



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

Avaliação do papel das árvores grandes para o Manejo Florestal Sustentável

|
Discente: Priscila Elias Oliveira Marques
Orientador: Prof. Dr. Joberto Veloso de Freitas
Coorientadores: Dra. Cíntia Rodrigues de Souza
Dr. Kauê Feitosa Dias de Sousa

Setembro/2025
Manaus/AM



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

Priscila Elias Oliveira Marques

**Avaliação do papel das árvores grandes para o Manejo Florestal
Sustentável**

Orientador: Prof. Dr. Joberto Veloso de Freitas
Coorientadores: Dr^a. Cíntia Rodrigues de Souza e
Dr. Kauê Feitosa Dias de Sousa

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Ciências Florestais e
Ambientais da Universidade Federal do
Amazonas, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Ciências
Florestais e Ambientais na Área de
Conhecimento de Manejo Florestal.

Manaus/AM
2025
Priscila Elias Oliveira Marques

Avaliação do papel das árvores grandes no Manejo Florestal Sustentável

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais na Área de Conhecimento de Manejo Florestal.

em 29 de setembro de 2025.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Joberto Veloso de Freitas
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Edson José Vidal da Silva
Universidade de São Paulo/Esalq

Prof. Dr.^a Lia de Oliveira Melo
Universidade Federal do Oeste do Pará

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M357a Marques, Priscila Elias Oliveira Marques
Avaliação do papel das árvores grandes no Manejo Florestal Sustentável /
Priscila Elias Oliveira Marques Marques. - 2025.
105 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Joberto Veloso de Freitas.
Orientador(a): Priscila Marques.
Coorientador(a): Cintia Rodrigues de Souza.
Coorientador(a): Kauê Feitosa Dias de Sousa.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-
Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Manaus, 2025.

1. árvores grandes. 2. manejo florestal. 3. sustentabilidade. 4. dinâmica da
floresta nativa. I. Freitas, Joberto Veloso de. II. Marques, Priscila. III. Souza,
Cintia Rodrigues de. IV. Sousa, Kauê Feitosa Dias de. V. Universidade Federal
do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais.
VI. Título

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que através da força da natureza trouxe-me ao presente momento. Agradeço também minha força ancestral e maior inspiração da minha vida, à senhora Cirlene Elias, minha mãe, que junto da minha irmã Patricia Elias e minha avó Cirandina Elias constituem os pilares que me sustentam e mantém. Agradeço com muito carinho, ternura e amor

ao meu marido Victor César C. de L. que proveu tudo o que se fez necessário, o quanto pôde, para a conclusão do presente trabalho, e foi tudo o que eu mais precisei, eternamente serei grata. E fruto desse amor, aproveito para agradecer pela vida do meu filho Heitor César, que pelo dom de sua vida concedido foi a minha maior motivação, além de por vezes me ajudar ao dormir pelas manhãs. Agradeço ainda aos meus amigos, os mais fiéis escudeiros, por todo apoio, todo suporte e disposição: Isabel Bezerra, Karina Lira, Caroline Vasconcelos, Mônica Barbosa, Paulo Sérgio, Isabela Alves. Dedico a João Elias e à Maria Antonieta (*in memoriam*).

Agradeço em especial ao Laboratório de Inventário e Mensuração de Florestas Tropicais – UFAM, na pessoa do professor Dr Joberto Veloso de Freitas, que me conduziu ao longo de todo o desenvolvimento do trabalho, por tantas e tantas etapas, com sua imensa sabedoria, compreensão e paciência.

Agradeço à Universidade Federal do Amazonas, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais, em especial à Bruna Menezes, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

E agradeço ainda em especial a empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pelo fornecimento dos dados, tornando possível o desenvolvimento do presente estudo.

