycarpa</i> Pires	Abiurana
Sapotaceae	<i>Pouteria sagotiana</i> (Baill) Eyma.	Maçaranduba
	<i>Sarcaulus brasiliensis</i> (A.DC.) Eyma subsp. <i>Brasiliensis</i>	Jaraí
Urticaceae	<i>Cecropia palmata</i> Willd.	Embaúba

Tabela 3 - Florística da área de floresta de várzea do rio turé (área b) utilizada para a análise de cenários de manejo em floresta de várzea na Amazônia

A análise da suficiência amostral (FIGURA 2) determinada a partir da relação entre a riqueza de espécies e esforço amostral (número de subunidades), indicou que a amostra foi satisfatória para ambas áreas, tendo em vista, que nas duas áreas à o acréscimo de uma espécie entre as últimas três subunidades e o lançamento de mais uma unidade amostral (conglomerado) seria mais oneroso e desnecessário do ponto de vista prático (ausência de recursos).

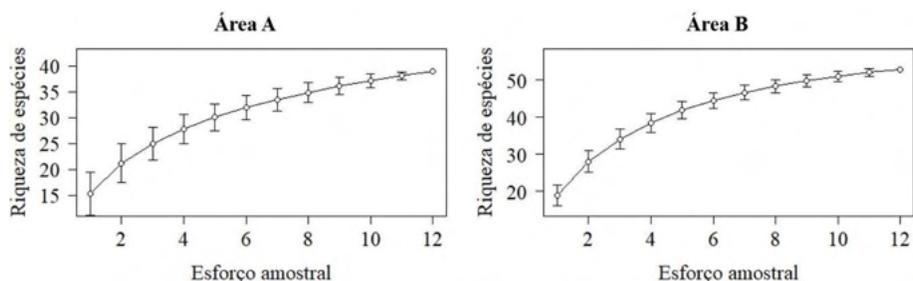


Figura 2 - Suficiência amostral do inventário florestal em área de floresta de várzea estuarina do Rio Amazonas.

Fitossociologia

As cinco espécies arbóreas com maior valor de importância (VI) na “Área A” foram a *Terminalia amazonia* (J.F.Gmel.) Exell popularmente conhecida na região como Cinzeira

(VI igual a 13,12%), *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. (Virola; 11,40%), *Hura crepitans* L. (Açacu; 9,89%), a *Carapa guianensis* Aubl. (Andiroba; 9,48%) e a *Symphonia Globulifera* L. F. (Ananin) com o VI igual a 6,77%, correspondendo a 50,66% do VI da comunidade.

Com relação à quantidade que a espécie ocorre por unidade e área (densidade), as espécies que mais se destacaram foram a *Carapa guianensis* (15,32%), *Virola surinamensis* (14,86%) e *Terminalia amazonia* com 11,71%, representando 41,89% do total indivíduos por hectare (n/ha). E as espécies de maior dominância da área, ou seja, o espaço que ocupa no terreno, foram a *Terminalia amazonia* (20,63%), *Hura crepitans* (19,67%), *Virola surinamensis* (12,31%), *Symphonia Globulifera* (9,73%) e a *Carapa guianensis* com 6,11% representando 68,45% da área basal por hectare (m²/ha).

Em relação a maneira como estas espécies se distribuem na área, frequência, as dez espécies de maior destaque foram a *Carapa guianensis*, *Virola surinamensis* e a *Terminalia amazonia* com 7,02% cada, a *Allantoma lineata* (Cerú), *Caraipa densifolia* (Tamaquaré) e a *Symphonia Globulifera* com 5,85% cada, a *Hura crepitans* (5,26%), a espécie do gênero *Swartzia* (Pitaica), *Hevea brasiliensis* (Seringueira) e a *Pentaclethra macroloba* com uma frequência de 4,71% cada. Todos esses resultados estão presentes no APÊNDICE A.

Na comunidade da “Área B” nove espécies representam 52,28% do VI, sendo que a *Mora paraensis* (Ducke) Ducke popularmente conhecida como Pracuúba apresentou o VI mais significativo (13,25%), seguido da *Trichilia surinamensis* (Miq.) C. DC (Marajão; 5,62%), *Terminalia amazonia* (Cinzeira; 5,29%), *Aptandra tubicina* (Poepp.) Benth. ex Miers (Chapéu de pedro; 5,05%), *Carapa guianensis* (Andiroba; 4,95%), *Swartzia arborescens* (Aubl.) Pittier (Pacapeuá; 4,85%), *Pouteria pachycarpa* Pires (Abiurana; 4,58%), *Virola surinamensis* (4,38%) e a *Pentaclethra macroloba* com VI igual a 4,29%.

A *Mora paraensis* também apresentou maior densidade relativa (10,56%), seguida da *Aptandra tubicina* (8,57%), *Trichilia surinamensis* (6,57%), *Swartzia arborescens* (6,57%), *Virola surinamensis* (5,98%), *Pentaclethra macroloba* com 5,78% e a *Carapa guianensis* com 4,98% totalizando 49% dos indivíduos por hectare. E quanto a dominância a *Mora paraensis* também obteve maior porcentagem (25,5%), seguida da *Terminalia amazonia* (11,56%), *Pouteria pachycarpa* (5,4%), *Carapa guianensis* (5,24%) e a *Trichilia surinamensis* com 4,7% correspondendo a um total de 52,44% da área basal por hectare.

As dez espécies mais frequentes na área foram a *Trichilia surinamensis* com 5,56%, *Aptandra tubicina* 5,09%, *Carapa guianensis* e *Swartzia arborescens* com 4,63%, *Pouteria pachycarpa* e *Virola surinamensis* com 4,17%, *Mora paraensis* e *Pentaclethra macroloba* com 3,70% e *Licania mahuba* (Maúba) e *Gustavia augusta* (Jeniporana) com 3,24% (APÊNDICE B).

Estrutura Diamétrica

A distribuição diamétrica nas duas áreas de estudo apresentou uma distribuição exponencial negativa na forma de “J invertido” (FIGURA 3). Na “Área A” as três primeiras classes de diâmetros (Centro de classe 10, 20 e 30) concentram 73,20% dos indivíduos, 32,43%, 26,13% e 14,64% respectivamente. O quociente “q” de *De Liocourt* não se manteve constante para as dez classes de diâmetro, no entanto, houve baixa variação, reforçando que a estrutura da floresta segue a distribuição normalmente encontradas em florestas irregulares. A equação “ $\ln(n/ha) = 5,4689 - 0,0425 * CC$ ” ajustada a partir da função de Meyer teve uma variação máxima explicada pelo modelo de 98% dos dados ($R^2=0,98$) e o quociente “q” da comunidade gerado a partir da equação foi igual a 1,53.

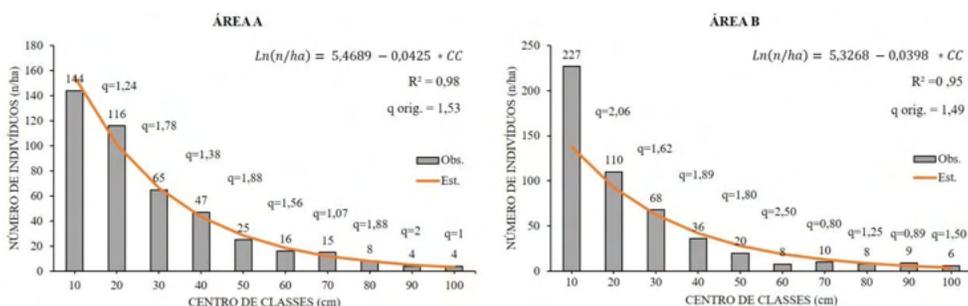


Figura 3 - Distribuição diamétrica das duas áreas de floresta de várzea onde realizou-se a análise de cenários de manejo em floresta de várzea na Amazônia

DISCUSSÃO

Composição Florística e Diversidade

A vegetação estabelecida sobre ambientes de várzea possui adaptações que permitem sua permanência e desenvolvimento no local, como as adaptações [...] “às condições de inundação, causada pelo fluxo diário das marés” (ALMEIDA; AMARAL; SILVA, 2004). A comparação da estrutura horizontal da vegetação das duas áreas estudadas demonstrou que a “Área B” possui maior riqueza (42,5 espécies por hectare), densidade (418,33 n/ha) e área basal (35,4365 m²/ha; dominância) que a “Área A” (30,83 sp./ha; 370 n/ha e 34,2872 m²/ha, respectivamente).

No que concerne à riqueza, a superioridade da Área B está relacionada principalmente, a fatores abióticos e antrópicos. A Área B apresenta características intrínsecas e locais distintas da Área A, por exemplo a influência de ecossistemas de várzea de igapó, baixa e alta. Segundo Carim *et al.* (2017) a floresta de várzea de igapó apresenta riqueza superior a várzeas de marés. Além disso, a Área A está sob maior influência de ações antrópicas,

principalmente devido às atividades voltadas à produção de açaí, como a remoção de indivíduos para a redução da competitividade (manejo empírico). Alguns estudos sugerem as intervenções antrópicas como principais fatores para redução da diversidade da vegetação e aumento da vulnerabilidade devido a fisiografia (AIMI *et al.*, 2017; ALENCAR, 2018).

O índice de diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou obtidos na “Área A” (2,92 nats/ind.; 0,80) e na “Área B” (3,31 nats/ind. e 0,83, respectivamente) ressalta a ocorrência de maior diversidade de espécies na “Área B”. Nos estudos ecológicos, os índices de diversidade mais aplicados são os de Shannon (H'), que fornece a ideia do grau de incerteza em prever a qual espécie pertence um indivíduo retirado aleatoriamente da população e o índice de equabilidade Pielou (J), que permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes em relação à diversidade máxima que a comunidade poderá atingir (FREITAS; MAGALHÃES, 2012; SCOLFORO *et al.*, 2008).

Os valores dos índices de Shannon encontrados neste estudo, foram superiores aos resultados obtidos nas florestas de várzea de Chaves (1,62 nats/ind.), Afuá (2,55 nats/ind.) e Baixo Xingu (2,85 nats/ind.), e inferior ao da floresta de várzea de Barcarena (3,52 nats/ind.), resultados apresentados no estudo de Almeida, Amaral e Silva (2004). Os valores dos índices de Pielou obtidos indicam uma distribuição uniforme do número de indivíduos por espécie e foi superior ao comumente encontrado em estudos nesse tipo de vegetação (0,63 a 0,73) segundo Braga e Jardim (2019).

Fabaceae e Malvaceae obtiveram destaque nas duas áreas de estudo, contendo a maior riqueza de espécies. A Sapotaceae foi a terceira família com maiores números de espécies na “Área B” e também registrou a terceira maior abundância na área, atrás de Fabaceae e Meliaceae, respectivamente, sendo essas, também, as famílias com maior abundância de indivíduos na Área A, seguido da Combretaceae e está, com apenas uma espécie registrada.

Outros estudos realizados em várzea estuarina como os de Batista *et al.* (2011) e Carim *et al.* (2017) destacam a Fabaceae e Malvaceae como uma das famílias de maior riqueza na região. E no que se refere a Fabaceae, muitos outros estudos em área de várzea registraram o maior número de espécies arbóreas na família, como o de Almeida, Amaral e Silva (2004), Queiroz *et al.* (2007), Braga *et al.* (2015), Martorano *et al.* (2019) e Paixão e Silveira (2020). Segundo Wittmann *et al.* (2006), a Fabaceae é uma das famílias mais importantes registradas nas várzeas da Amazônia ocidental, central e oriental. Braga *et al.* (2015) afirmaram que isso pode estar relacionado com mecanismo de fixação do nitrogênio, através da associação com bactérias diazotróficas; como o nitrogênio pode ser um nutriente escasso na floresta de várzea [devido ao processo de inundações], este tipo de adaptação favorece o crescimento e desenvolvimento das espécies.

Fitossociologia

Na “Área B”, a espécie com maior representativa foi a *Mora paraensis* ($V_{li} = 13,25\%$), sendo a única da área com VI maior que 10%, influenciado por sua densidade (44,17 n/ha; 10,56%) e principalmente pela sua dominância (9,0372 m²/ha; 25,50%), parâmetros estes, que a espécie também obteve os maiores valores do povoamento. No que se refere a frequência, a *Mora paraensis* apresentou o oitavo maior valor dentre as espécies inventariadas na área, o que indica que a espécie contém árvores de grande porte e uma tendência a se distribuir com certa aglomeração.

Segundo Aimi *et al.* (2017, p. 152) “os estudos fitossociológicos dão subsídios ao conhecimento do potencial e limitações de cada espécie, além de suas características em cada ambiente, permitindo assim, intervenção de forma correta”. De acordo com Freitas e Magalhães (2012) a estrutura horizontal de uma floresta pode ser obtida através das características e combinações de parâmetros que exprimem o número de indivíduos das espécies que ocorrem por unidade de área (densidade), da maneira como se distribuem (frequência) e da área ocupada (dominância). A soma dos parâmetros relativos da densidade, frequência e dominância resultam no valor de importância das espécies [...] “que indica a representatividade de uma determinada espécie na comunidade e pode servir como subsídio para o manejo” (SANTOS *et al.*, 2014, p. 139).

Almeida, Amaral e Silva (2004) e Jesus (2021) vêm destacando como característica do ambiente de várzea estuarina a presença de oligo-espécies, que concerne em espécies com grande número de indivíduos por unidade de área. Além da *Mora paraensis* na “Área B”, três espécies da “Área A” apresentaram essa característica, *Carapa guianensis* (56,67 n/ha; 15,32%), *Virola surinamensis* (55 n/ha; 14,86%) e *Terminalia amazonia* (43,33 n/ha; 11,71%). Estas, também obtiveram o maior valor de frequência (7,02%) registrado, ocorrendo em todas as unidades de amostra, corroborando com que essas espécies apresentassem os maiores valores de importância do povoamento, juntamente com a *Hura crepitans* que apesar de apresentar baixa densidade (17,50 n/ha; 4,73%) e menor frequência (5,26%) em relação às espécies anteriormente citadas, é a terceira espécie de maior representatividade na área ($VI = 9,89$). Essa representatividade foi influenciada principalmente pela dominância (6,7449 m²/ha; 19,67%), indicando que a espécie apresenta indivíduos de grande porte, dominantes, isolados e em número reduzido.

Outros estudos realizados em área de várzea estuarina na Amazônia comprovam a alta representatividade da *Mora paraensis* e *Carapa guianensis* neste ecossistema, como os estudos de Queiroz *et al.* (2007), Moraes (2016) e Carim *et al.* (2017). A *Virola surinamensis* também se destaca no ambiente de várzea, conforme resultados obtidos por Jesus (2021), a espécie possui a maior representatividade em florestas alagáveis na mesorregião do marajó, e segundo Batista *et al.* (2011) é uma das espécies de maior distribuição nos Estados do Amapá e Pará.

Figueiredo e Figueiredo (2015), cita que a *Hura crepitans* tende a ocorrer naturalmente nas regiões com maior disponibilidade de umidade no solo, em conformidade, Queiroz *et al.* (2007) concluiu que a espécie se adapta melhor a áreas de várzea baixa onde obteve alto valor de importância em seu estudo. Quanto a *Terminalia amazonia* conhecida popularmente como Cinzeira, não foram encontrados estudos em que a espécie estivesse dentre as de maior representatividade e poucos a registraram. No estudo de Paixão e Silveira (2020) o valor de importância da espécie foi de 0,97%. No entanto, Reis *et al.* (2010) avaliando o potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós, após 28 anos de exploração da floresta, cita que a *Terminalia amazonia* foi uma das espécies que mais se destacaram em volume explorado.

Todas as espécies de maiores representatividades na região estudada são de interesse madeireiro, principalmente a *Mora paraensis* que devido sua densidade mais elevada é muito utilizada para construções civis e a *Hura crepitans* que possui baixa densidade e é muito utilizada na construção de transportes aquáticos de pequeno porte, comercializados na própria região. A *Virola surinamensis* e *Carapa guianensis* além de sua importância madeireira destacam-se por seu fornecimento de matéria prima para a produção de produtos florestais não madeireiros na indústria de cosméticos. Já a *Terminalia amazonia* desempenha um importante papel ecológico, atuando como atrativo de agentes polinizadores, além disso, tem grande potência madeireira para a indústria de móveis. Vale destacar, também, que a *C. guianensis* também desempenha fundamental papel ecológico na região, sendo responsável pelo abrigo de abelhas nativas.

Para Vasconcelos *et al.* (2017) em conformidade com Chaves *et al.* (2013) e Bulhões *et al.* (2015), o entendimento sobre a florística e fitossociologia é de suma importância, visto que, representa os passos iniciais para o conhecimento ecológico dessa vegetação. Desta forma, conhecer a estrutura e dinâmica de uma floresta, termina contribuindo e gerando subsídios para a conservação dos recursos naturais, bem como para a conservação de áreas similares.

Estrutura Diamétrica

A análise da distribuição diamétrica demonstrou que as duas áreas estudadas não apresentam perturbações que possam comprometer a dinâmica da comunidade, estando em bom estado de conservação, concentrando maior quantidade de indivíduos nas classes de diâmetros menores ($DAP \leq 30$ cm) seguindo, assim, o padrão de ‘J-invertido’, sugerindo estabilidade no recrutamento, similar a outros realizados em várzea estuarina do Rio Amazonas (QUEIROZ, 2004; CARIM *et al.*, 2017; JESUS, 2021).

Vale ressaltar, que os diferentes históricos de uso nas áreas podem apresentar formas de distribuição diferentes tanto em nível de diâmetro quanto em nível de espécies (SHEN *et al.*, 2013; MOREIRA, 2014; BATISTA *et al.*, 2016). De acordo com Carim *et al.*

(2017) apesar das grandes diferenças na fertilidade do solo, as várzeas estuarinas e Igapó têm estrutura fisionômica semelhante.

O emprego do Método de BDq demonstrou que o quociente “q” de *De Liocourt* não se manteve constante para as 10 classes de diâmetro, porém não apresentou alta discrepância, indicando que a floresta apresenta ligeira diferença entre as taxas de recrutamento e mortalidade, principalmente na “Área A”. Esses resultados fortalecem a ideia de Bolzan (2016) que as florestas não apresentam estrutura balanceada, mas mostra uma tendência em convergir para este padrão.

A diferença entre a frequência observada e estimada nas classes diamétricas, segundo Dias *et al.* (2021, p. 13) [...] “pode indicar alguma perturbação ocorrida anteriormente na floresta”. O histórico de uso das áreas estudadas reforça essa teoria, dado que, a “Área B” passou por processos de exploração madeireira no passado (há pelo menos 20 anos não são realizadas atividades produtivas na área) e na “Área A” são desenvolvidas atividades de produção de açaí. A condução de manejos empíricos na “Área A” explica a menor variação de “q” em relação a “Área B”.

No manejo empírico geralmente opta-se pela retirada de indivíduos de copas muito densas do estrato superior e médio, e constantemente do estrato inferior, que competem diretamente com as estipes de açaí, isso, explica o menor número de indivíduos na primeira classe de diâmetro na “Área A”. O grande número de indivíduos na primeira classe diamétrica da “Área B” pode ser devido à abertura de clareiras no passado, devido a retirada de indivíduos de diâmetro maior aumentando a incidência de luz, o que segundo Costa *et al.* (2020) promove a regeneração natural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, apesar dos diferentes históricos de uso das áreas, a estrutura das comunidades apresenta-se em bom estado de conservação sem a ocorrência de distúrbios que possam comprometer a dinâmica das populações.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. C. *et al.* Estrutura e distribuição espacial de andirobeiras (*Carapa* spp.) em floresta de várzea do Estuário Amazônico. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 1009-1019, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-509820142404020>

AIMI, S. C. *et al.* Estrutura horizontal e influência de características do solo em fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Nativa**, v.5, n.2, p.151-156, 2017. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v5i2.4219>.

ALENCAR, A. O. **Arranjos de sistemas agroflorestais biodiversos para recuperação de** áreas de reserva legal. 2018. 52 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Geral). Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados. 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1105144/1/DissertacaoA.Alencar.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020.

ALMEIDA, S.S.; AMARAL, D.D.; SILVA, A.S.L. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. **Acta Amazonica**, v. 34, p. 513–524, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000400005>

BARROS, A. C; UHL, C. Padrões, problemas e potencial da extração madeireira ao longo do rio Amazonas e do seu estuário. **A Expansão Madeireira na Amazônia**, p. 109, 1996.

BATISTA, A. P. B. *et al.* Dynamics and prediction of diametric structure in two Atlantic Forest fragments in northeastern Brazil. **Revista Árvore**, v. 40, p. 307-317, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000200013>.

BATISTA, F. J. *et al.* Comparação florística e estrutural de duas florestas de várzea no estuário amazônico, Pará, Brasil. **Revista Árvore**, v. 35, p. 289-298, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000200013>.

BOLZAN, P. C. **Influência de variáveis ambientais e antrópica sobre a estrutura diamétrica de florestas exploradas no Sul da Amazônia**. 2016, 50f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2016. Disponível em: https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Bolzan_P_C_Dissertacao_2016.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.

BRAGA, E. O.; JARDIM, M. A. G. Florística, estrutura e formas de vida do estrato inferior de uma Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Pará, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 1048- 1059, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509821834>.

BRAGA, E. O. *et al.* Florística, estrutura fitossociológica e formas de vida do estrato inferior em uma floresta de várzea Amazônica. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 3, p. 59-65, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n3p59-65>.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAM**, Rio de Janeiro, 1974.

BULHÕES, A. A. *et al.* Levantamento Florístico e Fitossociológico das Espécies Arbóreas do Bioma Caatinga realizado na Fazenda Várzea da Fé no Município de Pombal-PB. **Informativo Técnico do Semiárido**, Mossoró, v.9, n.1, p.51-56, 2015.

CARIM, M. J.; JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Composição Florística e Estrutura de Floresta de Várzea no Município de Mazagão, Estado do Amapá, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 191-201, set. 2008.