EPÍGRAFE

*Na floresta não existe o ignorante ou o sábio.
Quando os ramos se agitam
a ninguém reverenciam
(Khalil Griban).*

RESUMO

As árvores grandes (DAP \geq 60 cm) contribuem com a estrutura e a dinâmica das florestas, desempenham papéis ecológicos importantes para o funcionamento do ecossistema e geralmente representam a maior parte do conjunto de árvores exploradas para obtenção de madeira em tora. O presente estudo investigou as contribuições ecológicas das árvores grande em floresta ombrófila densa, explorada há 23 anos, no Estado do Amazonas, a partir da avaliação de sua influência na produção madeireira, estoque de biomassa e na estrutura do ecossistema. A avaliação de 41 parcelas permanentes distribuídas em 3 UPAs, que foram

exploradas em anos consecutivos (1996, 1997 e 1998), revelou, através de Teste t pareado, que em média antes da exploração as árvores grandes correspondiam a pouco mais de um quarto dos estoques de volume e biomassa da floresta (29,2% e 27,6% respectivamente do total da floresta). Na exploração, as árvores grandes representaram em média 85% do volume comercial colhido da floresta. Durante os anos de pousio as árvores grandes também contribuíram com o crescimento da floresta, com o percentual de 23% do incremento periódico médio anual de todos os indivíduos. Elas tiveram um menor percentual de contribuição na mortalidade, cerca de 7,5% do total. A mortalidade da floresta foi estimada em média $7,6 (\pm 2,3)$ árvores.ha⁻¹.ano⁻¹, enquanto o ingresso foi de $4,8 (\pm 0,5)$ árvores.ha⁻¹.ano⁻¹. Assim, próximo ao encerramento do período de recuperação da floresta para o segundo ciclo de corte, as árvores grandes tiveram papel expressivo na recuperação da floresta: recuperaram em média 76,4% do estoque de volume comercial do primeiro ciclo, conforme a lista da época, e representavam na última medição, 76,2% do estoque de volume comercial, conforme expansão na lista de espécies comerciais nas UPAs. Até a última medição, em 23 anos desde a exploração, a floresta recuperou 95,5% do seu estoque de volume total anterior à exploração, e 96,5% do estoque de biomassa seca acima do solo. O estoque de volume comercial disponível para o segundo ciclo estava a cerca de 76,16% do estoque anterior à exploração, o que corresponde a 51,54 ($\pm 13,3$) m³ ha⁻¹, sendo as árvores grandes 70% desse valor. Portanto, em situação hipotética, uma nova exploração imediata poderia reduzir até quase metade (46,7%) desse estoque disponível. Além dessa importância na estrutura da floresta manejada, em visita às árvores grandes presentes em 5 parcelas permanentes distribuídas entre as UPAs B e D, variáveis relacionadas às características ecológicas de 39 árvores grandes evidenciaram suas funções ecológicas na entrada de luz do dossel, no fornecimento de alimento e abrigo para a fauna e por serem dominantes no dossel da floresta.

Palavras-chave: árvores grandes, manejo florestal, sustentabilidade, dinâmica da floresta nativa.

ABSTRACT

Large trees (DBH ≥ 60 cm) contribute to forest structure and dynamics, play key ecological roles in ecosystem functioning, and usually account for most of the commercial timber harvested during selective logging. This study investigated the ecological contributions of large trees in a dense ombrophilous forest selectively logged 23 years ago in the state of Amazonas, Brazil, focusing on their influence on timber production, biomass stocks, and ecosystem structure. We evaluated 41 permanent plots distributed across three logging units (UPAs), harvested in consecutive years (1996, 1997, and 1998). Paired t-tests revealed that, prior to