CARIM, M. J. V. *et al.* Composition, diversity, and structure of tidal “Várzea” and “Igapó” floodplain forests in eastern Amazonia, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 1, p. 115-124, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s40415-016-0315-6>.

CHAVES, A. D. C. G. *et al.* A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.9, n. 2, p. 43-48, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v9i2.449>

COSTA, E A *et al.* Simulating *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze Timber Stocks With Liocourt's Law in a Natural Forest in Southern Brazil. **Forests**, v. 11, n. 3, p. 339, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11030339>.

DIAS, P. B. *et al.* Potencial para manejo florestal de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) JB Gillett em mata seca. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. Supl. 2, p. 1-18, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.2.e8369>.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E.R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado. **Scientia Forestalis**, v. 56, n. 1, p. 135-144, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**: sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA; SPI, 2006. 306 p.

FIGUEIREDO, S. M. M.; FIGUEIREDO, E. O. Uso de dados do Modelo Digital de Exploração Florestal-Modelora para modelagem da distribuição potencial de *Hura crepitans* L. no leste do Acre. In: **Embrapa Acre-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO REGIONAL DE PESQUISA DO ESTADO DO ACRE; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFAC, 24., 2015, Rio Branco. Anais... Rio Branco: CNPq; Ufac; Embrapa; Fapac; Ieval, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1038757/1/25959.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.

FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. **Floresta e Ambiente**, v. 19 n. 4, p. 520-539, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.054>

HIGUCHI, N. *et al.* Perspectivas do manejo florestal sustentável para à Amazônia Brasileira. **Hiléia**, v.8, p. 78-93, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2012. (IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, 1). Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 17 abril. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2020. **Divisão Territorial Brasileira**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/23701-divisao-territorial-brasileira.html?t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 20 jan. 2021

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). 2016. Plano de manejo da reserva de desenvolvimento sustentável Itatupã - Baquiá, Gurupá, Pará. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/dcom_planodemanejo_rds_itatupa-baquia.pdf. Acesso em: 17 abr. 2019.

JESUS, A. C. B. **Composição florística e fitossociologia em florestas alagáveis na mesorregião do Marajó, Portel, Pará**. 2021. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2021. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1926>. Acesso em: nov. 2021.

MARTORANO, P. G. *et al.* Composição florística de uma floresta de várzea sob influência da macrodrenagem em Belém, Pará. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.3, p.8-19, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0002>.

- MIRANDA, Z. P.; GUEDES, M. C.; BATISTA, A. P. B.; SILVA, D. A. S. Natural Regeneration Dynamics of *Mora paraensis* (Ducke) Ducke in Estuarine Floodplain Forests of the Amazon River. **Forests**, n. 9, v. 54, p. 1-14, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9020054>
- MISSOURI BOTANICAL GARDEN. **Trópicos**. Disponível em: <https://www.missouribotanicalgarden.org/>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- MORAES, L. L. C. **Fitossociologia de uma floresta de várzea e de igapó na planície de inundação do Rio Maracá, Amapá, Amazônia oriental**. 2016. 46 f. Dissertação (mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Macapá, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unifap.br:80/jspui/handle/123456789/488>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- MOREIRA, F. T. A. **Florística, Fitossociologia e corte seletivo pelo método BDq em uma área de caatinga, no município de São José de Espinharas - PB**. 2014, 59f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2014. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/939>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley & Sons, 1974. 547p. Disponível em: https://www.geobotany.org/library/pubs/Mueller-Dombois1974_AimsMethodsVegEcol_ch5.pdf. Acesso em: 17 abr. 2019.
- NOGUEIRA, E. M. *et al.* Tree height in Brazil's "arc of deforestation": shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 2963-2972, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.02.002>
- OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, p. 21-34, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000100004>
- PAIXÃO, K. R. C.; SILVEIRA, A. L. P. O. Componente Arbóreo de 1, 0 ha de Floresta de Várzea no Sudoeste da Amazônia, Rondônia, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 9, n. 3, p. 78–89, 2020.
- PIRES, J. M.; PRANCE, G. T. The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: PRANCE, G. T.; LOVEJOY, T. E. (Eds.). **Key environments: Amazonia**. Oxford, UK: Pergamon, 1985. p. 109-145.
- QUEIROZ, J. A. L. *et al.* Composição Florística e Estrutura de Floresta em Várzea Alta Estuarina Amazônica. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 1, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v35i1.2430>
- QUEIROZ, J. A. L. *et al.* Estrutura e dinâmica de floresta de várzea no estuário amazônico no Estado do Amapá. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 339-352. 2007., 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/348093/1/9930308591PB.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 10 abril. 2019.
- RASEIRA, M. B. Projeto Manejo dos Recursos. **Manaus: Ibama/ProVárzea**, 2008. 48 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265594715_ProVarzealabama_resultados_e_impactos. Acesso em: 10 jun. 2021.

RAMOS, M. G. O.; AZEVEDO, M. R. Q. **Ecosistemas da Amazônia**. Natal, RN: UFRN, 2009.

REIS, L. P. *et al.* Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós após 28 anos da exploração florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 30, n. 64, p. 265-281, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.4336/2010.pfb.30.64.265>.

SANTOS, J. H. S. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p. 387-396, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000300010>

SANTOS, G. C. *et al.* Fitossociologia e práticas de manejo tradicional em uma floresta de várzea em Santa Bárbara do Pará, Estado do Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 2, p. 138-145, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2014.007>.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas. **Santa Maria: UFSM**, v. 195, 2000.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 438 p.

SCOLFORO, J. R. *et al.* Diversidade, equabilidade e similaridade no domínio da caatinga. Inventário Florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Decidual-Florística, **Estrutura, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Manejo Florestal**. p. 118-133, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/290344015>. Acesso em: 20 jan. 2020.

SHEN, Y. *et al.* Forest dynamics of a subtropical monsoon forest in Dinghushan, China: recruitment, mortality and the pace of community change. **Journal of Tropical Ecology**, v. 29, n. 2, p. 131-145, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467413000059>.

SOUZA, A. L. *et al.* Estratificação volumétrica por classes de estoque em uma floresta ombrófila densa, no município de Almeirim, estado do Pará, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 533 – 541, 2014.

VASCONCELOS, A. D. M. *et al.* Caracterização florística e fitossociológica em área de Caatinga para fins de manejo florestal no município de São Francisco-Pi. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.13, n.4, p. 329-337, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v13i4.967>

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Ceres, 1987. 416p.

WITTMANN, F. *et al.* Tree species composition and diversity gradients in whitewater forests across the Amazon Basin. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 8, p. 1334-1347, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01495.x>

CAPÍTULO 2

EMPREGO DO MÉTODO BDQ PARA SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE MANEJO EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA NO PARÁ

Franciléia Dias Monteiro

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/3410999183805417>

Renan Mendes Santos

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/6751541946371025>

Robson Borges de Lima

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/4180291284433803>

Jadson Coelho de Abreu

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/0255405274248451>

Erik Patrik Furtado Carvalho

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/0179061099243562>

Robson Matheus de Araújo Silva

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/7301686932036215>

Anthoinny Vitória dos Santos Silva

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/9526751955180441>

Rodrigo Galvão Teixeira de Souza

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/1490305056999060>

Gabriel Victor Caetano Carvalho Liarte

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá
<http://lattes.cnpq.br/7813823127471028>

RESUMO: Este estudo teve como objetivos analisar a estrutura diamétrica por meio do método BDq visando gerar cenários de manejo para duas áreas de floresta de várzea. Os dados de diâmetro são provenientes de inventário florestal em duas áreas visando a produção de açaí e produção de madeira. Utilizou-se o método BDq de seleção, isto é, área basal remanescente (B), diâmetro máximo (D) e constante de De Liocourt (q) para geração de cenários de manejo e simulação de desbaste de indivíduos em diferentes classes de diâmetro. Para as duas áreas visando a produção de açaí, o melhor cenário de manejo proposto foi a simulação 6 que permitiu a remoção de 149,9 indivíduos distribuídos nas dez classes de diâmetro, destes, 38 com DAP \geq 45 cm. Quando analisadas as simulações para a produção de madeira, observou-se também o cenário 6 com uma colheita de 37,9 n/ha (20,8 m²/ha). Observou-se déficit ou poucas árvores nas maiores classes diamétricas em razão da colheita seletiva. De modo geral, apesar dos diferentes históricos de uso das áreas, a estrutura das comunidades apresenta-se em bom estado de conservação sem a ocorrência de distúrbios que possam comprometer a dinâmica das populações. As alternativas de manejo propostas com o quociente “q” maior que o original e com área basal remanescente de 50%, demonstraram maior viabilidade, sendo com o aumento de “q”

em 10% (“q” entre 1,64 e 1,68) para o manejo de áreas voltadas para a produção de açaí e de 50% (“q” entre 2,23 e 2,30) para área voltadas a atividade madeireira.

PALAVRAS-CHAVE: Corte seletivo. Quociente de De Liocourt. Manejo Florestal.

THE BDQ SELECTION METHOD FOR SIMULATION OF MANAGEMENT SCENARIOS IN VARZEA ESTUARY FOREST IN PARÁ

ABSTRACT: This study aimed to analyze the diametric structure through the BDq method in order to generate management scenarios for two areas of lowland forest. The diameter data comes from a forest inventory in two areas aimed at the production of açaí and wood production. The BDq selection method, ie, remaining basal area (B), maximum diameter (D) and De Liocourt’s constant (q) was used to generate management scenarios and simulation of thinning of individuals in different diameter classes. For the two areas aimed at the production of açaí, the best management scenario proposed was simulation 6, which allowed the removal of 149.9 individuals distributed in ten diameter classes, of which 38 had DBH \geq 45 cm. When analyzing the simulations for wood production, scenario 6 was also observed with a harvest of 37.9 n/ha (20.8 m²/ha). Deficit or few trees were observed in the largest diameter classes due to selective harvesting. In general, despite the different histories of use of the areas, the structure of the communities is in a good state of conservation without the occurrence of disturbances that could compromise the dynamics of the populations. The management alternatives proposed with the quotient “q” greater than the original and with a basal area remaining of 50%, demonstrated greater viability, with an increase in “q” by 10% (“q” between 1.64 and 1, 68) for the management of areas dedicated to the production of açaí and 50% (“q” between 2.23 and 2.30) for areas dedicated to logging.

KEYWORDS: Selective cutting. De Liocourt Quotient. Forest management.

INTRODUÇÃO

As florestas de várzea na Amazônia possuem elevada diversidade de espécies e componente estrutural altamente heterogêneo (DRAPER et al., 2019; ter STEEGE et al., 2020), e sobretudo, características ecofisiológicas distintas, o que torna o seu manejo uma tarefa muito complexa (SOUZA e SOUZA, 2005).

Embora o manejo florestal seja uma garantia de produção contínua de madeira em florestas tropicais, nas florestas de várzea estuarina ainda têm-se poucos estudos de caso que evidenciem a sustentabilidade na regulação da produção (GAMA et al., 2005). Nesse sentido, o governo brasileiro definiu um conjunto de regulamentações e leis limitando o corte máximo de 10 m³.ha⁻¹ sem a utilização de maquinário pesado visando garantir uma produção sustentável de produtos madeireiros e conservação da biodiversidade. No entanto, a quantificação da produção e os estoques de madeira nesses ambientes ainda permanecem desconhecidos ou mesmo insipientes, principalmente pela carência de estudos sobre eficiência e qualidade das operações de colheita, dos tratamentos silviculturais inexistentes e dos métodos de manejo aplicados.

Portanto, o uso de técnicas parcimoniosas que simule o manejo ou corte seletivo de árvores visando uma produção sustentável de madeira são essenciais. Por exemplo, a análise da distribuição diamétrica das árvores por meio do método BDq é uma ferramenta fundamental por fornecer informações úteis da estrutura da vegetação e como esta pode ser manejada de forma racional por meio de cenários e simulações de desbaste ou mesmo imitando o processo de mortalidade natural das árvores (SOUZA e SOUZA, 2005). Esse procedimento também pode ser aplicado como tratamento silvicultural quando consiste em remover árvores em todas as classes de diâmetro para limpeza e/ou eliminação de espécies indesejáveis, em amplitudes relativamente estreitas, de maneira a manter proporções corretas de indivíduos nas classes diamétricas para apropriar-se de estoque de madeira e dinamizar a sucessão florestal (TROUP, 1966).

A aplicação do método BDq como ferramenta de manejo está diretamente relacionada ao inventário da composição florística, da estrutura fitossociológica e das distribuições diamétrica das espécies e do povoamento (Gama et al., 2005; Souza e Souza, 2005). Tais informações são fundamentais para manejar a floresta para uma estrutura balanceada e que, ao mesmo tempo, harmonize os conceitos de fitossociologia com produção sustentável de madeira, bem como das regras impostas pela legislação florestal e ambiental (Souza e Souza, 2005; Ogana et al., 2021; Sales et al., 2021; Silva et al., 2018) *peuplements forestiers naturels, surface terrière résiduelle, traitement sylvicole, bois, distribution de Weibull, Nigeria. The absence of management practice/ silvicultural treatments in the complex tropical mixed forests of Nigeria has led to uncontrolled logging in natural forest stands and loss of biodiversity. To sustain production, protection and conservation in these complex tropical mixed stands, this study proposes the application of a selection method – the BDq method (B: basal area, D: maximum diameter, q-ratio. Embora o conceito de floresta balanceada já tenha sido bastante discutido (DE LIOUCOURT, 1893; MEYER, 1952; CAMPOS et al., 1983; ALVES JÚNIOR et al., 2009), esse método de manejo em florestas de várzea na Amazônia ainda tem pouca aplicação prática.*

Assim, este estudo teve como objetivos aplicar o método BDq para manejar a floresta em direção a uma estrutura balanceada dos diâmetros visando a geração de cenários de manejo para produção de madeira e produção de açaí.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em duas áreas de floresta de várzea estuarinas localizadas na região norte da ilha grande de Gurupá, na “Região das Ilhas”, mesorregião do Marajó (IBGE, 2020) no distrito de Itatupã, município de Gurupá - PA. A primeira área denominada de “Área A” está localizada nas coordenadas 0°32'54.68”S e 51°15'11.10”O. A segunda

área denominada de “Área B” está situada nas coordenadas 0°35'37.87”S e 51°27'26.40”O (FIGURA 1). A distância entre as áreas de estudo é cerca de 23,25 km e a área mais distante (Área B) fica aproximadamente a 83 km de Macapá.

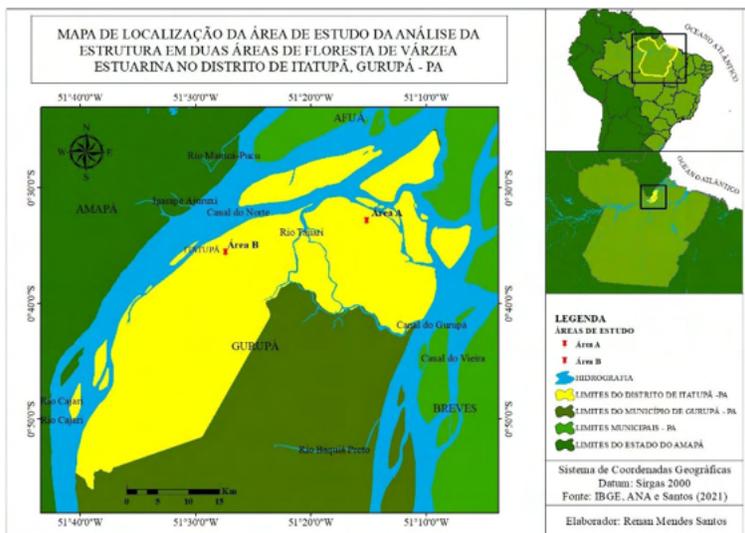


Figura 1: Localização da área de estudo de cenários de manejo em floresta de várzea na Amazônia

A vegetação presente na ilha Grande de Gurupá e demais ilhas é de floresta de várzea estuarina. Com base na classificação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO, 2016) a “Área A” apresenta ecossistema de várzea alta e várzea baixa, já a “Área B” além do ecossistema de várzea alta e baixa, apresenta à influência de ecossistema de igapó. E, ainda segundo o ICMBIO (2016) Podemos citar como algumas das espécies mais relevantes do ponto de vista econômico [e ecológico] na região, o açazeiro - *Euterpe oleracea* Mart, a ucuúba - *Virola surinamensis* Warb, a andiroba - *Carapa guianensis*, o pau mulato - *Calycophyllum spruceanum* Benth, o cedro - *Cedrela odorata*, macacaúba - *Platymiscium filipes*, açacu - *Hura crepitans*, seringueira - *Hevea brasiliensis* Mart, o pracaxi - *Pentaclethra macroloba*. o taperebá - *Spondias lutea*, cinzeira - *Terminalia amazonica* (J.F.Gmel) Exell.”, etc.

O principal acidente geográfico é o rio Amazonas que se subdivide em dois grandes canais: o canal do Norte e o canal de Gurupá, que circundam a ilha grande do Gurupá e formam diversas ilhas (SEPOF, 2011). De acordo com a classificação de Köppen, as áreas possuem clima do tipo “Ami” com regime pluviométrico anual definido por estação seca, embora com índices pluviométricos capazes de garantir níveis hídricos necessários à constituição de uma biodiversidade local específica. A temperatura média anual é de 26° C. A precipitação anual é sempre maior que 2.000 mm. As estações são praticamente

inexistentes. A umidade relativa do ar é maior que 80%, com ausência total de período seco. A formação geológica corresponde ao período quaternário, composta por unidade de aluviões, ou seja, por coberturas sedimentares recentes, que compreende depósitos aluviais não consolidados de variada granulometria, formando uma ampla planície aluvial (VIEIRA; SANTOS, 1987; BRASIL, 1974).

Os solos predominantes na região de estudo são do tipo hidromórficos gleizados eutróficos (húmico e pouco húmico), de textura siltosa, nas margens das Ilhas do Amazonas, e argilosa à medida que se distânciam para o interior (EMBRAPA, 2006; IBGE, 2012).

Amostragem e obtenção dos dados

Foi realizado o inventário florestal adotando-se o processo de amostragem em conglomerados. Foram alocadas três unidades de amostra (unidades primárias) distribuídas aleatoriamente em cada área, totalizando uma área amostral de 2,4 ha, sendo 1,2 ha em cada área. Cada unidade de amostra foi constituída de quatro subunidades (unidades secundárias) compostas de uma parcela retangular de 20 x 50 m a uma distância de 50 m do ponto central, formando uma cruz alinhada nas quatro direções cardeais, adaptado da metodologia estabelecida pelo Serviço Florestal Brasileiro e adotado no inventário florestal nacional.

Em cada unidade secundária foram mensurados, identificados e etiquetados todos os indivíduos arbóreos com diâmetro a 1,30 m do solo $DAP \geq 5$ cm. O reconhecimento das árvores (indivíduos) em campo (nome comum) foi realizado com o auxílio de um parataxonomista, além disso, foram descritas características da espécie para auxiliar na comparação e na identificação dos nomes científicos e quando possível foi realizado registros de material botânico por meio de fotos.

Os nomes científicos das espécies e seus respectivos autores foram confirmados e atualizados por bibliografia específica e por meio dos sites como do Missouri Botanical Garden (<https://www.missouribotanicalgarden.org/>). O sistema de classificação adotado foi o APG IV (2016).

Estrutura diamétrica

A distribuição diamétrica foi calculada com base no diâmetro à altura do peito (DAP) considerando uma amplitude de classe de 10 cm. Após a determinação das classes, foram gerados histogramas de frequência de indivíduos (n/ha) por centro de classe (CC em cm) para as duas áreas, possibilitando comparar a estrutura e verificar se seguem o padrão de “J” invertido, típico de florestas “equilibradas” (Bolzan 2016). A caracterização da estrutura diamétrica foi realizada por meio das distribuições do número de indivíduos (n/ha) e da área basal (m^2/ha) por hectare e por classe de diâmetro.

Para analisar se a estrutura diamétrica das áreas estudadas demonstram uma

estrutura balanceada e poder propor alternativas de manejo para as áreas foi empregado o método BDq, apresentado por Meyer (1952) e empregado por Campos et al. (1983) e Souza e Souza. (2005). Essa análise permite verificar de forma empírica se ocorrem discrepâncias entre as taxas de recrutamento e mortalidade por classe de diâmetro.

A distribuição diamétrica foi ajustada de acordo com a metodologia proposta por Campos et al. (1983) a fim de estimar o número de indivíduos por classe de diâmetro. Onde, a equação utilizada foi a seguinte:

$$\text{Ln}Y_i = \beta_0 + \beta_1 \times \text{CC}_i + \varepsilon$$

em que: $\text{Ln}Y_i$ = logaritmo natural da média da frequência por classe de diâmetro, por hectare (n/ha). De modo a viabilizar o cálculo quando da inexistência de indivíduos em alguma das classes, somou-se o número 1 como constante a todas as classes; CC_i = centro de classe de diâmetro (cm); e β_0 , β_1 = parâmetros que exprimem a estrutura da vegetação em relação à distribuição dos diâmetros; ε_i = erro aleatório.

O “valor de β_0 indica a densidade relativa da população para uma determinada classe de diâmetro, β_1 indica a taxa de diminuição do número de indivíduos por classe” (CAMPOS; LEITE, 2013).

O quociente “q” de De Liocourt foi empregado conforme Alves Júnior et al. (2009). Esta análise foi baseada em uma progressão geométrica e consistirá na razão entre o número de indivíduos observados por classe de diâmetro e o número de indivíduos da classe seguinte, verificando-se se existe um balanceamento ou valores aproximadamente constantes, isto é, para florestas naturais o recrutamento seria compensado pela mortalidade.

Com base na função de distribuição ajustada pelo método dos mínimos quadrados, foi obtido o quociente “q” intrínseco da vegetação por meio da seguinte equação:

$$q = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 \times \text{CC}_i}}{e^{\beta_0 + \beta_1 \times \text{CC}_{i+1}}}$$

em que: q = a razão entre as frequências de uma classe de diâmetro qualquer pela frequência da classe de diâmetro imediatamente maior; CC = centro de classe de DAP (cm).

Após a obtenção do valor da constante “q”, e de acordo com os cenários de manejo propostos (Tabela 1), os parâmetros β_0 e β_1 foram recalculados através das seguintes expressões, respectivamente.

$$\beta_0 = \frac{40000 \times B}{\pi \sum_{j=1}^j D_j^2 e^{\beta_1 D_j}}$$

$$\beta_1 = \frac{\ln(q)}{D_j - D_{j+1}}$$

Foram simulados quinze cenários de corte seletivo voltados à produção de açaí e quinze voltados à fins madeireiros para as duas áreas estudadas (Tabela 1). Todos os cenários possuem diâmetro máximo desejável (Dmáx.) igual a 105 cm. As combinações de porcentagens de área basal remanescente (B%) foram de 50, 60, 70, 80, e 90%. Para os cenários de manejo voltados à produção de açaí foi utilizado o quociente “q” *De Liocourt* original e aumentados (q%) em 10 e 15%, além disso, foram consideradas passíveis de corte todas as classes de diâmetro. Já nos cenários para fins madeireiros foi utilizado o quociente original e aumentados em 50 e 100%, considerando as classes com DAP ≥ 50 cm.

Cenários	Para o manejo de açaí					Para o manejo Madeireiro		
	Dmáx	B%	q%	Área A	Área B	q%	Área A	Área B
				q	q		q	q
1	105	50%	q orig.	1,53	1,49	q orig.	1,53	1,49
2	105	60%	q orig.	1,53	1,49	q orig.	1,53	1,49
3	105	70%	q orig.	1,53	1,49	q orig.	1,53	1,49
4	105	80%	q orig.	1,53	1,49	q orig.	1,53	1,49
5	105	90%	q orig.	1,53	1,49	q orig.	1,53	1,49
6	105	50%	10%	1,68	1,64	50%	2,3	2,23
7	105	60%	10%	1,68	1,64	50%	2,3	2,23
8	105	70%	10%	1,68	1,64	50%	2,3	2,23
9	105	80%	10%	1,68	1,64	50%	2,3	2,23
10	105	90%	10%	1,68	1,64	50%	2,3	2,23
11	105	50%	15%	1,76	1,71	100%	3,06	2,98
12	105	60%	15%	1,76	1,71	100%	3,06	2,98
13	105	70%	15%	1,76	1,71	100%	3,06	2,98
14	105	80%	15%	1,76	1,71	100%	3,06	2,98
15	105	90%	15%	1,76	1,71	100%	3,06	2,98

Tabela 1: Cenários de manejo voltados para a produção de açaí e exploração madeireira em área de floresta de várzea na amazônia.

De posse dos parâmetros obtidos nos cenários, foi definida a estrutura remanescente através das seguintes expressões (18 e 19):

$$Y_{rem.j} = e(\beta_0 + \beta_1 * CC)$$

$$G_{rem.j} = (\pi * CC^2)/40000 * Y_{rem.j}$$

em que: $Y_{rem.j}$ = número de indivíduos por hectare remanescentes na j-ésima classe de diâmetro de indivíduos (frequência desejada); β_0 e β_1 os parâmetros calculados para o cenário; CC = diâmetro correspondente ao centro da j-ésima classe de DAP; $G_{rem.j}$ = área basal remanescente por hectare (m^2/ha) na j-ésima classe de diâmetro de indivíduos

Com a definição da estrutura remanescente foi calculado a estrutura de colheita empregando as seguintes expressões (20 e 21):

$$Y_{c.j} = Y_{ob.j} - Y_{rem.j}$$

$$G_{c.j} = G_{ob.j} - G_{rem.j}$$

em que: $Y_{c.j}$ = número de indivíduos por hectare colhidos na j-ésima classe de diâmetro; $Y_{ob.j}$ = número de indivíduos por hectare observados na j-ésima classe de diâmetro; $G_{c.j}$ = área basal (m^2/ha) colhida na j-ésima classe de diâmetro; $G_{ob.j}$ = área basal (m^2/ha) observada na j-ésima classe de diâmetro; $Y_{rem.j}$ e $G_{rem.j}$ já foram definidos anteriormente.

Como critério para selecionar o melhor cenário foi considerado aquele que permitirá uma floresta balanceada” (SILVA, 2018), com a curva de distribuição dos indivíduos remanescente semelhante à estimada, e preservando 10% dos indivíduos por classe de diâmetro, como medida para garantir a permanência dos porta-sementes. A tabulação, o processamento e as análises dos dados foram realizados utilizando-se a planilha eletrônica do Microsoft Office Excel versão de 2019 e software R (R CORE TEAM, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação gerada para a comunidade ($\ln(y) = 5,3268 - 0,0398 * CC$) obteve coeficiente de determinação $R^2 = 0,95$ e originou quociente $q = 1,49$. O quociente “q” não se manteve constante para as dez classes de diâmetro, indicando desbalanceamento na distribuição diamétrica da comunidade, semelhante ao ocorrido na “Área A”, no entanto, com maior variação no valor de “q”. Com a definição do quociente “q” de *De Liocourt* e dos cenários propostos para as intervenções para fins madeireiro (DAP $\geq 45cm$) e de produção açaí (DAP $\geq 5cm$) os novos valores de β_0 e β_1 foram gerados para as duas áreas. Os valores dos parâmetros para cada cenário, bem como seu respectivo coeficiente de determinação (R^2) são mostrados nas tabelas 2 e 3.

Cenários	Área A					Área B				
	β_0	β_1	q	B%	R ²	β_0	β_1	q	B%	R ²
1	4,8081	-0,0425	1,53	50	0,98	4,6916	-0,0399	1,49	50	0,95
2	4,9904	-0,0425	1,53	60	0,98	4,8739	-0,0399	1,49	60	0,95
3	5,1446	-0,0425	1,53	70	0,98	5,0281	-0,0399	1,49	70	0,95
4	5,2781	-0,0425	1,53	80	0,98	5,1616	-0,0399	1,49	80	0,95
5	5,3959	-0,0425	1,53	90	0,98	5,2794	-0,0399	1,49	90	0,95
6	5,3054	-0,0519	1,68	50	0,97	5,2159	-0,0495	1,64	50	0,98
7	5,4878	-0,0519	1,68	60	0,97	5,3982	-0,0495	1,64	60	0,98
8	5,6419	-0,0519	1,68	70	0,97	5,5524	-0,0495	1,64	70	0,98
9	5,7754	-0,0519	1,68	80	0,97	5,6859	-0,0495	1,64	80	0,98
10	5,8932	-0,0519	1,68	90	0,97	5,8037	-0,0495	1,64	90	0,98
11	5,5342	-0,0565	1,76	50	0,96	5,4276	-0,0536	1,71	50	0,99
12	5,7165	-0,0565	1,76	60	0,96	5,61	-0,0536	1,71	60	0,99
13	5,8706	-0,0565	1,76	70	0,96	5,7641	-0,0536	1,71	70	0,99
14	6,0042	-0,0565	1,76	80	0,96	5,8976	-0,0536	1,71	80	0,99
15	6,122	-0,0565	1,76	90	0,96	6,0154	-0,0536	1,71	90	0,99

Em que: β_0 e β_1 são os parâmetros da função; “q” é os quocientes “De Liocourt” testado; B% a porcentagem de área basal remanescente; r² é o coeficiente de determinação e os valores destacados em negrito refere-se ao melhor cenário.

Tabela 2: Parâmetros do método de BDq para os diferentes cenários testados como alternativas de manejo voltado para a produção de açaí na área de várzea do Rio Chato (área A) e Rio Turé (área B).

Cenários	Área A					Área B				
	β_0	β_1	q	B%	R ²	β_0	β_1	q	B%	R ²
1	4,8081	-0,0425	1,53	50	0,98	4,6916	-0,0399	1,49	50	0,95
2	4,9904	-0,0425	1,53	60	0,98	4,8739	-0,0399	1,49	60	0,95
3	5,1446	-0,0425	1,53	70	0,98	5,0281	-0,0399	1,49	70	0,95
4	5,2781	-0,0425	1,53	80	0,98	5,1616	-0,0399	1,49	80	0,95
5	5,3959	-0,0425	1,53	90	0,98	5,2794	-0,0399	1,49	90	0,95
6	6,6392	-0,0833	2,3	50	0,87	6,5614	-0,0802	2,23	50	0,99
7	6,8215	-0,0833	2,3	60	0,87	6,7438	-0,0802	2,23	60	0,99
8	6,9756	-0,0833	2,3	70	0,87	6,8979	-0,0802	2,23	70	0,99
9	7,1092	-0,0833	2,3	80	0,87	7,0314	-0,0802	2,23	80	0,99
10	7,2269	-0,0833	2,3	90	0,87	7,1492	-0,0802	2,23	90	0,99
11	7,5205	-0,1118	3,06	50	0,78	7,482	-0,1092	2,98	50	0,96
12	7,7028	-0,1118	3,06	60	0,78	7,6643	-0,1092	2,98	60	0,96
13	7,857	-0,1118	3,06	70	0,78	7,8184	-0,1092	2,98	70	0,96

14	7,9905	-0,1118	3,06	80	0,78	7,952	-0,1092	2,98	80	0,96
15	8,1083	-0,1118	3,06	90	0,78	8,0698	-0,1092	2,98	90	0,96

Onde: β_0 e β_1 são os parâmetros da função; “q” é os quocientes “*De Liocourt*” testado; B% a porcentagem de área basal remanescente; r^2 é o coeficiente de determinação e os valores destacados em negrito refere-se ao melhor cenário.

Tabela 3: parâmetros do método de bdq para os diferentes cenários testados como alternativas de manejo voltado para exploração madeireira na área de várzea do Rio Chato (área A).

Cenários de manejo voltado à produção de açaí

Na análise dos cenários de manejo voltado à produção de açaí para “Área A”, dos quinze testados, seis (cenário 1, 2, 3, 6, 7 e 11) foram aptos para exploração, apresentando uma estrutura balanceada, sem a ocorrência de déficit de indivíduos em nenhuma classe de estoque. Verificou-se que a utilização do “q” original ($q=1,53$) ocorreram déficits de indivíduos apenas na remoção de 20 e 10% (cenário 4 e 5, respectivamente) da área basal. Com o aumento de 10% do “q” original ($q = 1,68$) ocorrem déficits apenas na remoção de 50 e 40% (cenário 6 e 7, respectivamente) da área basal. Já quando o valor de “q” teve aumento de 15% ($q = 1,76$), o único cenário apto a exploração foi com a remoção de 50% da área basal (cenário 11). Das alternativas aptas, o cenário 6 (Figura 2) foi o que permitiu maior remoção de indivíduos, sendo 149,9 indivíduos distribuídos nas dez classes de diâmetro, destes, 38 com $DAP \geq 45$ cm.

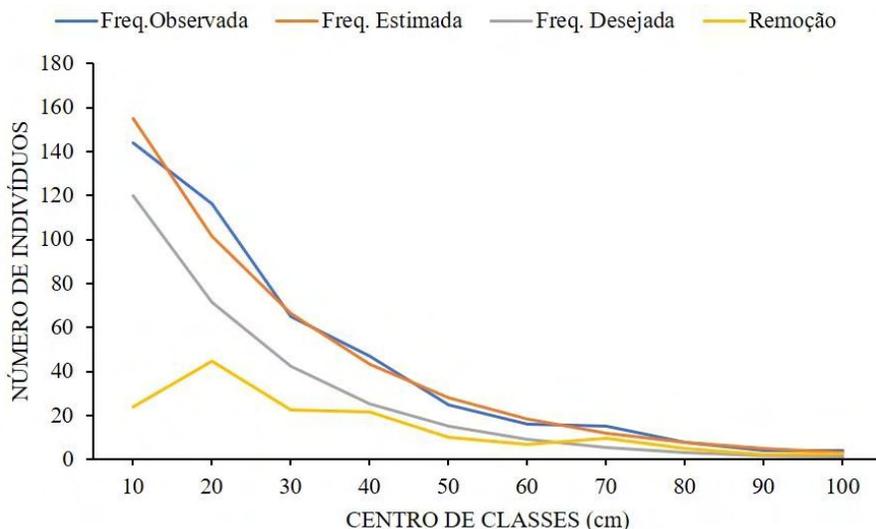


Figura 2: Classificação de intensidade de corte para o cenários 6 com $q = 1,68$ ($q\% = 10\%$) e $g\% = 50\%$ voltado para a produção de açaí na área do rio chato (área A).

A tabela 4 apresenta a descrição da estrutura inicial da “Área A” estimada pela

equação ajustada a partir da função de Meyer e a estrutura remanescente e de colheita simulado no cenário 6. Onde, na estrutura inicial foi estimada uma densidade total de 441,2 indivíduos por hectare (n/ha) e uma área basal de 39,9 m²/ha. Aferiu-se uma estrutura remanescente com 249,6 n/ha e 20,6 m²/ha e uma estrutura colheita com remoção de 149,9 n/ha e 20,6 m²/ha.

Centro de Classe (CC)	Estrutura inicial		Estrutura remanescente		Estrutura de colheita	
	n/ha	m ² /ha	n/ha	m ² /ha	n/ha	m ² /ha
10	155	1,2177	119,9	0,9417	24,1	8,2988
20	101,3	3,1834	71,4	2,2421	44,6	6,2891
30	66,2	4,6815	42,5	3,0028	22,5	2,1139
40	43,3	5,4396	25,3	3,1776	21,7	1,9834
50	28,3	5,5552	15,1	2,9553	9,9	0,5966
60	18,5	5,2284	9	2,5331	7	0,126
70	12,1	4,6512	5,3	2,0523	9,7	1,4344
80	7,9	3,9706	3,2	1,5956	4,8	0,1743
90	5,2	3,2845	1,9	1,202	2,1	-0,2542
100	3,4	2,6503	1,1	0,8833	2,9	-0,1763
Total	441,2	39,9	294,6	20,6	149,4	20,6

Tabela 4: Distribuição do número de indivíduos (n/ha) e área basal (m²/ha) na estrutura inicial, remanescente e de colheita seletiva para o melhor cenário de manejo voltados para a produção de açaí na área do rio chato (área a) com quociente “*de liocourf*” $q = 1,68$ ($q\% = 10\%$) mantendo 50% da área basal remanescente ($g\%$) e diâmetro máximo $dm_{\max} = 105$ cm.

Para a “Área B” todos os cenários apresentaram déficit em pelo menos uma classe de diâmetro, no entanto, o aumento de 10 e 15% do valor de “q” ($q = 1,64$; $q = 1,71$) com uma remoção de 50% da área basal (cenário 6 e 11) o déficit gera é de aproximadamente um indivíduo no centro de classe de 60 cm, no entanto, o cenário 6 permite uma remoção maior e curva da estrutura remanescente é similar a estimada o que indica que esse cenário pode estar sendo empregado na área (Figura 3).

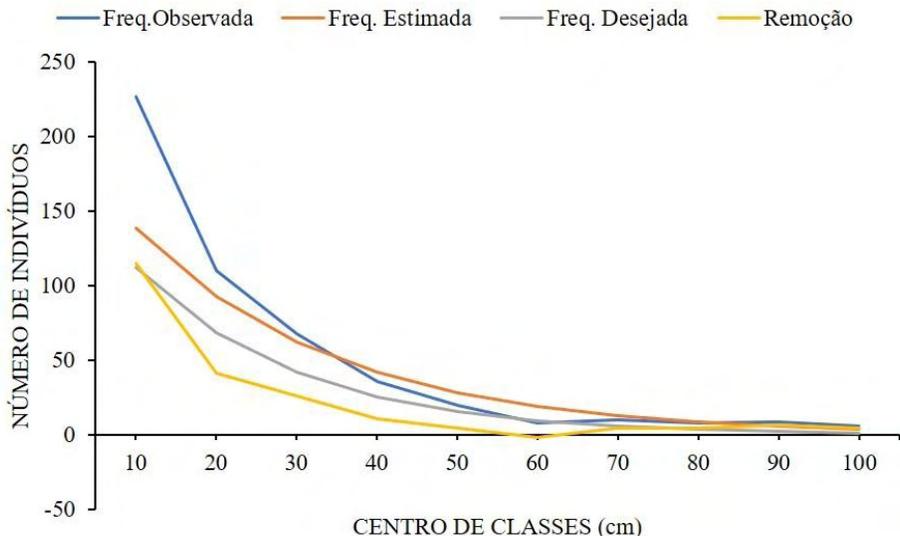


Figura 3: Classificação de intensidade de corte para o cenários 6 com $q = 1,64$ ($q = 10\%$) e $g\% = 50\%$ voltado para a produção de açaí na área do rio turé (área b).

A estrutura inicial estimada para a “Área B” foi de uma densidade de 413,0 n/ha e área basal de 40,4 m²/ha. O cenário 6 simulou uma estrutura remanescente com 285,7 n/ha e 21,3 m²/ha e colheita com remoção de 216,3 n/ha e 21,3 m²/ha (Tabela 5).

Centro de Classe (CC)	Estrutura inicial		Estrutura remanescente		Estrutura de colheita	
	n/ha	m ² /ha	n/ha	m ² /ha	n/ha	m ² /ha
10	138,2	1,0855	112,3	0,882	114,7	0,9014
20	92,8	2,9161	68,5	2,1513	41,5	1,6114
30	62,3	4,4067	41,8	2,9515	26,2	2,2136
40	41,9	5,2615	25,5	3,1994	10,5	1,629
50	28,1	5,5214	15,5	3,0482	4,5	1,1472
60	18,9	5,3399	9,5	2,6765	-1,5	-0,1466
70	12,7	4,8815	5,8	2,2214	4,2	2,1094
80	8,5	4,2821	3,5	1,7691	4,5	2,9175
90	5,7	3,6399	2,1	1,3653	6,9	4,9388
100	3,8	3,018	1,3	1,0278	4,7	3,9709
Total	441,2	39,9	294,6	20,6	149,4	20,6

Tabela 5: Distribuição do número de indivíduos (n/ha) e área basal (m²/ha) na estrutura inicial, remanescente e de colheita seletiva para o melhor cenário de manejo voltados para a produção de açaí na área do rio turé (área b) com quociente “de liocourt” $q = 1,64$ ($q\% = 10\%$), mantendo 50% da área basal remanescente ($g\%$) e diâmetro máximo $dm_{\max} = 105$ cm.

Cenários de manejo voltado à fins madeireiros

A análise das quinze alternativas testadas para o manejo voltado à fins madeireiros da “Área A”, demonstrou que apenas os cenários 4 e 5 ambos com $q = 1,53$ (q original) e remoção de 20 e 10% da área basal, respectivamente não são apropriados, apresentando déficit de indivíduos em ao menos uma classe dentre as classes consideradas aptas à exploração (CC de 50, 60, 70, 80, 90 e 100cm). Os cenários (6, 7, 8, 9 e 10) com “ q ” aumentado em 50% ($q=2,30$) demonstraram-se mais adequados dentre os cenários (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15) aptos. Destes, o cenário 6 com remoção de 50% permite remoção de um maior número individuais de forma balanceada (Figura 4).

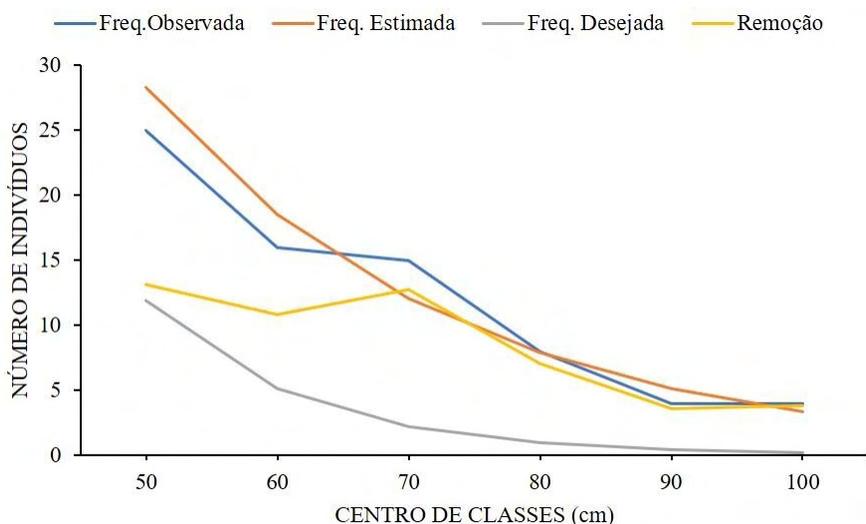


Figura 4: classificação de intensidade de corte para o cenários 6 com $q = 2,30$ ($q\% = 50\%$) e $g\% = 50\%$ voltado para a fins madeireiro na área do rio chato (área a).

A estrutura inicial descrita na tabela 6, demonstra que a estimativa do número de indivíduos por hectare com DAP mínimo 45 cm é de 75,3 (n/ha) e área basal de 25,3 m²/ha. A partir da simulação de manejo do cenário 6, avaliou-se que o número de indivíduos com DAP ≥ 45 cm que devem permanecer na estrutura remanescente é de 21 n/ha e o número de indivíduos a serem removidos na colheita é de 51 n/ha. A área basal remanescente determinada foi de 5,6 m²/ha e a removida de 7,6 m²/ha.