logging, large trees corresponded to slightly more than one quarter of the forest's total volume and biomass stocks (29,2% and 27,6%, respectively). During timber harvesting, large trees represented on average 85% of the commercial volume extracted. During the recovery, large trees also contributed to forest growth, accounting for 23% of the mean annual periodic increment of all individuals. Their contribution to mortality was lower, about 7,5% of the total. Overall forest mortality averaged $7,6 (\pm 2,3)$ trees $ha^{-1} yr^{-1}$, while recruitment averaged $4,8 (\pm 0,5)$ trees $ha^{-1} yr^{-1}$. By the end of the recovery period before the second cutting cycle, large trees played a prominent role in forest recovery: they restored, on average, 76,4% of the commercial volume stock harvested in the first cycle (based on the original species list), and in the last census they represented 76,2% of the commercial volume stock (considering the expanded list of commercial species across UPAs). After 23 years, the forest had recovered 95,5% of its pre-logging total volume stock and 96,5% of its aboveground biomass, while the commercial volume stock available for the second cutting cycle reached about 76,2% of pre-logging levels, corresponding to $51,54 (\pm 13,3)$ $m^3 ha^{-1}$, of which large trees accounted for 70%. In a hypothetical immediate second harvest, this stock could be reduced by almost half (46,7%). Beyond their importance in the managed forest structure, rapid field assessments of 39 large trees across five permanent plots in UPAs B and D recorded ecological attributes, highlighting their functions in canopy light input, provision of food and shelter for fauna, and dominance in the forest canopy.

Keywords: Large trees, forest management, sustainability, dynamics of native forests.

SUMÁRIO

1. Introdução	16
2. Objetivos	18
2.1. Objetivos específicos	18
3. Hipóteses	18
4. Revisão de literatura científica	19
4.1. Manejo Florestal na Amazônia	19
4.2. Características do Manejo Florestal da Mil Madeiras Preciosas	22
4.3. Definições de árvores grandes	23
4.4. Árvores grandes: importância multifuncional	24

4.5.	Árvores grandes no estoque de biomassa da floresta	25
4.6.	Árvores grandes na produção e dinâmica de florestas	27
5.	Metodologia	29
5.1.	Caracterização da área de estudo	29
5.2.	Clima	29
5.3.	Precipitação	30
5.4.	Relevo e solo	30
5.5.	Vegetação	31
5.6.	Abordagem utilizada para avaliação da importância das árvores grandes no Manejo Florestal	32
5.7.	Caracterização expedita da importância ecológica das árvores grandes	37
6.	Resultados	46
6.1.	A floresta e as árvores grandes antes da exploração	46
6.2.	A exploração e árvores grandes nas UPAs	51
6.3.	Floresta remanescente e as árvores grandes	55
6.4.	Dinâmica de recuperação da floresta e as árvores grandes	56
6.5.	A floresta e as árvores grandes para o segundo ciclo	62
6.6.	Caracterização expedita e ecológica de árvores grandes	74
7.	Discussão	83
	<i>Floresta e árvores grandes na ocasião antes à exploração</i>	83
	<i>O evento da exploração florestal nas UPAs</i>	83
	<i>Dinâmica no pousio da floresta remanescente e as árvores grandes</i>	85
	<i>A floresta e as árvores grandes no cenário esperado para o segundo ciclo</i>	86
8.	Conclusões	91
9.	Referências Bibliográficas	93

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa de localização das 41 parcelas permanentes instaladas nas UPAs B, C e D. 29
- Figura 2. Valores médios de precipitação mensal, considerando os dados disponíveis nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2021, da estação convencional instalada em Itacoatiara/AM, pelo INMET. Fonte: INMET, 2025. 30
- Figura 3. Mapa de altitude dos municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga, onde está localizada a área do estudo. Fonte: Banco de dados TessaDEM, imagem Esri. 31
- Figura 4. Mapa de vegetação dos municípios de Silves, Itapiranga e Itacoatiara, onde estão localizadas as UPAs da exploração feita pela empresa Mil Madeiras. 32