Centro de Classe (CC)	Estrutura inicial		Estrutura remanescente		Estrutura de colheita	
	n/ha	m ² /ha	n/ha	m ² /ha	n/ha	m ² /ha
50	28,3	5,5552	11,9	2,3394	13,1	1,2199
60	18,5	5,2284	5,2	1,4679	10,8	1,199
70	12,1	4,6512	2,3	0,8705	12,8	2,6227
80	7,9	3,9706	1	0,4954	7	1,2792
90	5,2	3,2845	0,4	0,2732	3,6	0,6778
100	3,4	2,6503	0,2	0,147	3,8	0,5621
Total	75,3	25,3	21	5,6	51,1	7,6

Tabela 6: distribuição do número de indivíduos (n/ha) e área basal (m²/ha) na estrutura inicial, remanescente e de colheita seletiva para o melhor cenário de manejo voltados para a exploração madeireira na área do rio chato (área a) com quociente “de liocourt” $q = 2,30$ ($q\% = 50\%$), mantendo 50% da área basal remanescente ($g\%$) e diâmetro máximo $dm_{\max} = 105$ cm.

Verificou-se que para a “Área B” a utilização do “q” original ($q = 1,49$) não é viável, apresentando déficit de indivíduos em todas as combinações de área basal remanescente testadas ($G\% = 50, 60, 70, 80$ e 90%). Com o aumento de 50% do “q” original ($q = 2,23$) as alternativas com 50 e 60% de área basal remanescente (cenário 6 e 7, respectivamente) demonstraram-se aptos, não apresentando déficit em nenhuma classe de diâmetro explorável, diferentemente dos cenários com 70, 80 e 90% de área basal remanescente (cenário 8, 9 e 10, respectivamente) que não apresentaram viabilidade. Quando o quociente “q” original foi aumentado em 100% ($q = 2,98$) todas as combinações demonstraram-se aptas (cenário 11, 12, 13, 14 e 15), além disso, o número de indivíduos passíveis de exploração também aumentou com o aumento de “q”, ocasionando em redução drásticas no número de indivíduos remanescentes. O cenário 6 com $q = 2,23$ e área basal remanescente $G\% = 50\%$, demonstrou-se como a melhor alternativa de acordo com os critérios adotados (Figura 5).

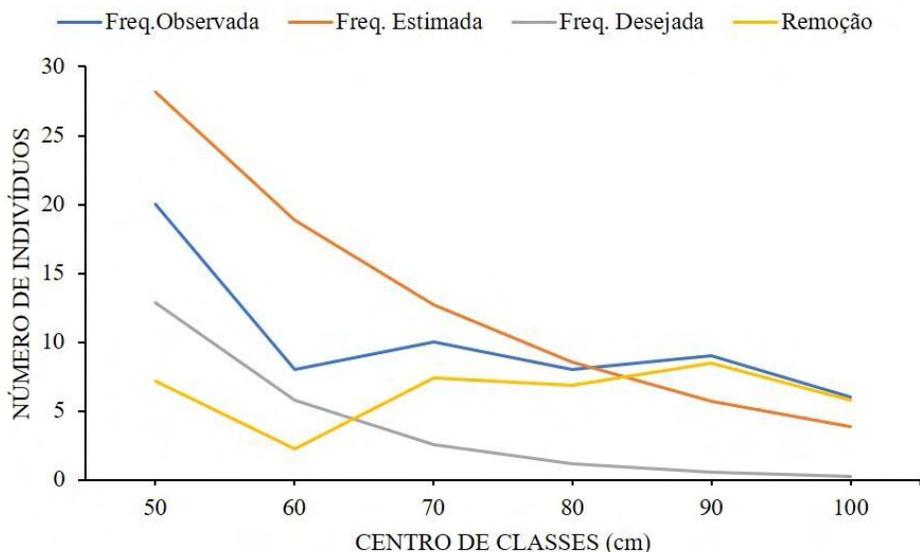


Figura 5: classificação de intensidade de corte para o cenários 6 com $q = 2,23$ ($q\% = 50\%$) e $g\% = 50\%$ voltado para a fins madeireiro na área do rio turé (área b).

Na tabela 7, está descrita a estrutura inicial estimada para as classes consideradas aptas ao manejo de fins madeireiros, onde, estimou-se uma densidade de 77,8 n/ha e área basal de 26,7 m²/ha. Além disso, nota-se a estrutura remanescente e de colheita simuladas a partir do cenário 6 ($q = 2,23$ e $G\% = 50\%$), em que, estimou-se uma estrutura remanescente com 23,1 n/ha e área basal de 6,2 m²/ha e uma colheita com 37,9 n/ha (20,8 m²/ha).

Centro de Classe (CC)	Estrutura inicial		Estrutura remanescente		Estrutura de colheita	
	n/ha	m ² /ha	n/ha	m ² /ha	n/ha	m ² /ha
50	28,1	5,5214	12,8	2,5183	7,2	1,6772
60	18,9	5,3399	5,8	1,6261	2,2	0,9037
70	12,7	4,8815	2,6	0,9925	7,4	3,3382
80	8,5	4,2821	1,2	0,5813	6,8	4,1052
90	5,7	3,6399	0,5	0,3299	8,5	5,9742
100	3,8	3,018	0,2	0,1827	5,8	4,816
Total	77,8	26,7	23,1	6,2	37,9	20,8

Tabela 7: Distribuição do número de indivíduos (n/ha) e área basal (m²/ha) na estrutura inicial, remanescente e de colheita seletiva para o melhor cenário de manejo voltados para a exploração madeireira na área do rio turé (área b) com quociente “de liocourt” $q = 2,23$ ($q\% = 50\%$), mantendo 50% da área basal remanescente ($g\%$) e diâmetro máximo $dmáx = 105$ cm.

De modo geral, visando o balanceamento correto da floresta de várzea estuarina, bem como seu uso de forma sustentável, foi realizado a simulação de cenários de manejo voltados para a produção de açaí, que é uma atividade bastante desenvolvida na região e que necessita de estudos que venham auxiliar no emprego de metodologias que as tornem uma atividade sustentável e, também foram simulados cenários voltados a atividade madeireira que vem sendo desenvolvida a muitos anos sem qualquer critério definido.

Dos cenários testados, os que obtiveram melhores resultados para a atividade produtiva de açaí foram com o quociente “q” original aumentado em 10%, estando entre 1,64 (Área B) e 1,68 (Área A) com uma área basal remanescente de 50%. Estes cenários permitem a remoção de indivíduos em todas as classes de diâmetros, a permanência de pelo menos 10% de indivíduos nas classes de diâmetro maiores (porta sementes) e, além disso, a curva da estrutura remanescente segue a curva da estrutura natural estimada para a comunidade.

Tagore, Canto e Sobrinho (2018) alertam que devido a valoração do açaí as várzeas vêm sendo modificadas com o intuito de aumentar a produção e essas atividades vêm pondo em risco os ambientes de várzea, dentre os riscos ambientais, os autores citam a mudança na estrutura e diversidade.

O método de BDq é geralmente empregado para a análise de potencial e alternativas de manejo madeireiro. Este estudo demonstra que o método pode estar sendo empregado para o manejo de Açaizais no estuário amazônico, contribuindo para a sustentabilidade da produção e conservação do ecossistema.

Gama *et al.* (2005) com o objetivo de definir opções de colheita em bases sustentáveis para florestas de várzea no estuário amazônico concluíram que para a floresta permanecer balanceada após a colheita, o quociente “q” de *De Liocourt* tem que ser maior que o original, sugerindo um $q\%=50\%$. Silva (2018) determinou em seu estudo que a exploração de 20% e 50% de área basal e seus respectivos “q” em cada classe, não prejudica a estrutura balanceada da comunidade florestal em uma área de floresta de várzea no Estado do Amapá.

Corroborando, este estudo observou que os cenários com “q” aumentado em 50%, estando em torno de 2,23 e 2,30, obtiveram os melhores resultados. Combinados com uma área basal remanescente de 50%, possibilitaram maior remoção de indivíduos e área basal, encontrando-se de acordo com os todos os critérios pré-estabelecidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, apesar dos diferentes históricos de uso das áreas, a estrutura das comunidades apresenta-se em bom estado de conservação sem a ocorrência de distúrbios que possam comprometer a dinâmica das populações.

As alternativas de manejo propostas com o quociente “q” maior que o original e com área basal remanescente de 50%, demonstraram maior viabilidade, sendo com o aumento de “q” em 10% (“q” entre 1,64 e 1,68) para o manejo de áreas voltadas para a produção de açai e de 50% (“q” entre 2,23 e 2,30) para área voltadas a atividade madeireira.

REFERÊNCIAS

- ALVES JUNIOR, F. T. *et al.* Estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Atlântica em matriz de cana-de-açúcar, Catende, Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 328 -333, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000300015>.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 4.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 605p.
- CAMPOS, J. C. C.; RIBEIRO, J. C.; COUTO, L. Emprego da distribuição diamétrica na determinação da intensidade de corte em matas naturais submetidas ao sistema de seleção. *Revista Árvore*, v. 7, n. 2, p. 110-121, 1983.
- DE LIOCOURT, F. de. De l'amenagement des Sapiniers. *Bul Soc For Franche-Compte et Belfort*, v. 4, p. 396-409, 1898.
- DRAPER, F.C., ASNER, G.P., HONORIO CORONADO, E.N., BAKER, T.R., GARCÍA-VILLACORTA, R., PITMAN, N.C.A., FINE, P.V.A., PHILLIPS, O.L., ZÁRATE GÓMEZ, R., AMASIFUÉN GUERRA, C.A., FLORES ARÉVALO, M., VÁSQUEZ MARTÍNEZ, R., BRIENEN, R.J.W., MONTEAGUDO-MENDOZA, A., TORRES MONTENEGRO, L.A., VALDERRAMA SANDOVAL, E., ROUCOUX, K.H., RAMÍREZ ARÉVALO, F.R., MESONES ACUY, Í., DEL AGUILA PASQUEL, J., TAGLE CASAPIA, X., FLORES LLAMPAZO, G., CORRALES MEDINA, M., REYNA HUAYMACARI, J., BARALOTO, C., 2019. DOMINANT TREE SPECIES DRIVE BETA DIVERSITY PATTERNS IN WESTERN AMAZONIA. *ECOLOGY* 100. [HTTPS://DOI.ORG/10.1002/ECY.2636](https://doi.org/10.1002/ECY.2636)
- GAMA, J.R.V., BENTES-GAMA, M. DE M., SCOLFORO, J.R.S., 2005. MANEJO SUSTENTADO PARA FLORESTA DE VÁRZEA NA AMAZÔNIA ORIENTAL. *REV. ÁRVORE* 29, 719–729. [HTTPS://DOI.ORG/10.1590/S0100-67622005000500007](https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000500007)
- OGANA, F.N., GORGOSO-VARELA, J.J., ONEFELI, A.O., 2021. APPLICATION OF THE BDQ METHOD TO COMPLEX TROPICAL MIXED FOREST ECOSYSTEMS IN NIGERIA. *BOIS FOR. TROP.* 349, 41–54. [HTTPS://DOI.ORG/10.19182/BFT2021.349.A36779](https://doi.org/10.19182/BFT2021.349.A36779)
- MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. *Journal of Forestry*, v. 50, n. 2, p. 85-92, 1952.
- SALES, A., SIVIERO, M.A., VIEIRA, S.B., YARED, J.A.G., RUSCHEL, A.R., DA SILVA, M.L., 2021. SILVICULTURAL MANAGEMENT SYSTEM APPLIED TO LOGGED FORESTS IN THE BRAZILIAN AMAZON: A CASE STUDY OF ADAPTATION OF TECHNIQUES TO INCREASE THE YIELD AND DIVERSITY OF SPECIES FORESTRY. *DIVERSITY* 13, 509. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/D13110509](https://doi.org/10.3390/D13110509)
- SILVA, P.H. DA, GOMIDE, L.R., FIGUEIREDO, E.O., CARVALHO, L.M.T. DE, FERRAZ-FILHO, A.C., 2018. OPTIMAL SELECTIVE LOGGING REGIME AND LOG LANDING LOCATION MODELS: A CASE STUDY IN THE AMAZON FOREST. *ACTA AMAZ.* 48, 18–27. [HTTPS://DOI.ORG/10.1590/1809-4392201603113](https://doi.org/10.1590/1809-4392201603113)

SOUZA, D.R. DE, SOUZA, A.L. DE, 2005. EMPREGO DO MÉTODO BDQ DE SELEÇÃO APÓS A EXPLORAÇÃO FLORESTAL EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DE TERRA FIRME, AMAZÔNIA ORIENTAL. REV. ÁRVORE 29, 617–625. [HTTPS://DOI.ORG/10.1590/S0100-67622005000400014](https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000400014)

TAGORE, M. P. B; CANTO, O.; SOBRINHO, M. V. Políticas públicas e riscos ambientais em áreas de várzea na Amazônia: o caso do PRONAF para produção do açaí. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 45, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v45i0.51585>

TER STEEGE, H., PRADO, P.I., LIMA, R.A.F. DE, POS, E., DE SOUZA COELHO, L., DE ANDRADE LIMA FILHO, D., SALOMÃO, R.P., AMARAL, I.L., DE ALMEIDA MATOS, F.D., CASTILHO, C.V., PHILLIPS, O.L., GUEVARA, J.E., DE JESUS VEIGA CARIM, M., CÁRDENAS LÓPEZ, D., MAGNUSSON, W.E., WITTMANN, F., MARTINS, M.P., SABATIER, D., IRUME, M.V., DA SILVA GUIMARÃES, J.R., MOLINO, J.-F., BÉNKI, O.S., PIEDADE, M.T.F., PITMAN, N.C.A., RAMOS, J.F., MONTEAGUDO MENDOZA, A., VENTICINQUE, E.M., LUIZE, B.G., NÚÑEZ VARGAS, P., SILVA, T.S.F., DE LEÃO NOVO, E.M.M., REIS, N.F.C., TERBORGH, J., MANZATTO, A.G., CASULA, K.R., HONORIO CORONADO, E.N., MONTERO, J.C., DUQUE, A., COSTA, F.R.C., CASTAÑO ARBOLEDA, N., SCHÖNGART, J., ZARTMAN, C.E., KILLEEN, T.J., MARIMON, B.S., MARIMON-JUNIOR, B.H., VASQUEZ, R., MOSTACEDO, B., DEMARCHI, L.O., FELDPAUSCH, T.R., ENGEL, J., PETRONELLI, P., BARALOTO, C., ASSIS, R.L., CASTELLANOS, H., SIMON, M.F., DE MEDEIROS, M.B., QUARESMA, A., LAURANCE, S.G.W., RINCÓN, L.M., ANDRADE, A., SOUSA, T.R., CAMARGO, J.L., SCHIETTI, J., LAURANCE, W.F., DE QUEIROZ, H.L., NASCIMENTO, H.E.M., LOPES, M.A., DE SOUSA FARIAS, E., MAGALHÃES, J.L.L., BRIENEN, R., AYMARD C., G.A., REVILLA, J.D.C., VIEIRA, I.C.G., CINTRA, B.B.L., STEVENSON, P.R., FEITOSA, Y.O., DUIVENVOORDEN, J.F., MOGOLLÓN, H.F., ARAUJO-MURAKAMI, A., FERREIRA, L.V., LOZADA, J.R., COMISKEY, J.A., DE TOLEDO, J.J., DAMASCO, G., DÁVILA, N., LOPES, A., GARCÍA-VILLACORTA, R., DRAPER, F., VICENTINI, A., CORNEJO VALVERDE, F., LLOYD, J., GOMES, V.H.F., NEILL, D., ALONSO, A., DALLMEIER, F., DE SOUZA, F.C., GRIBEL, R., ARROYO, L., CARVALHO, F.A., DE AGUIAR, D.P.P., DO AMARAL, D.D., PANSONATO, M.P., FEELEY, K.J., BERENQUER, E., FINE, P.V.A., GUEDES, M.C., BARLOW, J., FERREIRA, J., VILLA, B., PEÑUELA MORA, M.C., JIMENEZ, E.M., LICONA, J.C., CERÓN, C., THOMAS, R., MAAS, P., SILVEIRA, M., HENKEL, T.W., STROPP, J., PAREDES, M.R., DEXTER, K.G., DALY, D., BAKER, T.R., HUAMANTUPA-CHUQUIMACO, I., MILLIKEN, W., PENNINGTON, T., TELLO, J.S., PENA, J.L.M., PERES, C.A., KLITGAARD, B., FUENTES, A., SILMAN, M.R., DI FIORE, A., VON HILDEBRAND, P., CHAVE, J., VAN ANDEL, T.R., HILÁRIO, R.R., PHILLIPS, J.F., RIVAS-TORRES, G., NORONHA, J.C., PRIETO, A., GONZALES, T., DE SÁ CARPANEDO, R., GONZALES, G.P.G., GÓMEZ, R.Z., DE JESUS RODRIGUES, D., ZENT, E.L., RUSCHEL, A.R., VOS, V.A., FONTY, É., JUNQUEIRA, A.B., DOZA, H.P.D., HOFFMAN, B., ZENT, S., BARBOSA, E.M., MALHI, Y., DE MATOS BONATES, L.C., DE ANDRADE MIRANDA, I.P., SILVA, N., BARBOSA, F.R., VELA, C.I.A., PINTO, L.F.M., RUDAS, A., ALBUQUERQUE, B.W., UMAÑA, M.N., CARRERO MÁRQUEZ, Y.A., VAN DER HEIJDEN, G., YOUNG, K.R., TIRADO, M., CORREA, D.F., SIERRA, R., COSTA, J.B.P., ROCHA, M., VILANOVA TORRE, E., WANG, O., OLIVEIRA, A.A., KALAMANDEEN, M., VRIESENDORP, C., RAMIREZ-ANGULO, H., HOLMGREN, M., NASCIMENTO, M.T., GALBRAITH, D., FLORES, B.M., SCUDELLER, V.V., CANO, A., AHUITE REATEGUI, M.A., MESONES, I., BAIDER, C., MENDOZA, C., ZAGT, R., URREGO GIRALDO, L.E., FERREIRA, C., VILLARROEL, D., LINARES-PALOMINO, R., FARFAN-RIOS, W., FARFAN-RIOS, W., CASAS, L.F., CÁRDENAS, S., BALSLEV, H., TORRES-LEZAMA, A., ALEXIADES, M.N., GARCIA-CABRERA, K., VALENZUELA GAMARRA, L., VALDERRAMA SANDOVAL, E.H., RAMIREZ AREVALO, F., HERNANDEZ, L., SAMPAIO, A.F., PANSINI, S., PALACIOS CUENCA, W., DE OLIVEIRA, E.A., PAULETTO, D., LEVESLEY, A., MELGAÇO, K., PICKAVANCE, G., 2020. Biased-corrected richness estimates for the Amazonian tree flora. *Sci Rep* 10, 10130. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66686-3>

TROUP, R. S. *Silvicultural systems*. 2.ed. Oxford: Oxford University, 1966. 216 p.

MODELAGEM ALOMÉTRICA DE ALTURA EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA DO DISTRITO DE ITATUPÃ, MUNICÍPIO DE GURUPÁ-PA

Franciléia Dias Monteiro

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/3410999183805417>

Robson Matheus de Araújo Silva

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/7301686932036215>

Robson Borges de Lima

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/4180291284433803>

Jadson Coelho de Abreu

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/0255405274248451>

Renan Mendes Santos

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/6751541946371025>

Erik Patrik Furtado Carvalho

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/0179061099243562>

Anthoinny Vitória dos Santos Silva

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/9526751955180441>

Rodrigo Galvão Teixeira de Souza

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/1490305056999060>

Gabriel Victor Caetano Carvalho Liarte

Universidade do Estado do Amapá
Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/7813823127471028>

RESUMO: As florestas de várzea estuarina são caracterizadas pela grande diversidade e competição entre espécies arbóreas, alta umidade relativa e dinâmica do estrato vertical e dossel, o que torna as medidas diretas de altura difíceis e custosas nos inventários florestais. O estuário do Rio Amazonas possui um importante papel nas mudanças climáticas sequestrando carbono da atmosfera e as medidas precisas de altura das espécies arbóreas são fundamentais para compreender as estimativas totais de biomassa e carbono acima do solo. Várias alternativas de modelagem têm sido aplicadas para estimativas de altura, e os modelos de regressão não-lineares tendem a reportar resultados promissores em florestas tropicais. O objetivo deste estudo é obter estimativas precisas de altura de árvores em floresta de várzea usando modelos de regressão não-lineares, bem como comparar as estimativas dos modelos locais com o modelo Pantropical desenvolvido para a América do Sul. Os dados de campo foram obtidos por meio do inventário de 100 árvores caídas localizadas na região do estuário do Rio Amazonas que compõem o distrito de Itatupã, Gurupá, Pará. Os indivíduos medidos apresentaram condições específicas, como: fuste em condições aceitáveis, sem qualquer deformidade ou tortuosidade e galhos e/ou copa para a coleta da altura total. Para o desenvolvimento das estimativas foram

aplicados 5 modelos alométricos não-lineares e as equações obtidas foram analisadas por meio de comparação de critérios estatísticos. A equação gerada pelo modelo de Weibull reportou resultados mais promissores com os valores de R^2_{aj} de 0,81 e homogeneidade de variância. Outrossim, a equação Pantropical para os dados deste estudo foram precisamente significativas, sugerindo seu uso quando uma equação local não for desenvolvida.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos de Regressão Não-Linear; Estimativa de Altura; Critérios Estatísticos.

ALOMETRIC MODELING OF HEIGHT IN VARZEA ESTUARINE FOREST IN THE DISTRICT OF ITATUPÁ, MUNICIPALITY OF GURUPÁ-PA

ABSTRACT: Estuarine floodplain forests are characterized by great diversity and competition between tree species, high relative humidity and dynamics of the vertical stratum and canopy, which makes direct measurements of height difficult and costly in forest inventories. The Amazon River estuary plays an important role in climate change by sequestering carbon from the atmosphere, and accurate height measurements of tree species are critical to understanding the total estimates of aboveground biomass and carbon. Several modeling alternatives have been applied for height estimates, and nonlinear regression models tend to report promising results in tropical forests. The objective of this study is to obtain accurate estimates of tree height in a floodplain forest using nonlinear regression models, as well as to compare the estimates of the local models with the Pantropical model developed for South America. Field data were obtained by through the inventory of 100 fallen trees located in the region of the Amazon River estuary that make up the district of Itatupá, Gurupá, Pará. canopy for full height collection. To develop the estimates, 5 non-linear allometric models were applied and the equations obtained were analyzed by comparing statistical criteria. The equation generated by the Weibull model reported more promising results with R^2_{aj} values of 0.81 and homogeneity of variance. Furthermore, the Pantropical equation for the data in this study was precisely significant, suggesting its use when a local equation is not developed.

KEYWORDS: Nonlinear Regression Models; Height Estimate; Statistical criteria.

INTRODUÇÃO

Dentre as categorias de florestas naturais do domínio morfoclimático amazônico, as florestas de várzea estuarina compreendem aproximadamente 5% (dos Santos Vieira et al., 2017; Gama et al., 2005). Apesar de sua importância, estão entre os ecossistemas mais ameaçados devido a exploração desordenada de madeira, e como resultado podem estar em grandes riscos quanto as florestas de terra firme (Mazzaro de Freitas et al., 2018).

As várzeas estuarinas são conhecidas pela constante entrada de água do Rio Amazonas carregada de sedimentos e se destacam pela elevada riqueza de espécies (Draper et al., 2021; Fauset et al., 2015; ter Steege et al., 2020, 2013). Apresentam alta umidade relativa e dinâmica do dossel e estrato vertical (Gonçalves et al., 2021; Hansen et al., 2019). Possuem um importante papel no contexto das mudanças climáticas sequestrando carbono da atmosfera, e as informações obtidas por meio do inventário

florestal são essenciais para monitoramento e quantificação precisa das medidas de biomassa nos trópicos (Feldpausch et al., 2011).

Além do diâmetro, atualmente muitos estudos mostram a importância das medições de altura em inventários florestais (Brando, 2018; Gorgens et al., 2021; Lima et al., 2021), principalmente porque é um importante indicador de estoques de biomassa acima do solo (Chave et al., 2014). No entanto, a obtenção dos dados de altura em campo não é uma tarefa fácil fazendo com que muitos pesquisadores e ecologistas optem pelo emprego de modelos alométricos de relação altura/diâmetro ou emprego de ferramentas de sensoriamento remoto (Larjavaara and Muller-Landau, 2013; Sullivan et al., 2018).

Nesse sentido, a análise de regressão não linear tem sido utilizada com ênfase na solução de problemas sobre medidas de altura (Eby et al., 2017; Ige et al., 2013; Zhang et al., 2021). Isto é explicado principalmente por conta do crescimento não-linear da altura em relação ao diâmetro da árvore (Mehtätalo et al., 2015a). Assim como nos modelos lineares, o objetivo é explicar e estabelecer relação entre variáveis explicativas e respostas. No entanto, enquanto modelos lineares definem relações empíricas, os não-lineares são motivados pelo conhecimento do tipo de relação que está sendo analisado (Lima et al., 2021). Quando se trata de modelos de regressão não-linear, os dados observados de uma variável resposta, como a altura, são descritos por uma função de uma ou mais variáveis explicativas que é não-linear aos seus parâmetros (Ige et al., 2013). Esses modelos são menos sensíveis a pontos individuais e possuem fundamentações biológicas, tornando-os mais estáveis e confiáveis para extrapolação dos dados com bons ajustes.

Portanto, o objetivo deste estudo é obter estimativas precisas de altura de árvores em floresta de várzea usando modelos de regressão não-lineares, bem como comparar as estimativas dos modelos locais com o modelo Pantropical desenvolvido para a América do Sul. A hipótese que norteia este trabalho é que a melhor equação local configura previsões mais confiáveis quando comparada com a equação Pantropical.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de várzea estuarina estudada fica localizada na região norte da ilha grande de Gurupá no distrito de Itatupã ($0^{\circ}35'37.87''S$ e $51^{\circ}27'26.40''O$), município de Gurupá, norte do estado do Pará, no nordeste da Amazônia (Figura 1).



Figura 1: Mapa de localização da área em que foi realizado o inventário de árvores caídas no distrito de Itatupá, Gurupá-PA.

De acordo com a classificação de Köppen, a área possui clima do tipo “Ami” (clima tropical de monção) com regime pluviométrico anual definido por estação seca que quase sempre ocorre após o solstício de Inverno – embora com índices pluviométricos capazes de garantir níveis hídricos necessários a constituição de uma biodiversidade local específicas. A estação chuvosa vai de novembro a maio, com períodos mais secos de junho a outubro. A temperatura média anual é de 26°C, a precipitação anual gira em torno de 2.000mm, as estações são praticamente inexistentes com umidade relativa do ar a 80%. A formação geológica corresponde ao período quaternário, composta por unidade de aluviões, ou seja, por cobertura sedimentares (GAMA, 2007).

Os solos predominantes na região de estudo são do tipo hidromórficos gleizados eutróficos (húmico e pouco húmico), de textura siltosa, nas margens das ilhas do Amazonas, e argilosa à medida que se distância para o interior (IBGE, 2012).

Amostragem e Coleta de Dados

Na área demarcada deste estudo, foi realizado um inventário florestal censitário de árvores caídas naturalmente (Figura 2). Os indivíduos medidos foram selecionados de acordo com a qualidade do fuste em condições aceitáveis, sem qualquer deformidade ou tortuosidade (garantindo a coleta do diâmetro a 1 metro e 30 centímetros da base); galhos

e/ou copa (para a coleta da altura total do indivíduo). No total, foram amostradas 100 árvores com a média de altura de 18,5 metros e de diâmetro de 37,8 centímetros. Estão divididas em 22 espécies de 21 gêneros e 13 famílias botânicas. Com *Carapa guianensis* (Aubl.) e *Terminalia amazônica* (J.F. Gmel.) com mais representantes caídos: 10 e 8 árvores, respectivamente. A Fabaceae foi a família com maior número de representantes amostrados: 27 representantes.



Figura 2: Medição de altura total e cubagem rigorosa das árvores caídas.

Todos os indivíduos caídos tiveram seus diâmetros (1,30 m acima da base do fuste) e altura totais – configurando como altura verdadeira – medidos com auxílio de trena milimetrada. Foram mensuradas todas as árvores encontradas, independentemente do tamanho do seu diâmetro.

Ajuste dos Modelos Alométricos

Cinco modelos não-lineares, comumente utilizados para descrever a relação diâmetro-altura, foram utilizados (Tabela 1). Os modelos foram ajustados sem definir as espécies como um fator, principalmente porque era difícil identificar as árvores mortas e caídas e também já porque algumas espécies poderiam apresentar poucos indivíduos para calibração de algum modelo não-linear misto.

Modelo	Forma Funcional	Variáveis
LOG – LOG	$Y = \exp(\beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(x)) + \varepsilon$	DAP
WEIBULL	$Y = H_{\max} \cdot (1 - \exp(-\beta_0 \cdot x^{\beta_1})) + \varepsilon$	HT & DAP
MONOMOLECULAR	$Y = H_{\min} \cdot (1 - \exp(-\beta_0 \cdot x))^{\beta_1} + \varepsilon$	HT & DAP
HIPERBOLA	$Y = ((H_{\max} \cdot x) / (\beta_0 + x)) - \beta_1 + \varepsilon$	HT & DAP
PANTROPICAL	$\text{LN}(H) = 0.893 - \varepsilon + 0.76 \cdot \text{LN}(x)$	DAP

Nota: β_i = parâmetros a serem estimados; x = diâmetro medido a 1,30 m do comprimento do tronco (DAP); H_{mes} = altura total mensurada em campo; Y = altura total do povoamento em metros; ε = erro aleatório.

Tabela 1: Modelos Alométricos utilizados para estimar a altura da população arbórea da área.

Utilizamos o pacote *nme* no software R (R Core Team, 2021) para a estimativa dos parâmetros dos modelos. A análise gráfica dos resíduos foi realizada em função dos valores estimados da altura para apontar modelos com variância homogênea. Em virtude disso, as alturas estimadas foram comparadas com as alturas medidas em campo para analisar a precisão dos ajustes. O modelo Pan-tropical desenvolvido para a bacia Amazônica foi aplicado aos dados deste estudo para estimativas da altura.

Critério Estatísticos

As equações obtidas foram analisadas por meio de comparação de critérios estatísticos obtidos conforme as equações 1, 2, 3 e 4.

– Critério de Informação de Akaike (AIC):

$$\text{AIC} = -2\text{LL} + 2K \quad (1) \text{ Eq.}$$

Em que: LL é a log-verossimilhança e K é o número de parâmetros do modelo. Este critério penaliza a adição de parâmetros nos modelos analisados. Indica qualidade do ajuste pelas equações. A melhor equação minimiza o valor de AIC.

– Coeficiente de Determinação Ajustado (R_{aj}^2):

$$R_{aj}^2 = R^2 - \left[\frac{k-1}{n-k} \right] \cdot (1 - R^2) = \quad (2) \text{ Eq.}$$

Em que: R^2 é o coeficiente de determinação; n = número de observações; k = valor definido. Por esse critério, quanto mais próximo de um (1,0) ou 100% for o valor do coeficiente de determinação ajustado, maior será a variação total dos dados explicados pela equação.

– Raiz Quadrada do Erro Médio (RMSE):

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - H'_i)^2}{n}} \quad (3) \text{ Eq.}$$

Em que: H_i é a altura total; H'_i é a estimativa da altura e n = número total de observações. A raiz quadrada do erro médio indica a diferença média quadrática entre os valores observados e estimados. Quanto menor o RMSE, melhor a precisão da estimativa).

Comparações com o modelo Pan-tropical

Realizamos a comparação dos modelos não-lineares obtidos com a modelo Pantropical desenvolvido por Feldpausch et al. (2011). Este procedimento foi realizado comparando a média da altura das árvores medidas em campo (Htmes) contra a altura média gerada pelos modelos ajustados (Htest). Testamos a hipótese de que as alturas estimadas pelo melhor modelo local não diferem da altura verdadeira. Realizamos uma análise de variância e teste F ($p < 0,05$) em que os tratamentos são os modelos locais e Pan-tropical e a testemunha é a altura medida em campo. Quando um efeito significativo foi apontado pela ANOVA, o teste de Tukey ($p < 0,05$) foi implementado para discriminar diferenças entre os pares de comparação. As análises foram realizadas utilizando o pacote *agricolae* no software estatístico R (R Core Team 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos critérios estatísticos analisados mostram que os cinco modelos ajustados obtiveram um ajuste razoavelmente bom (Tabela 2). A variação total dos dados explicada pelos modelos está acima de 60%. A diferença entre os valores de AIC e raiz quadrada do erro médio sugerem que o modelo de Weibull é ligeiramente superior na qualidade das estimativas, configurando como melhor modelo local (menores valores de AIC = 2802,11; RMSE = 12,67; e o coeficiente de determinação de $R^2_{aj} = 0,81$). Os parâmetros dos modelos foram significativos ao nível de confiança de 95% ($p < 0,05$).

Modelos	β_0	β_1	β_2	AIC	R^2_{aj}	RMSE
LOG – LOG	1,431	0,427		2858,86	0,80	17,32
WEIBULL	0,066	0,739	32,779	2802,12	0,82	12,67
MONOMOLECULAR	0,067	0,717	32,924	2842,10	0,65	17,49
HIPERBOLA	38,165	-2,647	35,518	2813,12	0,71	17,88

Tabela 2: Resultados estatísticos dos ajustes dos modelos alométricos para a estimativa.

Os modelos Hipérbola e log-log tendem a subestimar a altura nas maiores árvores, enquanto que o modelo monomolecular superestimam em sua maioria para todos os tamanhos das árvores (Figura 3). A parametrização do modelo de Weibull evidencia a capacidade preditiva de altura total para os diferentes tamanhos de diâmetro das árvores reportando resultados similares em outras áreas no nordeste da Amazônia (Lima et al., 2021) ou em escalas maiores nas regiões dos trópicos (Feldpausch et al., 2012a; Martínez Cano et al., 2019; Scaranello et al., 2012; Sullivan et al., 2018; Tsega et al., 2018). Embora na sua forma genérica, o modelo Pan-tropical evidencie previsões satisfatórias, é

importante destacar que esse modelo é apontado na literatura como mais parcimonioso e tem aplicabilidade mais simples nos inventários (Lima et al., 2021).

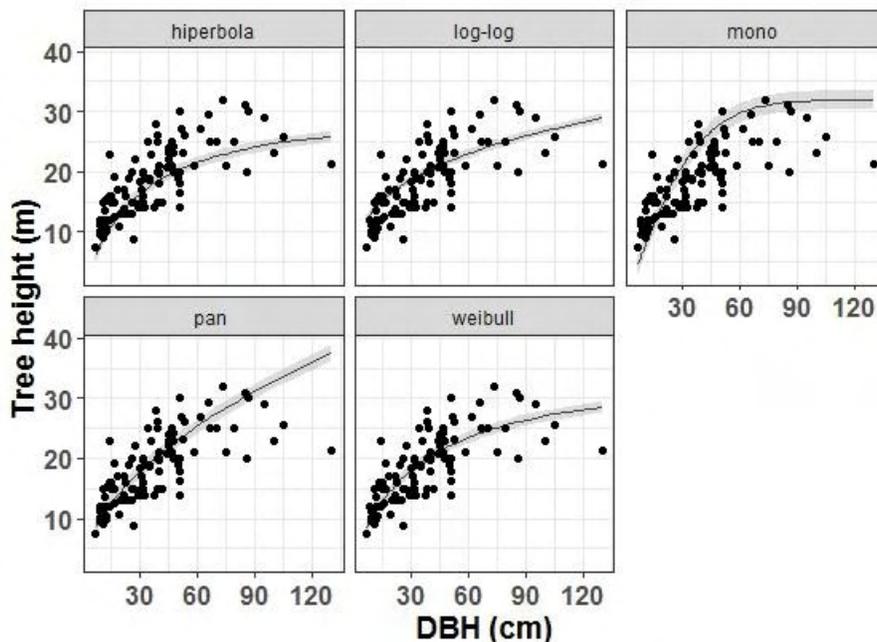


Figura 3: Estimativas e erros de predição de modelos alométricos ajustados para dados de altura total em floresta de várzea.

Esses resultados refletem na distribuição residual (Figura 4). O melhor modelo local e o modelo Pantropical sugerem homogeneidade de variância enquanto que os demais modelos configuram diferentes tendências de superestimação. Isso corrobora com a alta precisão da estimativa de altura por meio do modelo de Weibull, e quando um modelo local não estiver disponível o modelo Pan-tropical pode ser satisfatoriamente aplicado para prever a altura total. No entanto, isso não invalida os resultados dos demais modelos justificando o uso e aplicações corretos de modelos empíricos de regressão não-linear.

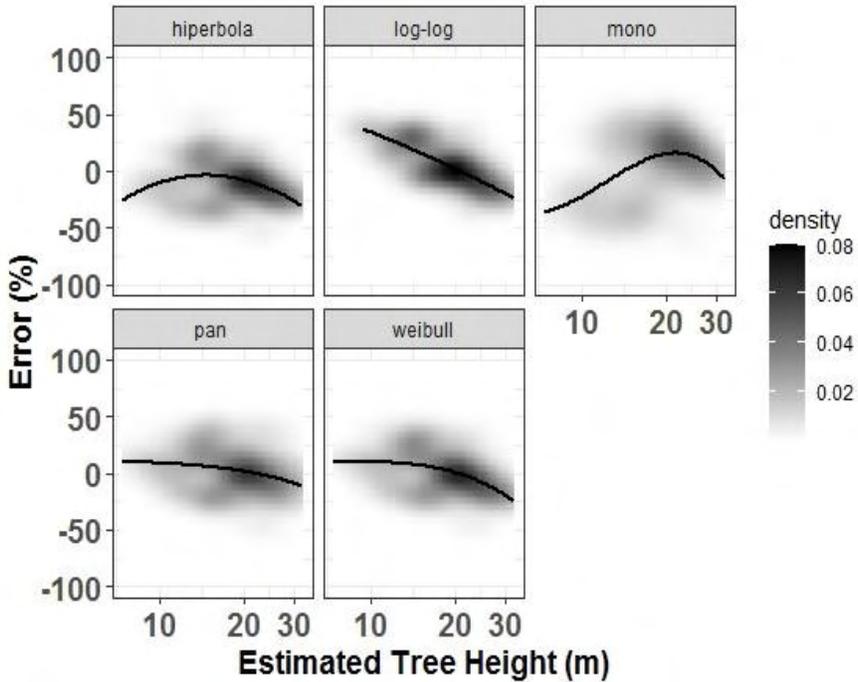
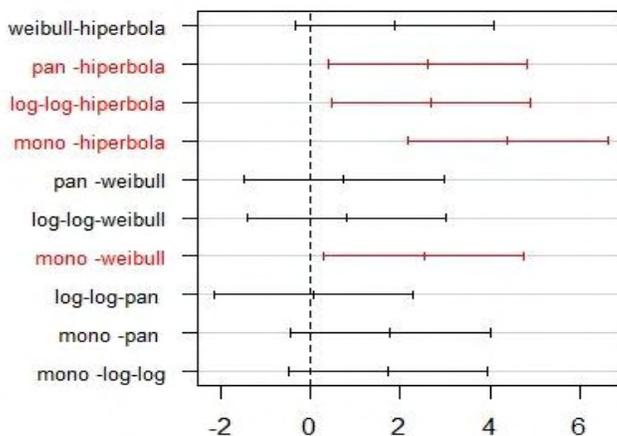


Figura 4: Erro percentual (diferença entre a altura total medida em campo e a altura total estimada pelos modelos, dividido pela altura total medida em campo, em%) vs altura estimada para os 5 modelos alométricos de altura; a linha preta grossa representa uma regressão spline (é uma curva definida matematicamente por dois ou mais pontos de controle), ilustrando um viés negativo em grandes valores estimados de altura de 4 modelos (valores > 20 m) e um viés negativo em valores estimados de 2 modelos (valores <20 m). O fundo representa a densidade do ponto de dados (n = 100 árvores).

O teste de médias e contrastes gerados pelas intercomparações de medidas de altura corrobora nossos resultados obtidos. Em todas as comparações, o modelo local (Weibull) e o Pantropical apresentam desempenho semelhante, ou seja, não há diferença mínima significativa entre os dois modelos, o que sugere estimativas precisas semelhantes ao valor médio do verdadeiro nível de altura de árvore (Figura 5).



Differences in mean levels of tukey\$Model

Figura 5: Intercomparação das alturas médias estimadas por Log-Log, Hiperbola, Monomolecular, Pantropical e Weibull. Os contrastes vermelhos indicam uma diferença estatística de zero pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Neste estudo, notamos que o modelo Pan-tropical pode ser aplicado para estimativa de altura na várzea já que concentra estimativas confiáveis em valores mínimos e máximos de diâmetro. Isso fica mais evidente quando avaliamos as diferentes predições para cada classe de tamanho de diâmetro (Figura 6). Praticamente em todas as classes de dap verificamos que os dois últimos boxplots (referentes aos modelos de Weibull e Pantropical respectivamente) apresentam distribuições de suas estimativas dentro dos intervalos interquartílicos dos valores de altura medidos em campo. É importante destacar também que a partir do momento em que as classes de diâmetros ultrapassam 45 centímetros, o modelo monomolecular superestima os valores de altura, confirmando os resultados de predição mostrados na figura 2 e na possível heterogeneidade de variância na verificada na figura 4.

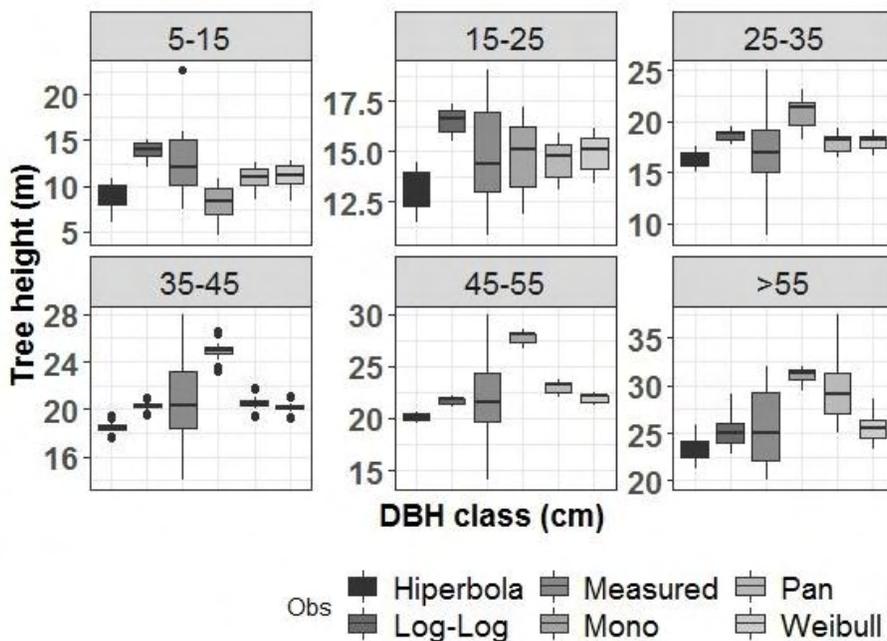


Figura 6: Comparação das medidas de altura por classe de diâmetro ≥ 5 cm entre os valores gerados por Hiperbola, Log-Log, Altura Mensurada em Campo, Monomolecular, Pantropical e Weibull.

O estabelecimento de estimativas de altura precisas exige um conhecimento inicial sólido dos modelos alométricos, que expliquem e abordem os processos dinâmicos de crescimento em altura das árvores. É possível que o baixo desempenho de um modelo alométrico de altura seja derivado da baixa representatividade de variações do ambiente em que a árvore se desenvolve (LIMA et al., 2021).