Figura 5. Estrutura esquemática de medição da parcela permanente. O sentido de medição é apontado pela seta e o ponto de partida está destacado no lado inferior esquerdo. Fonte: autora.	33
Figura 6. Registro da placa de identificação fixada com prego e pintura de DAP de árvore dentro da parcela permanente monitorada desde 1998, em visita para coleta de dados realizada na área em 2023. Fonte: autora.	38
Figura 7. Esquema de alocação da parcela circular fixa em 12 m ou 18 m, apresentando os quadrantes e indicando o sentido dos diâmetros da copa (Dc) 1 e 2, tendo como referência central, o tronco da árvore.	40
Figura 8. Trenas sobrepostas tomando como centro o tronco da árvore grande, como indica a seta vermelha na imagem. a) Delimitação para medida da copa e demarcação da área fixa da parcela circular; b) Delimitação da área da subparcela, sobrepondo outra trena para a demarcação do raio de 2 m. Fonte: autora.	41
Figura 9. Metodologia aplicada em parcela circular adotando o toco/base decorrente da exploração como centro.	42
Figura 10. Equipamento denominado densiomômetro esférico, utilizado para obter a estimativa do fechamento do dossel. Fonte: autora.	43
Figura 11. Representação esquemática da instalação dos transectos distribuídos aleatoriamente na parcela seguindo o Norte dela, conforme as setas vermelhas indicam e os pontos sobrepostos na seta indicam as leituras tomadas no densiomômetro. Fonte: autora.	44
Figura 12. Famílias mais abundantes na floresta inventariada antes da exploração.	46
Figura 13. Distribuição diamétrica dos indivíduos das 41 parcelas permanentes na área manejada pela empresa Mil Madeiras, antes da exploração florestal (n = 12283).	49
Figura 14. Gráfico de porcentagens de volume das árvores mortas por conta da exploração distribuídos nos centros de classe diamétrica. As 3 menores classes sofreram maior mortalidade por causa da exploração.	54
Figura 15. Gráfico referente ao balanço da exploração, considerando a área basal média entre as UPAs nas ocasiões desde a instalação e medição das parcelas permanentes até a primeira medição após a exploração.	56
Figura 16. Incremento Periódico Anual médio considerando os IPAs dos anos decorrentes em cada UPA, considerando o cumulativo nas classes de diâmetro referente ao último ano de medição (2019/2020).	58

Figura 17. Gráfico apresentando o número de indivíduos por hectare considerando os valores obtidos nas medições das UPAs, revelando a distribuição diamétrica da floresta para o segundo ciclo de corte (n=13022). 64

Figura 18. Gráficos da trajetória da floresta desde as medições realizadas antes da exploração, como ponto inicial, em cada UPA, considerando as árvores em seus contextos, onde AG com. 1996 refere-se às árvores grandes comerciais conforme a lista de espécies comerciais em 1996, assim como em 2019, já as Comerciais 1996 e 2019 seguem a mesma lógica, contudo, considera o DMC \geq 50 cm. A referência para os conjuntos é a trajetória de toda a floresta, considerando todas as árvores com DAP \geq 15 cm medidas nas parcelas permanentes. 69

Figura 19. Trajetória das variáveis biomassa ($t.ha^{-1}$) e volume ($m^3.ha^{-1}$), considerando a floresta em totalidade, durante as medições e em cada UPA. 70

Figura 20. Exemplos de sapopemas encontradas dentre as árvores grandes visitadas. Em a) Sapopemas do tipo B na árvore grande da espécie comercial *Pouteria guianensis* (abiurana-ferro) de placa identificadora nº 093902. E em b) Sapotema do tipo B também em árvore grande da espécie comercial *Pouteria guianensis*, mas com placa identificadora nº 091702. 75

Figura 21. Maior árvore em termos de diâmetro visitada em campo, pertencente à espécie *Caryocar glabrum* (pequirana – placa de identificação: 111901, UPA D), com DAP = 180 cm e Diâmetro de Copa médio = 25,5 m. 76