O modelo de Weibull explica significativamente bem os ambientes de elevada variação nas alturas e heterogeneidade de espécies, características presentes em florestas nativas no nordeste da Amazônia (Lima et al., 2021). A forma funcional desse modelo é ecologicamente consistente e representa o realismo biológico em florestas densas (Feldpausch et al., 2012b; Mehtätalo et al., 2015b). Portanto, é útil entender que os modelos de regressão não lineares são capazes de capturar essas características intrínsecas do ambiente que refletem no crescimento em altura e consequente na forma da relação altura-diâmetro. Muito embora o modelo Pan-tropical evidencie estimativas confiáveis de altura, o uso indiscriminado de modelos de outras regiões pode acarretar consideráveis vieses na estimativa de altura, sendo não recomendado para determinadas tipologias florestais (Feldpausch et al., 2011; Sullivan et al., 2018). A escolha de um modelo de altura-diâmetro apropriado é, portanto, crucial para uma análise precisa da dinâmica e funções da floresta (Mensah et al., 2018).

CONCLUSÃO

Comprovamos que o modelo de Weibull é o mais indicado para gerar estimativas precisas de altura da vegetação de uma floresta de várzea estuarina no município de Gurupá-Pará. Na ausência de uma equação local, o modelo Pantropical pode ser utilizado como ferramenta para estimativa da altura.

Este estudo desenvolveu um modelo alométrico para predição confiável de altura das árvores de uma floresta de várzea estuarina do distrito de Itatupã. Esses resultados são importantes para o estabelecimento de futuros planos de manejo da região visando a produção de madeira e sequestro de carbono.

REFERÊNCIAS

- Brando, P., 2018. Tree height matters. *Nature Geosci* 11, 390–391. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0147-z>
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W.A., Muller-Landau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Pélissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G., Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Glob Change Biol* 20, 3177–3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- dos Santos Vieira, D., Romarco de Oliveira, M.L., Vasconcelos Gama, J.R., Mendonça Machado, E.L., Bastos Górgens, E., Oliveira Lafetá, B., Silva Garcia, J., 2017. Phytosociology of a natural fragment of the floodplain forest in the Lower Tapajós River, Brazil. *Bosque (Valdivia)* 38, 357–369. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000200013>
- Draper, F.C., Costa, F.R.C., Arellano, G., Phillips, O.L., Duque, A., Macía, M.J., ter Steege, H., Asner, G.P., Berenguer, E., Schiatti, J., Socolar, J.B., de Souza, F.C., Dexter, K.G., Jørgensen, P.M., Tello, J.S., Magnusson, W.E., Baker, T.R., Castilho, C.V., Monteagudo-Mendoza, A., Fine, P.V.A., Ruokolainen, K., Coronado, E.N.H., Aymard, G., Dávila, N., Sáenz, M.S., Paredes, M.A.R., Engel, J., Fortunel, C., Paine, C.E.T., Goret, J.-Y., Dourdain, A., Petronelli, P., Allie, E., Andino, J.E.G., Brienen, R.J.W., Pérez, L.C., Manzatto, Â.G., Zambrana, N.Y.P., Molino, J.-F., Sabatier, D., Chave, J., Fauset, S., Villacorta, R.G., Réjou-Méchain, M., Berry, P.E., Melgaço, K., Feldpausch, T.R., Sandoval, E.V., Martinez, R.V., Mesones, I., Junqueira, A.B., Roucoux, K.H., de Toledo, J.J., Andrade, A.C., Camargo, J.L., del Aguila Pasquel, J., Santana, F.D., Laurance, W.F., Laurance, S.G., Lovejoy, T.E., Comiskey, J.A., Galbraith, D.R., Kalamandeen, M., Aguilar, G.E.N., Arenas, J.V., Guerra, C.A.A., Flores, M., Llampazo, G.F., Montenegro, L.A.T., Gomez, R.Z., Pansonato, M.P., Moscoso, V.C., Vleminckx, J., Barrantes, O.J.V., Duivenvoorden, J.F., de Sousa, S.A., Arroyo, L., Perdiz, R.O., Cravo, J.S., Marimon, B.S., Junior, B.H.M., Carvalho, F.A., Damasco, G., Disney, M., Vital, M.S., Diaz, P.R.S., Vicentini, A., Nascimento, H., Higuchi, N., Van Andel, T., Malhi, Y., Ribeiro, S.C., Terborgh, J.W., Thomas, R.S., Dallmeier, F., Prieto, A., Hilário, R.R., Salomão, R.P., Silva, R. da C., Casas, L.F., Vieira, I.C.G., Araujo-Murakami, A., Arevalo, F.R., Ramírez-Angulo, H., Torre, E.V., Peñuela, M.C., Killeen, T.J., Pardo, G., Jimenez-Rojas, E., Castro, W., Cabrera, D.G., Pipoly, J., de Sousa, T.R., Silvera, M., Vos, V., Neill, D., Vargas, P.N., Vela, D.M., Aragão, L.E.O.C., Umetsu, R.K., Sierra, R., Wang, O., Young, K.R., Prestes, N.C.C.S., Massi, K.G., Huaymacari, J.R., Gutierrez, G.A.P., Aldana, A.M., Alexiades, M.N., Baccaro, F., Céron, C., Muelbert, A.E., Rios, J.M.G., Lima, A.S., Lloyd, J.L., Pitman, N.C.A., Gamarra, L.V., Oroche, C.J.C., Fuentes, A.F., Palacios, W., Patiño, S., Torres-Lezama, A., Baraloto, C., 2021. Amazon tree dominance across forest strata. *Nat Ecol Evol* 5, 757–767. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01418-y>

Eby, W.M., Oyamakin, S.O., Chukwu, A.U., 2017. A new nonlinear model applied to the height-DBH relationship in *Gmelina arborea*. *Forest Ecology and Management* 397, 139–149. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.015>

Fauset, S., Johnson, M.O., Gloor, M., Baker, T.R., Monteagudo M., A., Brien, R.J.W., Feldpausch, T.R., Lopez-Gonzalez, G., Malhi, Y., ter Steege, H., Pitman, N.C.A., Baraloto, C., Engel, J., Pétronelli, P., Andrade, A., Camargo, J.L.C., Laurance, S.G.W., Laurance, W.F., Chave, J., Allie, E., Vargas, P.N., Terborgh, J.W., Ruokolainen, K., Silveira, M., Aymard C., G.A., Arroyo, L., Bonal, D., Ramirez-Angulo, H., Araujo-Murakami, A., Neill, D., Hérault, B., Dourdain, A., Torres-Lezama, A., Marimon, B.S., Salomão, R.P., Comiskey, J.A., Réjou-Méchain, M., Toledo, M., Licona, J.C., Alarcón, A., Prieto, A., Rudas, A., van der Meer, P.J., Killeen, T.J., Marimon Junior, B.-H., Poorter, L., Boot, R.G.A., Stergios, B., Torre, E.V., Costa, F.R.C., Levis, C., Schiatti, J., Souza, P., Groot, N., Arets, E., Moscoso, V.C., Castro, W., Coronado, E.N.H., Peña-Claros, M., Stahl, C., Barroso, J., Talbot, J., Vieira, I.C.G., van der Heijden, G., Thomas, R., Vos, V.A., Almeida, E.C., Davila, E.Á., Aragão, L.E.O.C., Erwin, T.L., Morandi, P.S., de Oliveira, E.A., Valadão, M.B.X., Zagt, R.J., van der Hout, P., Loayza, P.A., Pipoly, J.J., Wang, O., Alexiades, M., Cerón, C.E., Huamantupa-Chuquimaco, I., Di Fiore, A., Peacock, J., Camacho, N.C.P., Umetsu, R.K., de Camargo, P.B., Burnham, R.J., Herrera, R., Quesada, C.A., Stropp, J., Vieira, S.A., Steininger, M., Rodríguez, C.R., Restrepo, Z., Muelbert, A.E., Lewis, S.L., Pickavance, G.C., Phillips, O.L., 2015. Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling. *Nat Commun* 6, 6857. <https://doi.org/10.1038/ncomms7857>

Feldpausch, T.R., Banin, L., Phillips, O.L., Baker, T.R., Lewis, S.L., Quesada, C.A., Affum-Baffoe, K., Arets, E.J.M.M., Berry, N.J., Bird, M., Brondizio, E.S., de Camargo, P., Chave, J., Djangbletey, G., Domingues, T.F., Drescher, M., Fearnside, P.M., França, M.B., Fyllas, N.M., Lopez-Gonzalez, G., Hladik, A., Higuchi, N., Hunter, M.O., Iida, Y., Salim, K.A., Kassim, A.R., Keller, M., Kemp, J., King, D.A., Lovett, J.C., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Lenza, E., Marshall, A.R., Metcalfe, D.J., Mitchard, E.T.A., Moran, E.F., Nelson, B.W., Nilus, R., Nogueira, E.M., Palace, M., Patiño, S., Peh, K.S.-H., Raventos, M.T., Reitsma, J.M., Saiz, G., Schrodt, F., Sonké, B., Taedoum, H.E., Tan, S., White, L., Wöll, H., Lloyd, J., 2011. Height-diameter allometry of tropical forest trees. *Biogeosciences* 8, 1081–1106. <https://doi.org/10.5194/bg-8-1081-2011>

Feldpausch, T.R., Lloyd, J., Lewis, S.L., Brien, R.J.W., Gloor, M., Monteagudo Mendoza, A., Lopez-Gonzalez, G., Banin, L., Abu Salim, K., Affum-Baffoe, K., Alexiades, M., Almeida, S., Amaral, I., Andrade, A., Aragão, L.E.O.C., Araujo Murakami, A., Arets, E.J.M.M., Arroyo, L., Aymard C., G.A., Baker, T.R., Bánki, O.S., Berry, N.J., Cardozo, N., Chave, J., Comiskey, J.A., Alvarez, E., de Oliveira, A., Di Fiore, A., Djangbletey, G., Domingues, T.F., Erwin, T.L., Fearnside, P.M., França, M.B., Freitas, M.A., Higuchi, N., E. Honorio C., Iida, Y., Jiménez, E., Kassim, A.R., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Lovett, J.C., Malhi, Y., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Lenza, E., Marshall, A.R., Mendoza, C., Metcalfe, D.J., Mitchard, E.T.A., Neill, D.A., Nelson, B.W., Nilus, R., Nogueira, E.M., Parada, A., Peh, K.S.-H., Pena Cruz, A., Peñuela, M.C., Pitman, N.C.A., Prieto, A., Quesada, C.A., Ramírez, F., Ramírez-Angulo, H., Reitsma, J.M., Rudas, A., Saiz, G., Salomão, R.P., Schwarz, M., Silva, N., Silva-Espejo, J.E., Silveira, M., Sonké, B., Stropp, J., Taedoum, H.E., Tan, S., ter Steege, H., Terborgh, J., Torello-Raventos, M., van der Heijden, G.M.F., Vásquez, R., Vilanova, E., Vos, V.A., White, L., Willcock, S., Woell, H., Phillips, O.L., 2012a. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences* 9, 3381–3403. <https://doi.org/10.5194/bg-9-3381-2012>

Feldpausch, T.R., Lloyd, J., Lewis, S.L., Brien, R.J.W., Gloor, M., Monteagudo Mendoza, A., Lopez-Gonzalez, G., Banin, L., Abu Salim, K., Affum-Baffoe, K., Alexiades, M., Almeida, S., Amaral, I., Andrade, A., Aragão, L.E.O.C., Araujo Murakami, A., Arets, E.J.M.M., Arroyo, L., Aymard C., G.A., Baker, T.R., Bánki, O.S., Berry, N.J., Cardozo, N., Chave, J., Comiskey, J.A., Alvarez, E., de Oliveira, A., Di Fiore, A., Djangbletey, G., Domingues, T.F., Erwin, T.L., Fearnside, P.M., França, M.B., Freitas, M.A., Higuchi, N., E. Honorio C., Iida, Y., Jiménez, E., Kassim, A.R., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Lovett, J.C., Malhi, Y., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Lenza, E., Marshall, A.R., Mendoza, C., Metcalfe, D.J., Mitchard, E.T.A., Neill, D.A., Nelson, B.W., Nilus, R., Nogueira, E.M., Parada, A., Peh, K.S.-H., Pena Cruz, A., Peñuela, M.C., Pitman, N.C.A., Prieto, A., Quesada, C.A., Ramírez, F., Ramírez-Angulo, H.,

Reitsma, J.M., Rudas, A., Saiz, G., Salomão, R.P., Schwarz, M., Silva, N., Silva-Espejo, J.E., Silveira, M., Sonké, B., Stropp, J., Taedoumg, H.E., Tan, S., ter Steege, H., Terborgh, J., Torello-Raventos, M., van der Heijden, G.M.F., Vásquez, R., Vilanova, E., Vos, V.A., White, L., Willcock, S., Woell, H., Phillips, O.L., 2012b. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences* 9, 3381–3403. <https://doi.org/10.5194/bg-9-3381-2012>

Gama, J.R.V., Bentes-Gama, M. de M., Scolforo, J.R.S., 2005. Manejo sustentado para floresta de várzea na amazônia oriental. *Rev. Árvore* 29, 719–729. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000500007>

Gonçalves, J., Durgante, F., Wittmann, F., Piedade, M.T., Ortega Rodríguez, D., Filho, M., Parolin, P., Schöngart, J., 2021. Minimum temperature and evapotranspiration in Central Amazonian floodplains limit tree growth of *Nectandra amazonum* (Lauraceae). *Trees* 35, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02126-7>

Gorgens, E.B., Nunes, M.H., Jackson, T., Coomes, D., Keller, M., Reis, C.R., Valbuena, R., Rosette, J., Almeida, D.R.A., Gimenez, B., Cantinho, R., Motta, A.Z., Assis, M., Souza Pereira, F.R., Spanner, G., Higuchi, N., Ometto, J.P., 2021. Resource availability and disturbance shape maximum tree height across the Amazon. *Glob. Change Biol.* 27, 177–189. <https://doi.org/10.1111/gcb.15423>

Hansen, A., Barnett, K., Jantz, P., Phillips, L., Goetz, S.J., Hansen, M., Venter, O., Watson, J.E.M., Burns, P., Atkinson, S., Rodríguez-Buritica, S., Ervin, J., Virnig, A., Supples, C., De Camargo, R., 2019. Global humid tropics forest structural condition and forest structural integrity maps. *Sci Data* 6, 232. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0214-3>

Ige, P.O., Akinyemi, G.O., Smith, A.S., 2013. Nonlinear growth functions for modeling tree height–diameter relationships for *Gmelina arborea* (Roxb.) in south-west Nigeria. *Forest Science and Technology* 9, 20–24. <https://doi.org/10.1080/21580103.2013.773662>

Larjavaara, M., Muller-Landau, H.C., 2013. Measuring tree height: a quantitative comparison of two common field methods in a moist tropical forest. *Methods Ecol Evol* 4, 793–801. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12071>

Lima, R.B. de, Gorgens, E.B., Elias, F., de Abreu, J.C., Baia, A.L., de Oliveira, C.P., Silva da Silva, D.A., Batista, A.P.B., Lima, R.C., Sotta, E.D., Caraciolo Ferreira, R.L., Aleixo da Silva, J.A., Carneiro Guedes, M., 2021. Height-diameter allometry for tropical forest in northern Amazonia. *PLoS ONE* 16, e0255197. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255197>

Martínez Cano, I., Muller-Landau, H.C., Wright, S.J., Bohlman, S.A., Pacala, S.W., 2019. Tropical tree height and crown allometries for the Barro Colorado Nature Monument, Panama: a comparison of alternative hierarchical models incorporating interspecific variation in relation to life history traits. *Biogeosciences* 16, 847–862. <https://doi.org/10.5194/bg-16-847-2019>

Mazzaro de Freitas, F., Sparovek, G., Berndes, G., Persson, U., Englund, O., Barretto, A., Mörtberg, U., 2018. Potential increase of legal deforestation in Brazilian Amazon after Forest Act revision. *Nature Sustainability* 1, 665–670. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0171-4>

Mehtätalo, L., de-Miguel, S., Gregoire, T.G., 2015a. Modeling height-diameter curves for prediction. *Can. J. For. Res.* 45, 826–837. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0054>

Mehrtátalo, L., de-Miguel, S., Gregoire, T.G., 2015b. Modeling height-diameter curves for prediction. *Canadian Journal of Forest Research* 45, 826–837. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0054>

Mensah, S., Pienaar, O.L., Kunneke, A., du Toit, B., Seydack, A., Uhl, E., Pretzsch, H., Seifert, T., 2018. Height – Diameter allometry in South Africa's indigenous high forests: Assessing generic models performance and function forms. *Forest Ecology and Management* 410, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.030>

Scaranello, M.A. da S., Alves, L.F., Vieira, S.A., Camargo, P.B. de, Joly, C.A., Martinelli, L.A., 2012. Height-diameter relationships of tropical Atlantic moist forest trees in southeastern Brazil. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)* 69, 26–37. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000100005>

Sullivan, M.J.P., Lewis, S.L., Hubau, W., Qie, L., Baker, T.R., Banin, L.F., Chave, J., Cuni-Sanchez, A., Feldpausch, T.R., Lopez-Gonzalez, G., Arets, E., Ashton, P., Bastin, J., Berry, N.J., Bogaert, J., Boot, R., Brearley, F.Q., Brienen, R., Burslem, D.F.R.P., Canniere, C., Chudomelová, M., Dančák, M., Ewango, C., Hédli, R., Lloyd, J., Makana, J., Malhi, Y., Marimon, B.S., Junior, B.H.M., Metali, F., Moore, S., Nagy, L., Vargas, P.N., Pendry, C.A., Ramírez-Angulo, H., Reitsma, J., Rutishauser, E., Salim, K.A., Sonké, B., Sukri, R.S., Sunderland, T., Svátek, M., Umunay, P.M., Martínez, R.V., Vernimmen, R.R.E., Torre, E.V., Vleminckx, J., Vos, V., Phillips, O.L., 2018. Field methods for sampling tree height for tropical forest biomass estimation. *Methods Ecol Evol* 9, 1179–1189. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12962>

ter Steege, H., Pitman, N., Sabatier, D., Baraloto, C., Salomão, R., Guevara Andino, J., Phillips, O., Castilho, C., Magnusson, W., Molino, J.-F., Monteagudo, A., Vargas, P., Montero, J., Feldpausch, T., Honorio Coronado, E., Killeen, T., Mostacedo, B., Vásquez Martínez, R., Assis, R., Silman, M., 2013. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science (New York, N.Y.)* 342, 1243092. <https://doi.org/10.1126/science.1243092>

ter Steege, H., Prado, P.I., Lima, R.A.F. de, Pos, E., de Souza Coelho, L., de Andrade Lima Filho, D., Salomão, R.P., Amaral, I.L., de Almeida Matos, F.D., Castilho, C.V., Phillips, O.L., Guevara, J.E., de Jesus Veiga Carim, M., Cárdenas López, D., Magnusson, W.E., Wittmann, F., Martins, M.P., Sabatier, D., Irumé, M.V., da Silva Guimarães, J.R., Molino, J.-F., Bánki, O.S., Piedade, M.T.F., Pitman, N.C.A., Ramos, J.F., Monteagudo Mendoza, A., Venticinque, E.M., Luize, B.G., Núñez Vargas, P., Silva, T.S.F., de Leão Novo, E.M.M., Reis, N.F.C., Terborgh, J., Manzatto, A.G., Casula, K.R., Honorio Coronado, E.N., Montero, J.C., Duque, A., Costa, F.R.C., Castaño Arboleda, N., Schöngart, J., Zartman, C.E., Killeen, T.J., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Vasquez, R., Mostacedo, B., Demarchi, L.O., Feldpausch, T.R., Engel, J., Petronelli, P., Baraloto, C., Assis, R.L., Castellanos, H., Simon, M.F., de Medeiros, M.B., Quaresma, A., Laurance, S.G.W., Rincón, L.M., Andrade, A., Sousa, T.R., Camargo, J.L., Schiatti, J., Laurance, W.F., de Queiroz, H.L., Nascimento, H.E.M., Lopes, M.A., de Sousa Farias, E., Magalhães, J.L.L., Brienen, R., Aymard C., G.A., Revilla, J.D.C., Vieira, I.C.G., Cintra, B.B.L., Stevenson, P.R., Feitosa, Y.O., Duivenvoorden, J.F., Mogollón, H.F., Araujo-Murakami, A., Ferreira, L.V., Lozada, J.R., Comiskey, J.A., de Toledo, J.J., Damasco, G., Dávila, N., Lopes, A., García-Villacorta, R., Draper, F., Vicentini, A., Cornejo Valverde, F., Lloyd, J., Gomes, V.H.F., Neill, D., Alonso, A., Dallmeier, F., de Souza, F.C., Gribel, R., Arroyo, L., Carvalho, F.A., de Aguiar, D.P.P., do Amaral, D.D., Pansonato, M.P., Feeley, K.J., Berenguer, E., Fine, P.V.A., Guedes, M.C., Barlow, J., Ferreira, J., Villa, B., Peñuela Mora, M.C., Jimenez, E.M., Licona, J.C., Cerón, C., Thomas, R., Maas, P., Silveira, M., Henkel, T.W., Stropp, J., Paredes, M.R., Dexter, K.G., Daly, D., Baker, T.R., Huamantupa-Chuquimaco, I., Milliken, W., Pennington, T., Tello, J.S., Pena, J.L.M., Peres, C.A., Klitgaard, B., Fuentes, A., Silman, M.R., Di Fiore, A., von Hildebrand, P., Chave, J., van Andel, T.R., Hilário, R.R., Phillips, J.F., Rivas-Torres, G., Noronha, J.C., Prieto, A., Gonzales, T., de Sá Carpanedo, R., Gonzales, G.P.G., Gómez, R.Z., de Jesus Rodrigues, D., Zent, E.L., Ruschel, A.R., Vos, V.A., Fonty, É., Junqueira, A.B., Doza, H.P.D., Hoffman, B., Zent, S., Barbosa, E.M., Malhi, Y., de Matos Bonates, L.C., de Andrade Miranda, I.P., Silva, N., Barbosa, F.R., Vela, C.I.A., Pinto, L.F.M., Rudas, A., Albuquerque, B.W., Umaña, M.N., Carrero Márquez, Y.A., van der Heijden, G., Young, K.R., Tirado, M., Correa, D.F., Sierra, R., Costa, J.B.P., Rocha, M., Vilanova Torre, E., Wang, O., Oliveira, A.A., Kalamandeen, M., Vriesendorp, C., Ramirez-Angulo, H., Holmgren, M., Nascimento, M.T., Galbraith, D., Flores, B.M., Scudeller, V.V., Cano, A.,