Figura 22. Observação direta de invertebrado na área de influência da copa da árvore grande da espécie não comercial *Geissospermum vellosii* (acariquara-branca) de placa nº 102501.81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Medições de acordo com as UPAs, mês e anos das parcelas, bem como cada tempo após a exploração elas foram realizadas. Fonte: autora. _____	33
Quadro 2. Variáveis coletadas de acordo com seu tipo e as classes definidas para a coleta de dadas variáveis. Fonte: autora. _____	38
Quadro 3. Espécies de árvores recrutadas comerciais e não comerciais com maior número de indivíduos por hectare por UPA, considerando ainda cada ano de medição. _____	59
Quadro 4. Resumo das três espécies mais abundantes de árvores grandes, destacando importâncias ecológicas de acordo com a literatura científica e demonstrando ainda a mudança nessa métrica após mais de 20 anos da exploração. _____	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Volume total explorado e intensidade de exploração média nas UPAs pela Mil Madeiras, de acordo com os anos e a área. Fonte: Souza, 2014; Silveira, 2019. _____	32
Tabela 2. Composição da floresta antes da exploração quanto ao número de espécies comerciais, destacando a representatividade de árvores grandes nesse conjunto. _____	47
Tabela 3. Índices de diversidade referente à floresta inventariada nas UPAs antes da exploração, considerando as árvores com DAP \geq 15 cm. _____	48
Tabela 4. Métricas de número de árvores (NA), área basal (G), estoque de volume (V) e biomassa (B) antes da exploração, considerando as UPAs e estabelecendo os limites calculados pela média somada ao intervalo de confiança 95%. _____	49
Tabela 5. Representatividade das árvores grandes em relação ao total de indivíduos na floresta, tanto no contexto comercial quanto não comercial antes da exploração. _____	50
Tabela 6. Métricas de número de árvores (NA), área basal (G), volume (V) e biomassa (B) e contribuição do conjunto de árvores para com elas antes da exploração nas respectivas UPAs. _____	52
Tabela 7. Métricas das árvores mortas pela exploração, rastreadas pelo CIF (Classe de Identificação do Fuste) = 6, na UPA B, destacando métricas antes da exploração e a representatividade das árvores grandes (AG) no conjunto total, além das que sofreram danos, considerando dados logo após a exploração (E+2 – UPA B; E+3 – UPA D; E+4 – UPA C). O mesmo contexto é aplicado para as árvores que sofreram danos leves e severos decorrentes da exploração. _____	53
Tabela 8. Resumo das maiores árvores exploradas registradas nas UPAs antes da exploração, bem como suas métricas de volume e biomassa. _____	54
Tabela 9. Métricas em relação às primeiras medições após a exploração da floresta, destacando ainda percentuais de redução observados na floresta antes da exploração. _____	55
Tabela 10. Incremento Período Anual em volume (m ³ /ha/ano) nos períodos de medição em cada UPA, considerando os diferentes intervalos, e destacando a contribuição das árvores grandes com o crescimento da floresta. _____	57
Tabela 11. Ingresso anual por UPA, considerando o número de árvores por hectare por ano e a taxa de ingresso anual, obtidos conforme intervalo em anos entre as medições. _____	58
Tabela 13. Resumo da quantidade de indivíduos (NI) e espécies (riqueza), que passaram a compor o conjunto de árvores grandes no período de 23 anos desde a exploração.____	60

Tabela 14. Mortalidade da floresta considerando o proposto por Sheil et al. (1995), bem como o número de árvores mortas por hectare e o percentual de árvores grandes (AG) desses indivíduos, desconsiderando o conjunto de árvores exploradas, permanecendo apenas seu efeito. _____	60
Tabela 16. Trajetória resumida da estrutura da floresta, considerando as medições anteriores à exploração em cada UPA e as medições em com mais de 15 e 20 anos após a exploração, respectivamente. _____	64
Tabela 17. Contribuição/representatividade PERCENTUAL de árvores grandes nas métricas das florestas, sendo a área basal (m^2/ha), o volume (m^3/ha) e a biomassa (t/ha). _____	65
Tabela 18. Métricas das espécies comerciais e a contribuição de árvores grandes no período antes da exploração e após mais de 20 anos dela, a partir da lista de espécies comerciais correspondente a cada contexto do ano de medição. _____	66
Tabela 19. Riqueza de espécies comerciais ($DAP \geq 50$ cm), em cada UPA conforme as medições antes e mais de 20 anos após a exploração, utilizando as listas comerciais verificadas para cada época e destacando a representatividade de árvores grandes (AG%) deste conjunto. _____	66
Tabela 20. Espécies comerciais ($DAP \geq 50$ cm e qualidade do fuste 1 e 2) e seus quantitativos disponíveis para exploração nas 41 parcelas no segundo ciclo de corte. _____	67
Tabela 21. Recuperação dos estoques de volume comercial (%) em relação ao total anterior da floresta sem exploração, destacando as árvores comerciais ($DAP \geq 50$ cm) e as árvores grandes dentro deste conjunto nos diferentes contextos da lista de espécies comerciais. 69	69
Tabela 22. Resumo estatístico do Teste t pareado realizado entre as UPAs em cada contexto de grupo de árvores, para verificar a diferença entre os valores de volume por hectare antes e após mais de 20 anos da exploração. _____	71
Tabela 23. Resumo estatístico do Teste t pareado realizado entre as UPAs em cada contexto de grupo de árvores, para verificar a diferença entre os valores de biomassa acima do solo (t) por hectare antes e após mais de 20 anos da exploração. _____	72
Tabela 24. Resumo estatístico do teste t pareado diante das diferenças avaliadas entre as parcelas pareadas nas medições pré-exploratória e em 21 (UPA D) e 23 anos (UPA B e C) após a exploração. _____	73
Tabela 25. Resumo estatístico do Teste t de Hutcheson utilizado especificamente para a comparação dos índices de Shannon-Weaver antes e após a exploração. _____	73