Ahuite Reategui, M.A., Mesones, I., Baider, C., Mendoza, C., Zagt, R., Urrego Giraldo, L.E., Ferreira, C., Villarroel, D., Linares-Palomino, R., Farfan-Rios, W., Farfan-Rios, W., Casas, L.F., Cárdenas, S., Balslev, H., Torres-Lezama, A., Alexiades, M.N., Garcia-Cabrera, K., Valenzuela Gamarra, L., Valderrama Sandoval, E.H., Ramirez Arevalo, F., Hernandez, L., Sampaio, A.F., Pansini, S., Palacios Cuenca, W., de Oliveira, E.A., Pauletto, D., Levesley, A., Melgaço, K., Pickavance, G., 2020. Biased-corrected richness estimates for the Amazonian tree flora. *Sci Rep* 10, 10130. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66686-3>

Tsega, M., Guadie, A., Teffera, Z.L., Belayneh, Y., Niu, D., 2018. Development and Validation of Height-Diameter Models for *Cupressus lusitanica* in Gerged Forest, Ethiopia. *Forest Science and Technology* 14, 138–144. <https://doi.org/10.1080/21580103.2018.1482794>

Zhang, X., Fu, L., Sharma, R., He, X., Zhang, H., Feng, L., Zhou, Z., 2021. A Nonlinear Mixed-Effects Height-Diameter Model with Interaction Effects of Stand Density and Site Index for *Larix olgensis* in Northeast China. *Forests* 12, 1460. <https://doi.org/10.3390/f12111460>

MODELAGEM DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA, GURUPÁ-PARÁ

Franciléia Dias Monteiro

Universidade do Estado do Amapá

Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/3410999183805417>

Erik Patrik Furtado Carvalho

Universidade do Estado do Amapá

Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/0179061099243562>

Robson Borges de Lima

Universidade do Estado do Amapá

Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/4180291284433803>

Jadson Coelho de Abreu

Universidade do Estado do Amapá

Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/0255405274248451>

Renan Mendes Santos

Universidade do Estado do Amapá

Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/6751541946371025>

Robson Matheus de Araújo Silva

Universidade do Estado do Amapá

Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/7301686932036215>

Anthoinny Vitória dos Santos Silva

Universidade do Estado do Amapá

Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/9526751955180441>

Rodrigo Galvão Teixeira de Souza

Universidade do Estado do Amapá

Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/1490305056999060>

Gabriel Victor Caetano Carvalho Liarte

Universidade do Estado do Amapá

Macapá – Amapá

<http://lattes.cnpq.br/7813823127471028>

RESUMO: As florestas de várzea apresentam diferentes padrões de distribuições diamétricas, tanto em nível de povoamento como em nível de espécie. No entanto, poucos estudos abordam a análise da estrutura diamétrica por meio de funções de densidade de probabilidade em áreas manejadas e não manejadas, e o conhecimento sobre a assimetria, curiose bem como validação das funções em relação à distribuição teórica dos dados de diâmetro ainda permanecem desconhecidos. O objetivo desta pesquisa foi analisar a estrutura diamétrica por meio de ajuste e validação de funções de densidade de probabilidade em duas áreas de floresta de várzea localizada no Pará. Foi realizado o inventário florestal adotando-se o processo de amostragem em conglomerados. Em cada unidade amostral foram mensuradas todas as espécies arbóreas que apresentarem $DAP \geq 5,0$ cm. As curvas de distribuição diamétricas do povoamento e das cinco espécies de maior valor de importância foram submetidas ao ajuste e validação das funções de densidade de probabilidade Normal, Log-normal, Gamma e Weibull 2P. Os parâmetros das funções foram obtidos por máxima verossimilhança. A qualidade dos ajustes em diferentes intervalos de classe foi avaliada pelo Critério de Informação de Akaike (AIC). As funções Log-normal, Gamma e Weibull 2P desempenharam os melhores ajustes para

as espécies estudadas, enquanto a função Normal foi a que proporciona de maneira geral o pior desempenho. A função Log-normal melhor representou o ajuste dos dados para a região do Rio Turé, sendo validada para a área do Rio Chato. Ambas as regiões apresentam uma distribuição em “J-invertido” indicando assim um elevado grau de regeneração. Essa semelhança das duas regiões pode ser explicada por haver um manejo bem realizado na área do Rio Chato, quando comparado com a área do Rio Turé visto que é mais preservada. **PALAVRAS-CHAVE:** Modelos de distribuição contínua. Inventário Florestal. Manejo Florestal. J-invertido.

MODELING THE DIAMETRIC STRUCTURE IN FLOODPLAIN FOREST, GURUPÁ-PARÁ

ABSTRACT: Lowland forests present different patterns of diameter distributions, both at stand and species level. However, few studies address the analysis of the diameter structure through probability density functions in managed and unmanaged areas, and knowledge about asymmetry, kurtosis as well as validation of the functions in relation to the theoretical distribution of diameter data still remains. unknown. The objective of this research was to analyze the diametric structure through adjustment and validation of probability density functions in two areas of lowland forest located in Pará. The forest inventory was carried out using the sampling process in conglomerates. In each sampling unit, all tree species with DBH ≥ 5.0 cm were measured. The diameter distribution curves of the stand and of the five species with the highest importance value were submitted to the adjustment and validation of the Normal, Log-normal, Gamma and Weibull 2P probability density functions. The function parameters were obtained by maximum likelihood. The quality of the fits at different class intervals was assessed by the Akaike Information Criterion (AIC). The Log-normal, Gamma and Weibull 2P functions performed the best adjustments for the species studied, while the Normal function was the one that generally provided the worst performance. The Log-normal function best represented the fit of the data for the Turé River region, being validated for the Chato River area. Both regions show an “inverted-J” distribution, thus indicating a high degree of regeneration. This similarity of the two regions can be explained by the fact that there is a good management in the area of Rio Chato, when compared to the area of Rio Turé, since it is more preserved.

KEYWORDS: Continuous distribution models. Forest Inventory. Forest management. J-inverted.

INTRODUÇÃO

A Amazônia é reconhecida como a maior floresta tropical existente, o equivalente a 40% das reservas de florestas tropicais úmidas e o maior banco genético do planeta (BARBIERI, 2019), com uma vasta biodiversidade genética e de ecossistemas. Dentre as várias fitofisionomias e/ou tipologias florestais presentes no trópico úmido destaca-se as florestas de várzea, que ocupam grandes extensões de florestas estuarinas (IBGE, 2012). Toda a diversidade florestal encontrada na região Amazônica está fortemente ligada ao regime de chuvas e de cheia dos rios, agrupando esses ecossistemas em três formações

básicas: mata de igapó, várzea e terra firme (COSTA et al., 2018; MIGUEL 2007).

A floresta de várzea se caracteriza por apresentar influência direta do ciclo diário de enchentes e vazantes. As várzeas do estuário amazônico são áreas que margeiam os rios, lagos, furos e igarapés (ABREU et al. 2014). São encontradas em todo estuário amazônico também chamados de regiões estuarinas, em regiões na qual se encontra a influência das marés. De acordo com Rabelo et al (2007), as várzeas amazônicas reportam diferentes padrões de estrutura com indivíduos de diferentes idades e tamanhos e, sobretudo, características ecofisiológicas distintas, tornando assim o seu manejo mais complexo, além de apresentarem grande importância econômica e ecológica para a Região. Sendo esse considerado um dos ecossistemas mais ricos da Bacia Amazônica e principal meio de vida de famílias ribeirinhas.

Apesar de sua importância, estão entre os ecossistemas florestais mais ameaçados pela ação antrópica, e como resultado podem estar em grande risco assim como as florestas de terra firme, muito embora sejam uma das principais fontes mitigadoras frente às mudanças climáticas. Segundo Junk et al. (2012) e Galvão (2020) as florestas de várzeas são ambientes frágeis e de difícil recuperação. Nesse contexto, a distribuição diamétrica assume importância significativa no levantamento da estrutura horizontal de uma floresta por permitir caracterizar uma tipologia florestal e, também, por ser um indicador do estoque em crescimento das florestas, além de fornecer subsídios para tomada de decisões e para o planejamento do manejo a ser aplicado em determinada área permitindo informações mais detalhadas da estrutura do povoamento (MACHADO et al., 2009; FREITAS; MAGALHÃES 2012; MARTÍNEZ–ANTÚNEZ et al. 2015).

De acordo com Rubin et al (2006), as florestas de várzea estuarina apresentam diferentes padrões de distribuições diamétricas, tanto em nível de povoamento como em nível de espécie. As florestas inundáveis da região amazônica apresentam múltiplas formas de usos, desde produtos florestais não madeireiros utilizados para diversos fins, até produtos madeireiros, e isso tem implicações diretas na sua estrutura. Portanto, é fundamental conhecer a distribuição diamétrica de áreas manejadas e não manejadas para analisar sobre o grau de perturbação na área ou mesmo inferir sobre os estágios de regeneração e a dinâmica natural por meio das diferentes densidades ou probabilidades em classes de diâmetro (MACHADO et al., 2009). Burkhart e Tomé (2012), fornecem visões gerais úteis dos usos e interpretação dos principais modelos de distribuições de diâmetro no manejo florestal.

Como o próprio nome sugere, modelos de distribuição diamétrica (MDD) denotam na mensuração florestal modelos de distribuição contínua de que estimam o número de árvores por classe de diâmetro (CAMPOS; LEITE, 2009). Modelos clássicos de distribuição diamétrica avaliados para este fim em florestas tropicais, destacam-se Weibull, normal, log-normal, gama, Johnson's SB, beta, log-logística, Cauchy, Frechet, Erlang, Rayleigh e hiper

Figura 1: Localização das florestas de várzea estuarina no distrito de Itatupã, Gurupá, Pará, Brasil.

De acordo com a classificação de Köppen, a área possui clima do tipo “Ami” com regime pluviométrico anual definido por estação seca, embora com índices pluviométricos capazes de garantir níveis hídricos necessários a constituição de uma biodiversidade local específicas. A temperatura média anual é de 26° C. A precipitação anual é sempre maior que 2.000 mm. As estações são praticamente inexistentes. A umidade relativa do ar é maior que 80%, com ausência total de período seco. A formação geológica corresponde ao período quaternário, composta por unidade de aluviões, ou seja, por coberturas sedimentares recentes, que compreende depósitos aluviais não consolidados de variada granulometria, formando uma ampla planície aluvial (SOUZA e CUNHA, 2010).

Os solos predominantes na região de estudo são do tipo hidromórficos gleizados eutróficos (úmido e pouco úmido), de textura siltosa, nas margens das Ilhas do Amazonas, e argilosa à medida que se distancia para o interior (IBGE, 2012).

Amostragem e coleta de dados

Foi realizado o inventário florestal adotando-se o processo de amostragem em conglomerados onde foram locadas unidades amostrais (conglomerados) distribuídos aleatoriamente nas áreas citadas acima. Cada unidade amostral é composta por quatro unidades secundárias definidas em tamanho retangular de 20 x 50 m, e foram distribuídas seguindo as direções cardinais (Figura 2).

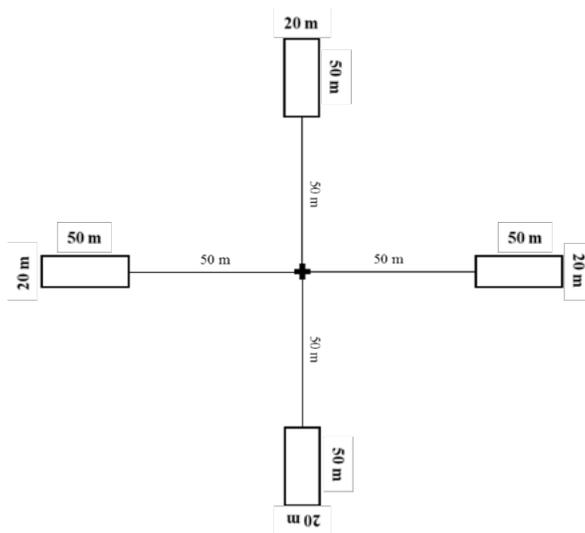


Figura 2: Esquema da unidade amostral lançada para o inventário florístico e fitossociológico em duas áreas de floresta de várzea estuarina, distrito de Itatupã, Pará, Brasil.

Em cada unidade amostral foram mensuradas todas as espécies arbóreas que apresentarem diâmetro à 1,30m do solo com altura do peito (DAP) igual ou superior 5,0 cm. A identificação em campo foi feita por pessoas experientes com esse tipo de vegetação e moradores locais. Os nomes científicos das espécies e seus respectivos autores foram confirmados e atualizados por bibliografia específica e também por meio do site do Missouri Botanical Garden (<https://www.missouribotanicalgarden.org/>). O sistema de classificação adotado foi o APG IV.

Modelagem da distribuição de diâmetro

Para a análise da estrutura diamétrica, um primeiro esforço foi despendido em um levantamento quantitativo dos elementos que a compõe. Nesse sentido, foram computadas algumas estatísticas descritivas para serem obtidas informações preliminares das características dessa estrutura. Essas informações foram geradas a partir da variável diâmetro, para os dados do povoamento e para as cinco espécies de maior VI em cada área.

Posteriormente, foram gerados histogramas de frequências do número de indivíduos por hectare por classe de diâmetro a fim de verificar a estrutura do e poder inferir sobre estado de conservação e regeneração das áreas. As curvas de distribuição foram submetidas ao ajuste e validação por meio de modelos de distribuição de diâmetros. Os dados dos inventários foram divididos em uma base aplicada para ajuste (área não manejada) e outra base aplicada para validação (área manejada). Este procedimento tem como objetivo inferir se a área com diferentes históricos de uso e manejo apresenta estrutura similar a área não antropizada e sem históricos de uso e/ou exploração.

Para modelagem da estrutura de diâmetros, foram ajustadas as funções de densidade de probabilidade (FDP) apresentadas na Tabela 1 (MACHADO et al., 2006).

Modelo	Função densidade de probabilidade
Log-Normal ¹	$f(x; \mu, \sigma) = \frac{\exp - \frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma} \right)^2}{x \sigma \sqrt{2\pi}}$
Gamma ²	$f(x; \alpha, \beta) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}$
Weibull 2P ³	$f(x; \gamma, \beta) = \left(\frac{\gamma}{\beta} \right) \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\gamma-1} \exp \left[- \left(\frac{x}{\beta} \right)^\gamma \right]$

Normal

$$f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left[\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right]^2\right)$$

* x é o centro da classe do diâmetro ($x > 0$) (cm); π é a constante "pi" (3,1416); μ é a média aritmética do logaritmo neperiano do diâmetro (cm) da função 1. σ é o desvio padrão do logaritmo neperiano do diâmetro (cm) da função 1; \exp é o exponencial; $\ln x$ é o logaritmo neperiano do diâmetro (cm) da função 1; Γ é a função gama: $\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt$; k , α , β e γ são parâmetros de função – α um parâmetro k : forma na função 2 e parâmetro de localização na função 4 ($\alpha > 0$); β é o parâmetro de escala nas funções 2, 3 e 4 ($\beta > 0$); γ é o parâmetro de forma ($\gamma > 0$); α pode ser substituído pelo diâmetro mínimo do suporte ($\alpha = x_{\min}$) na função 4.

Tabela 1: Expressão estatística empírica para a distribuição diamétrica dos povoamentos e espécies.

Os parâmetros das funções foram obtidos por máxima verossimilhança através dos pacotes MASS (Venables e Ripley 2002) e fitdistrplus (Delignette-Muller e Datang 2015) do software R, versão 3.2.3.

Acuracidade das funções ajustadas

A qualidade dos ajustes em diferentes intervalos de classe foi avaliado pelo Akaike Information Criterion (AIC). A fórmula a seguir (Lima et al. 2014) permite comparar modelos:

$$AIC = -2 \ln(L) \pm 2k$$

Onde: L é a probabilidade e k é o número de parâmetros

Assimetria e curtose

Para avaliar o grau de desvio, ou afastamento da simetria, da distribuição diamétrica de cada área e das cinco espécies de maiores VI, foi determinado o coeficiente do momento de assimetria conforme Machado et al. (2009), em que: a) Assimetria à direita ou positiva se: moda < mediana < média aritmética; b) Assimetria à esquerda ou negativa se: moda > mediana > média aritmética; e c) Se o coeficiente de assimetria, em módulo, estava entre 0,15 e 1 a assimetria foi considerada moderada e forte se maior que 1. O coeficiente de assimetria foi calculado seguindo-se a metodologia recomendada por Spiegel (2006).

Já para análise da curtose, grau de achatamento ou elevação relativa de uma distribuição, considerada usualmente em relação à distribuição normal, o coeficiente de curtose quando igual a zero indicou a curva normal, e, se este foi positivo, a distribuição será mais elevada e, se foi negativo, indicou uma curva mais achatada. O coeficiente de curtose foi calculado seguindo-se a metodologia recomendada por Spiegel (2006) e foi analisada da seguinte maneira: a) Leptocúrtica: é a distribuição que tem um pico relativamente alto, com excesso negativo, ou seja, coeficiente de curtose < 0,263; b) Platicúrtica é a curva que apresenta um topo mais achatado, com excesso positivo, isto é, coeficiente de curtose > 0,263; e c) Mesocúrtica é a curva intermediária, com coeficiente de curtose = 0,263

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversos estudos vêm sendo realizados objetivando modelar a distribuição diamétrica utilizando funções de densidades probabilísticas para diferentes espécies e ambientes (ALMEIDA et al., 2019; BILA et al., 2018; COSTA et al., 2018; SANTOS et al., 2016; ISLA et al., 2018; CYSNEIROS et al., 2017; MARANGON et al., 2016; TÉO et al., 2015; ABREU et al., 2014; RIBEIRO et al., 2014; ORELLANA et al., 2014; LIMA et al., 2013).

O resultado do inventário das duas áreas (sem histórico de uso antrópico e com manejo localizado as margens do Rio Turé e Rio Chato, respectivamente), com as cinco espécies de maior VI e suas respectivas estatísticas descritivas estão resumidas na tabela 2. De modo geral, os quartis e medidas de dispersão sugerem que a floresta é bastante heterogênea com diferentes estágios sucessionais para a vegetação sem histórico de uso. Os valores de média, mediana e moda indicam que a distribuição diamétrica da vegetação é do tipo assimétrica positiva, configurando a média dos diâmetros com valor superior aos valores de mediana e moda. Resultados similares foram verificados na área com histórico de uso e manejo, apresentando heterogeneidade para os dados de diâmetro e amplitudes de variação dentro do intervalo mostrado na área anterior. Os valores de assimetria e curtose, bem como as medidas de tendência central também sugerem que a distribuição diamétrica da área é do tipo assimétrica positiva, indicando que a regeneração ocorre continuamente na área configurando uma curva do tipo de J-invertido. Entre as espécies, destaca-se a *Terminalia amazonia* apresentando ocorrência de indivíduos nas duas áreas e maior valor médio de diâmetro (72,29 cm), no entanto retorna as maiores variabilidades dessa variável nas duas áreas.

Área	Medida	Floresta	Espécies				
			<i>M. Paraensis</i>	<i>T. surinamensis</i>	<i>T. amazonia</i>	<i>A. tubicina</i>	<i>C. guianensis</i>
Rio Turé	Frequência	502	52	33	10	43	25
	Média	24,84	41,99	24,37	72,29	12,69	29,43
	Mediana	17,61	35,01	24,19	79,58	10,82	27,37
	Moda	7,96	35,01	24,51	95,49	10,82	27,37
	Dmin (cm)	4,77	6,97	6,05	13,69	4,77	7,16
	Dmax (cm)	111,41	101,86	50,61	111,41	24,83	77,99
	Q1	9,87	18,03	12,73	63,98	8,27	18,46
	Q3	31,43	54,91	33,42	95,49	16,07	38,2
	Variância	464,07	917,98	190,03	1148,28	28,87	279,21
	Desvio padrão	21,54	30,3	13,79	33,89	5,37	16,71
	Assimetria	1,84	0,86	0,46	-0,96	0,64	1,16
	Curtose	3,21	-0,57	-0,92	-0,1	-0,55	1,76
	Medida	Floresta	<i>H. crepitans</i>	<i>V. surinamensis</i>	<i>T. amazonia</i>	<i>S. Globulifera</i>	<i>C. guianensis</i>

Rio Chato	Frequência	444	21	66	52	21	68
	Média	27,84	67,18	27,25	39,31	46,05	19,56
	Mediana	21,33	68,76	25,7	36,39	42,97	17,91
	Moda	21,33	-	21,33	39,79	34,7	27,69
	Dmin (cm)	4,78	35,01	5,25	8,59	15,28	4,78
	Dmax (cm)	115,23	115,23	71,3	114,59	83,4	51,57
	Q1	13,05	49,66	14,13	21,56	34,7	11,99
	Q3	36,92	75,76	31,94	51,73	59,21	26,03
	Variância	406,68	413,87	238,39	543,6	323,03	89,31
	Desvio padrão	20,17	20,34	15,44	23,32	17,97	9,45
	Assimetria	1,52	0,39	0,71	1,08	0,31	1,06
	Curtose	2,37	-0,002	0,16	1,17	-0,46	1,17

Tabela 2: Estatísticas descritivas dos conjuntos de dados da variável DAP para a área vegetação e espécies de maior VI localizadas as margens do Rio Turé.

Na Tabela 3 são apresentados os valores dos parâmetros das funções de densidade de probabilidade ajustadas para cada área e para as cinco espécies de maior VI. Os valores obtidos mostram não existir similaridade entre os parâmetros para cada conjunto de dados analisados e para cada espécie separadamente, justificam a ideia de ajustar funções específicas para povoamento e/ou em nível de espécie. Na área do Rio Chato não foi ajustada nenhuma função devido a aplicabilidade da melhor função selecionada da área do Rio Turé (sem histórico de uso) como forma de validação para a estrutura diamétrica para a área manejada.

Área	Função	Param.	Floresta	Espécies					
				<i>M. Paraensis</i>	<i>T. surinamensis</i>	<i>T. amazonia</i>	<i>A. tubicina</i>	<i>C. guianensis</i>	
Rio Turé	Normal	μ	24,838	41,986	24,371	72,289	12,695	29,425	
		σ	21,52	29,867	13,574	32,147	5,311	16,372	
	Log-normal	μ	2,907	3,472	3,015	4,094	2,454	3,224	
		σ	0,766	0,749	0,625	0,722	0,421	0,582	
	Gamma	α	1,788	2,033	2,958	2,839	5,877	3,331	
		β	0,071	0,048	0,121	0,039	0,463	0,113	
	Weibull 2P	β	1,296	1,477	1,901	2,367	2,579	1,913	
		g	27,129	46,712	27,577	80,836	14,351	33,305	
		Função	Param.	Floresta	<i>H. crepitans</i>	<i>V. surinamensis</i>	<i>T. amazonia</i>	<i>S. Globulifera</i>	<i>C. guianensis</i>

Rio Chato	Normal	μ	-	67,18	26,103	39,314	46,049	19,563
		σ	-	19,856	14,085	23,09	17,54	9,381
	Log-normal	μ	-	4,162	3,092	3,498	3,748	2,863
		σ	-	0,306	0,62	0,603	0,422	0,476
	Gamma	α	-	11,197	3,103	3,042	6,304	4,67
		β	-	0,167	0,119	0,077	0,137	0,239
	Weibull 2P	β	-	3,66	1,955	1,812	2,863	2,222
		g	-	74,486	29,509	44,467	51,767	22,17

Tabela 3: Parâmetros estimados das funções de densidade de probabilidade para estimativa da distribuição diamétrica para a áreas com e sem histórico de uso e para espécies de maior valor importância.

Como pode ser visualizado nas tabelas 4, 5 e 6 separadamente para cada área e para cada espécie de maior VI, os valores de AIC que foram menores indicam a verossimilhança entre as distribuições teóricas e empíricas, concluindo-se que as frequências esperadas e observadas são similares sob ponto de vista estatístico. Em contrapartida, os ajustes que apresentaram valores significativamente maiores de AIC são inadequados para descrever o conjunto de dados.

Área	Funções	Ranking	AIC
Rio Turé	Normal	4°	4509,91
	Log-normal	1°	4080,93
	Gamma	2°	4147,82
	Weibull 2P	3°	4178,4
Rio Chato	Normal	4°	3930,59
	Log-normal	1°	3678,97
	Gamma	2°	3707,93
	Weibull 2P	3°	3736,65

Tabela 4: Valores de Critério de informação de Akaike (AIC) utilizado para a classificação das funções densidade de probabilidade para as duas áreas.

Espécies	Funções	Ranking	AIC
<i>Mora paraensis</i>	Normal	4°	504,834
	Log-normal	1°	482,627
	Gamma	2°	484,122
	Weibull 2P	3°	485,662
<i>Trichilia surinamensis</i>	Normal	4°	269,792
	Log-normal	3°	265,653
	Gamma	2°	264,522
	Weibull 2P	1°	264,481
<i>Terminalia amazonia</i>	Normal	1°	101,785
	Log-normal	4°	107,742
	Gamma	3°	105,019
	Weibull 2P	2°	102,769
<i>Aptandra tubicina</i>	Normal	4°	269,616
	Log-normal	1°	262,753
	Gamma	2°	263,327
	Weibull 2P	3°	266,110
<i>Carapa guianensis</i>	Normal	4°	214,726
	Log-normal	2°	209,065
	Gamma	1°	208,564
	Weibull 2P	3°	209,705

Tabela 5: Valores de Critério de informação de Akaike (AIC) utilizado para a classificação das funções densidade de probabilidade para as cinco espécies da área Rio Turé.

Espécies	Funções	Ranking	AIC
<i>Terminalia amazonia</i>	Normal	4°	478,067
	Log-normal	1°	462,845
	Gamma	2°	463,195
	Weibull 2P	3°	465,725
<i>Virola surinamensis</i>	Normal	4°	524,197
	Log-normal	3°	520,317
	Gamma	2°	515,824
	Weibull 2P	1°	515,206

<i>Hura crepitans</i>	Normal	3°	189,108
	Log-normal	2°	188,636
	Gamma	1°	188,297
	Weibull 2P	4°	189,148
<i>Carapa guianensis</i>	Normal	4°	501,435
	Log-normal	1°	485,286
	Gamma	2°	486,358
	Weibull 2P	3°	492,067
<i>Symphonia Globulifera</i>	Normal	3°	183,904
	Log-normal	4°	184,741
	Gamma	2°	183,469
	Weibull 2P	1°	183,106

Tabela 6: Valores de Critério de informação de Akaike (AIC) utilizado para a classificação das funções densidade de probabilidade para as cinco espécies da área Rio Chato.

Em geral, foi possível verificar que a função que apresentou os menores valores de AIC para as duas áreas foi função Log-normal, evidenciando a maior aderência aos dados observados. Também foi possível verificar que as funções Weibull 2P e Gamma propiciaram um bom desempenho em nível de espécie. Pelas análises estatísticas empregadas, foi possível concluir que a função Log-normal apresentou maior eficiência para representar a distribuição diamétrica da vegetação as margens do Rio Turé e também para as espécies *Mora paraensis* e *Aptandra tubicina* na mesma área, enquanto na vegetação do Rio Chato essa função é mais eficiente para a *Terminalia amazônia* e *Carapa guianensis*. A função Weibull 2P reporta as melhores descrições dos dados de diâmetro para as espécies *Virola surinamensis* e *Symphonia Globulifera* e para a espécie *Hura crepitans* a função mais indicada é a Gamma.

As curvas ajustadas em relação ao histograma de densidade observada por classe de diâmetro podem ser visualizadas nas figuras 3, 4 e 5 para cada espécie e áreas respectivamente. É possível observar, que os modelos ajustados representam bem os dados reais em todas as classes de diâmetro. É importante destacar que na maioria dos casos, a função Normal não apresenta resultados satisfatórios. As frequências estimadas por essa função não seguem a distribuição observada. Isso pode ser explicado pelo fato de que a função apresenta baixa flexibilidade por empregar apenas os parâmetros de média e desvio padrão dos dados (Santos et al., 2016). Essa divergência também pode ser explicada pelo tipo de uso ou valor comercial de algumas espécies em relação ao manejo, indicando maior concentração de indivíduos nas primeiras classes diamétricas, sugerindo uma possível exploração seletiva de indivíduos no passado, e portanto, a curva gerada pela função normal não tende a se aderir a dados mais assimétricos.

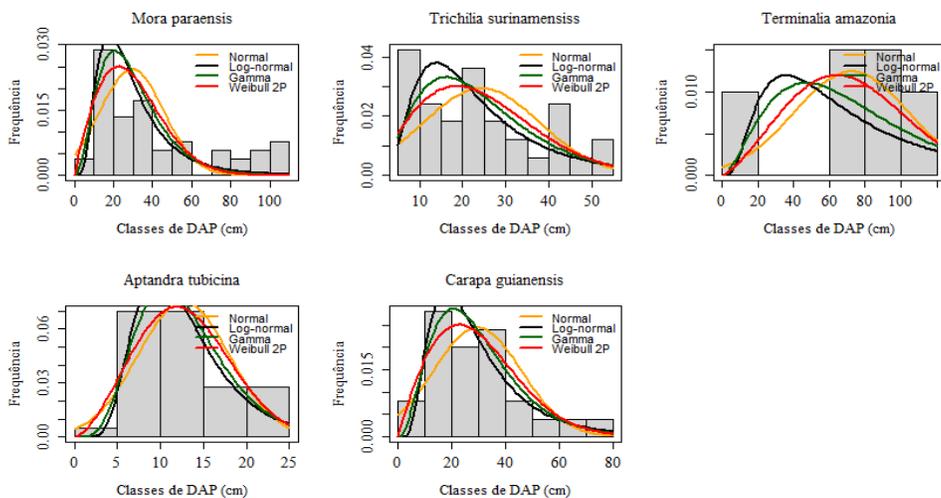


Figura 3: Distribuições diamétricas e curvas das funções de densidades probabilísticas ajustadas para as 5 espécies de maior VI da área Rio Turé.

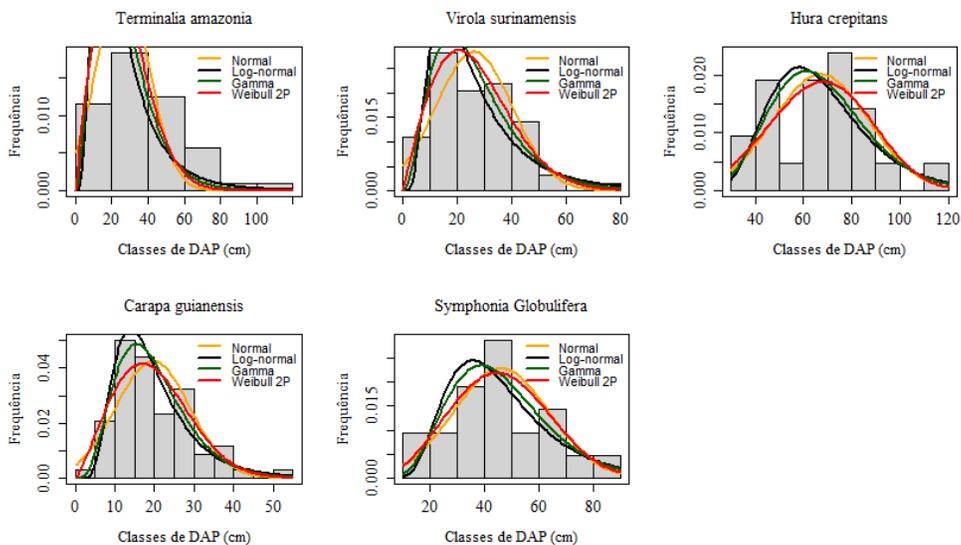


Figura 4: Distribuições diamétricas e curvas das funções de densidades probabilísticas ajustadas para as 5 espécies de maior VI da área Rio Chato.

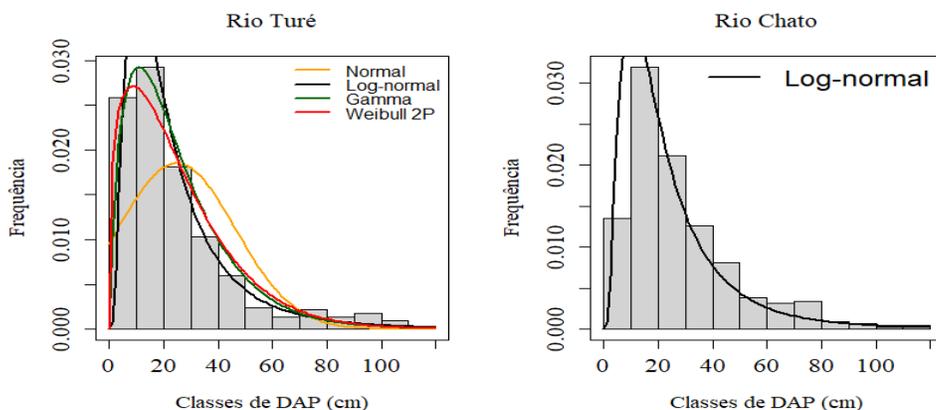


Figura 5: Distribuições diamétricas e curva das funções de densidades probabilísticas ajustadas para a área Rio Turé e melhor função validada para a área Rio Chato.

Machado et al. (2006) afirmam que quando ocorre avaliação individual da população de uma espécie, fica evidente a ocorrência de diferentes ciclos de regeneração. Cyesneiro et al. (2017) destaca que são comuns distribuições diferentes em florestas inequiânes, fato esse que pode ser influenciado por ações antrópicas ou problemas no processo de sucessão.

Pode-se observar que a função Log-normal melhor descreveu a distribuição diamétrica para as duas regiões que apresentam estruturas semelhantes classificadas como J-invertido, onde as maiores densidade de indivíduos estão classificadas nas primeiras classes diamétricas. Isso mostra que a área do Rio Chato mesmo passando por um manejo e corte seletivo feito pelos moradores locais segue um padrão de distribuição similar ao da área onde não há perturbações ou histórico de uso que modifique a forma de regeneração daquela localidade. Portanto, pela função log-normal, conclui-se que as duas áreas com diferentes históricos de uso apresentam estrutura diamétrica semelhantes.

CONCLUSÃO

De modo geral, as funções Log-normal, Gamma e Weibull 2P desempenharam os melhores ajustes para as espécies estudadas, enquanto a função Normal foi a que proporcional de maneira geral o pior desempenho, isso pode ser explicado por ela apresentar menor flexibilidade aos dados observados.

A função Log-normal melhor representou o ajuste dos dados para a área de floresta de várzea do Rio Chato com histórico de uso, sendo validada para a área do Rio Turé sem histórico de uso. Ambas as regiões apresentam uma distribuição em “J-invertido” indicando

assim um elevado grau de regeneração. Essa semelhança das duas regiões pode ser explicada por haver um manejo bem realizado na área do Rio Chato, quando comparado com a área sem histórico de uso visto que é mais preservada.

REFERÊNCIAS

- ABREU, J. C.; GUEDES, M. C.; GUEDES, A. C. L.; BATISTA, E. M. Estrutura e distribuição espacial de andirobeiras (*Carapa spp.*) em floresta de várzea do Estuário Amazônico. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 4, p. 1007-1016, 2014.
- ALMEIDA, B. R. S. DE et al. Estrutura populacional de *Eschweilera coriacea* em floresta de várzea no município de Afuá, Pará. *Advances in Forestry Science*, v. 6, n. 2, p. 611-615, 2019.
- BARBIERI, E. A Amazônia e a sustentabilidade da sua biodiversidade. *Revista Relicário*, v. 6, n. 12, p. 107-126, 2019.
- BILA, J. M.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; FREITAS, L. J. M. Distribuição diamétrica e principais espécies arbóreas presentes nos ecossistemas de Miombo, Mopane e Mecrusse em Moçambique. *Pesquisa Florestal Brasileira*. Colombo, v. 38, e201701523, p. 1-7, 2018.
- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. da S.; LEITE, H. G.. Modelagem da distribuição diamétrica de povoamentos equiâneos de eucalipto utilizando a função logística generalizada. *Revista Árvore*, v. 39, p. 707-711, 2015.
- BURKHART, H.E.; TOMÉ, M. 2012. *Modeling Forest Trees e Stes*. Springer, Dordrecht Heidelberg, New York, London, United Kingdown. 461 p.
- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. Mensuração florestal: perguntas e respostas. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- CYSNEIROS, V. C.; AMORIM, T. A.; MENDONÇA-JÚNIOR, J. O.; GAUI, T. D.; MORAES, J. C. R. et al. Distribuição diamétrica de espécies da Floresta Ombrófila Densa no Sul do Estado do Rio de Janeiro. *Pesquisa Florestal Brasileira*. Colombo, v. 37, n. 89, p. 1-10, jan./mar. 2017.
- COSTA, D. L. DA et al. Estrutura e distribuição espacial de *Symphonia globulifera* L. f. em floresta de várzea baixa, Afuá-PA. *Advances in forestry Science*, v. 5, n. 1, p. 275-281, 2018.
- DELIGNETTE-MULLER, M. L., & DUTANG, C. (2015). *fitdistrplus: An R package for fitting distributions*. *Journal of statistical software*, 64(4), 1-34.
- FREITAS, W.K.; MAGALHÃES, L.M.S. (2012). Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. *Floresta e Ambiente*; 19(4): 520-540.
- GALVÃO, J, R. et al. Tipologia da vegetação de uma floresta de várzea influenciada pela macrodrenagem da bacia do Una, na região urbana de Belém, Pará. *Nature and Conservation*, v. 13, n. 1, p. 8-15, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2ª Ed. Rio de Janeiro, RJ – Brasil, 271p.

ISLA, CL da S. et al. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Carapa guianensis* Allet em floresta de várzea do Estuário Amazônico. In: Embrapa Amapá-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO FLORESTAL LATINO-AMERICANO, 7., 2018, Vitória.[Anais].[SI]: Even3, 2018., 2018.

JUNK, W. J.; PIEDEDE, M. T. F.; SCHÖNGART, J.; WITTMANN, F. A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (várzeas). *Wetlands Ecology and Management*, v. 20, n. 6, p. 461–475, 2012.

LEITE, H. G. et al. Avaliação do ajuste das funções Weibull e Hiperbólica a dados de povoamentos de eucalipto submetidos a desbaste. *Revista Árvore*, Viçosa, v.34, n.2, p.305-311, 2010.

LIMA, R.B. de L. et al. Emprego da distribuição diamétrica na predição do estado de perturbação em floresta de Várzea, Macapá-AP. Embrapa Amapá-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2013.

LIMA, R.B. et al. 2017. Diameter distribution in a Brazilian tropical dry forest domain: predictions for the stand and species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.89, n.2, p.1189-1203.

MACHADO, S. A. et al. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de floresta ombrófila mista. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.8, p.2428-2434, 2009.

MACHADO, S. A.; BARTOSZECK, A. C. P.; FIGUEIREDO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da distribuição diamétrica de Bracatingais na região metropolitana de Curitiba. *Revista Árvore*, v. 30, n. 5, p. 759-768, 2006.

MIGUEL LM (2007) Uso sustentável da biodiversidade na Amazônia Brasileira: experiências atuais e perspectivas das bioindústrias de cosméticos e fitoterápicos. Dissertação, Universidade de São Paulo/ USP, São Paulo, 171 p.

ORELLANA, E.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PÉLLICO NETTO, S.; DIAS, A. N. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. *Revista Árvore*, v. 38, n. 2, p. 297-308, 2014.

PODLASKI, R. 2006. Suitability of the selected statistical distributions for fitting diameter data in distinguished development stages e phases of near–natural mixed forests in the Swietokrzyski National Park (Pole). *For. Ecol. Manage.* 236: 393–402.

PODLASKI, R. 2008. Characterization of diameter distribution data in near–natural forests using the Birnbaum–Saunders distribution. *Can. J. For. Res.* 38: 518–527.

RUBIN, BD, MANION, PD, E FABER–LANGENDOEN, D. 2006. Diameter distributions e structural sustainability forests. *For. Ecol. Manage.* 222: 427–438.

SANTOS, R. O. DOS et al. Distribuição diamétrica de uma comunidade arbórea na Floresta Estadual do Amapá, Brasil. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, v. 6, n. 2, p. 24-31, 2016.

SOUZA, E. B. D., & CUNHA, A. C. D. (2010). Climatologia de precipitação no Amapá e mecanismos climáticos de grande escala. Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá.

SPIEGEL, M. R. Estatística. 3ª Ed. Pearson Makron Books, 2006. 643p.

TÉO, S. J.; MARCON, F.; SCHNEIDER, C. R.; SANTOS, F. B.; CHIARELLO, K. M. A.; FIORENTIN, L. D. Modelagem da distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lebon Régis, Sc. Floresta, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 337 - 348, abr. / jun. 2015.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern Applied Statistics with S**. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. 2002.

SOBRE OS ORGANIZADORES

ROBSON BORGES DE LIMA - Possui Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado do Amapá (2011), Mestrado (2012-2014) e Doutorado (2014-2017) em Ciências Florestais pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Atualmente é docente do curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Métodos Estatísticos, Mensuração, Inventário e Manejo Florestal. (Texto informado pelo autor).

JADSON COELHO DE ABREU - Possui Graduação em Engenharia Florestal na Universidade do Estado do Amapá UEAP (2010), Graduação em Matemática na Universidade Estácio de Sá (2021), Mestrado em Ciências Florestais na Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE (2012) e Doutorado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa UFV (2019). Atualmente é Professor Adjunto na Universidade do Estado do Amapá UEAP. É líder do grupo de pesquisa métodos quantitativos aplicados aos recursos florestais. Atua também como docente no Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT), ponto focal UNIFAP. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Manejo e Mensuração Florestal, atuando principalmente nos seguintes temas: Dendrometria e Inventário Florestal, modelos estatísticos (lineares e não lineares), modelos mistos, regressão robusta e aprendizado de máquina (Redes Neurais Artificiais, Máquina de Vetor de Suporte, Árvore de Decisão e Random Forest).

CINTHIA PEREIRA DE OLIVEIRA - Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado do Amapá (2012), Mestrado (2015) e Doutorado (2019) em Ciências Florestais pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e Especialização (2021) em Geoprocessamento e Georreferenciamento de Imóveis Rurais pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Atualmente Professora Voluntária e Analista em Geoprocessamento e Georreferenciamento pela Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Conselheira Regional Suplente de Eng. Florestal no Conselho de Engenharia e Agronomia do Amapá - CREA-AP. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto, atuando principalmente nos seguintes temas: manejo florestal, sensoriamento remoto, SIG, LiDAR, geoprocessamento, análise multitemporal e mensuração florestal.

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

MENSURAÇÃO E MANEJO DE

FLORESTA DE VÁRZEA NA AMAZÔNIA


Ano 2022

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

MENSURAÇÃO E MANEJO DE

FLORESTA DE VÁRZEA NA AMAZÔNIA