Tabela 27. Espécies comerciais de árvores grandes visitadas nas parcelas localizadas nas UPAs B e D._____	74
Tabela 28. Espécies dos indivíduos da regeneração natural ($5 \text{ cm} \geq \text{DAP} \geq 15 \text{ cm}$) quantificados, tanto nas subparcelas quanto nas parcelas circulares, nas áreas de influência das copas de árvores grandes, e de tocos da exploração._____	77
Tabela 29. Resumo das árvores grandes coletadas que possuíram maior número de observações de fauna registradas, destacando outras características coletadas em cada indivíduo. __	81
Tabela 30. Resumo de características das árvores grandes que abrigaram maior número de árvores de classe da regeneração natural (RN), todas registradas na UPA D. _____	82
Tabela 31. Características das árvores grandes com maiores estimativas de fechamento do dossel. _____	82

1. Introdução

Conforme apresentado no Relatório da Avaliação Global de Recursos Florestais (2020), realizado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a América do Sul ocupa o segundo lugar no *ranking* de desmatamento pela alta taxa anual de perda líquida de florestas, prática que permanece, ainda que menor se comparada com a década anterior (2000-2010). O Brasil está em segunda colocação na categoria de área florestal do planeta, além de possuir em 58,9% do seu território a Amazônia Brasileira, que ocorre em 10 diferentes Estados, é conceituada de Amazônia Legal e tem extensão de cerca de 5 milhões de Km² (Peres *et al.*, 2010; IBGE, 2020).

Além das alterações no uso e cobertura do solo ocorridas na região amazônica, a exploração ilegal de madeira representa perigo para a conservação e continuidade das áreas de florestas nativas, logo, também para as maiores árvores, pelo seu maior volume. Mas uma das alternativas para o combate à exploração ilegal é o incentivo à prática do Manejo Florestal, responsável por manter grande parte da floresta explorada em pé, essencial para atender o mercado madeireiro e permitir a produção continuada da floresta (Sist *et al.*, 1998).

Utilizando técnicas que reduzem o impacto da exploração florestal ou colheita das árvores, o Manejo Florestal é a administração da floresta visando obter benefícios econômicos, sociais e ambientais, mantendo respeito aos mecanismos de sustentação do ecossistema (Brasil, 2006). Por ser planejada em etapas, a prática estabelece critérios para seleção de espécies e das árvores que serão exploradas. Pelas restrições legais e por razões econômicas, as árvores das maiores classes diamétricas compõem grande parte deste conjunto, pela importância de suas dimensões, tanto na produção madeireira, como na alteração na estrutura diamétrica, área basal e no número de árvores por hectare na floresta (Pinto, 2002).

As funções que as árvores grandes desempenham na floresta são fundamentais para a manutenção do ecossistema, e também culturalmente, ao compor crenças religiosas para diferentes povos em diferentes partes do mundo ao longo da história (Blicharska e Mikusiński, 2014). Além disso, elas são importantes por fornecerem abrigo e alimentação para a fauna, contribuição na produtividade da floresta, na fertilidade do solo e na estabilidade do clima (Slik *et al.*, 2013; Ali *et al.*, 2019; Enquist *et al.*, 2020).

A posição e a dimensão de árvores grandes no ecossistema conferem a elas a capacidade significativa de contribuir com a abundância intra e interespecífica, através de sua influência nos processos de reprodução vegetal e animal (Lindenmayer e Laurence, 2016). Parte delas

moldam, como um efeito positivo, o estoque de biomassa acima do solo em florestas tropicais, representando também importante componente no fluxo de carbono da floresta (Ali *et al.*, 2020). Isto ocorre em face dos seus atributos em relação à altura, ao diâmetro e à copa bem desenvolvidos. Em contraste, estes e outros atributos como a presença de cavidades, associadas com outras plantas, podem torná-las suscetíveis a danos ou acarretar o seu declínio (Davi Clark e Deborah Clark, 1996).

A queda de árvores de dimensões excepcionais é capaz de levar consigo indivíduos de menor porte, transformando a estrutura e a composição da floresta, o que configura mais um de seus papéis no ecossistema. Lindenmayer e Laurence (2016), ao esclarecerem isto e outros aspectos da ecologia, função, evolução e o manejo adequado das árvores grandes, destacam a necessidade de proteção destes organismos frente às funções ecológicas tão críticas que desempenham ao longo de décadas, principalmente em ecossistemas ameaçados pela perda da cobertura vegetal. Além disso, concentram alto estoque de volume em poucos indivíduos, e compõem o conjunto de árvores exploradas para produção de madeira em tora.

Diante desse contexto exposto, o presente trabalho investigou contribuições ecológicas de árvores grandes (considerando o DAP ≥ 60 cm, de acordo com utilizado também por Lutz *et al.*, 2018 e Wu *et al.*, 2020), em floresta ombrófila densa no estado do Amazonas, em 3 Unidades de Produção Anual manejadas pela empresa Mil Madeiras Preciosas desde 1995.

Através da análise de dados de parcelas permanentes, avaliou-se a influência dessas árvores grandes (AG) na produção madeireira, no estoque de biomassa, na estrutura geral do ecossistema e na regeneração da área, para avaliar as alternativas de seleção de árvores no Manejo Florestal Sustentável, visando contribuir para a conservação e manutenção dos recursos naturais e da integridade ecológica da floresta considerando os próximos ciclos.

2. Objetivo

O objetivo geral do presente estudo foi investigar as contribuições ecológicas das árvores grandes ($DAP \geq 60$ cm) em floresta ombrófila densa, explorada há 23 anos, no Estado do Amazonas, a partir da avaliação de sua influência na produção madeireira, na dinâmica do ecossistema e na recuperação em estrutura da floresta.

2.1. Objetivos específicos

- a) Verificar a participação das árvores grandes nas mudanças ocorridas na estrutura, estoques de volume e biomassa, e diversidade na área manejada, antes e após 25 anos da exploração florestal.
- b) Analisar o papel de árvores grandes na produtividade e dinâmica da floresta e as implicações disso para a produção madeireira no segundo ciclo de corte.
- c) Avaliar os aspectos da trajetória e da composição das espécies de árvores identificadas nas UPAs no período de pousio da floresta, destacando as funções ecológicas das árvores grandes.

3. Hipóteses

- 3.1.** A estrutura e composição da floresta é diferente após mais de 20 anos da exploração florestal nas Unidades de Produção Anual, inclusive a respeito da contribuição das árvores grandes.
- 3.2.** A dinâmica da floresta remanescente da exploração seletiva de espécies, durante o seu pousio, ditará os parâmetros de estoques para o segundo ciclo de corte, a depender da recuperação da floresta, completa em termos de estoque volumétrico total, comercial, e ainda para as árvores grandes.
- 3.3.** As árvores grandes contribuem com a área basal, o estoque de volume e de biomassa da floresta, e assim interagem diretamente com a dinâmica e a produtividade do conjunto de árvores comerciais que podem compor a exploração no segundo ciclo de corte.

4. Revisão de literatura científica

4.1. Manejo Florestal na Amazônia

A vegetação nativa tem cada vez mais dado espaço a outros tipos de cobertura do solo. Na Amazônia, por exemplo, conforme o sistema de rastreamento da conversão anual de florestas, mais de 90% da área recém-desmatada (1985–2023) teve como o primeiro uso a pastagem, atividade que em 2023 já ocupava 14% do bioma (MapBiomas, 2024). Esse cenário evoluiu gradualmente desde o estabelecimento da sociedade, onde fauna e flora participaram do agrupamento das primeiras civilizações, e a utilização de recursos naturais levou ao protagonismo da madeira em acontecimentos que moldaram a história, até o desenvolvimento tecnológico atual do seu uso, então sustentável (Perlin, 2005).

O Manejo Florestal foi estabelecido tardiamente nos trópicos em comparação com países europeus, que já estavam avançando em estudos de florestas temperadas e no desenvolvimento de técnicas que levassem ao uso sustentável para a produção madeireira (Higuchi, 1994). Países como a Índia, Birmânia e Malásia, com florestas tropicais naturais, foram os primeiros a executarem experiências utilizando silvicultura voltada para o manejo, ainda que objetivassem o favorecimento de determinadas espécies de árvores. Obtendo resultados satisfatórios dessa prática, foram desenvolvidos dois principais sistemas de manejo florestal, sendo o primeiro o monocíclico, utilizando colheita única, a exemplo o Sistema Uniforme Malaio, e o segundo policíclico, conhecido como Sistema Celos de Manejo (Higuchi, 1994).

Embora o primeiro tenha sido benéfico para a regeneração das espécies em dada área de floresta, alternativas foram desenvolvidas, como alguns sistemas silviculturais policíclicos, utilizando cortes sucessivos pela definição de dado ciclo de corte e tamanho de árvore. São exemplos: o Sistema Seletivo Malaio, que combina operações pré e pós exploratórias, definindo ciclo de corte menor, o diâmetro de corte entre 40-50 cm e a retenção de árvores com boa qualidade por hectare; o Sistema Uniforme Malaio Modificado, utilizando tratamentos de eliminação de árvores defeituosas e danificadas, a partir do diâmetro de 20 cm e a possibilidade de reaplicação do tratamento 10 anos após exploração; Sistema “Tropical Shelterwood”, que adotou 50 anos como ciclo de corte, diâmetro mínimo de corte de até 80 cm, o volume retirado menor que $20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, e tratamento de envenenamento de espécies não comerciais e corte de cipós, resultando em baixa regeneração de espécies comerciais (Lowe, 1976; Higuchi, 1994; Silva, 1997).

Comentado [UC1]: pode retirar, para não ficar repetitivo com “foram desenvolvidas”

Outro clássico exemplo é o Sistema CELOS (Centre for Agricultural Research in Suriname) de manejo, desenvolvido a partir de pesquisas silviculturais no Suriname, em que o ciclo de corte era adotado no intervalo de 15-25 anos, a exploração selecionava rigorosamente de 5-10 árvores por hectare mantendo-se a intensidade de exploração ou corte de $20\text{ m}^3\text{ha}^{-1}$. Logo após a exploração, ocorriam os tratamentos de refinamento através do uso de arboricidas visando a redução da área basal em intervalos de tempo estabelecidos, além do monitoramento por inventários florestais (De Souza e Jardim, 1993; Silva, 1997). Esse Sistema foi adaptado e aplicado pelo grupo suíço *Precious Wood*, que possuía plantios na Costa Rica, e na década de 90 ao obter hectares de floresta em áreas na Amazônia Central, contando com parceria da Embrapa e Inpa, buscou desenvolver sistema silvicultural para florestas tropicais brasileiras (De Graaf e Van Eldick, 2011).

O Sistema CELOS adaptado para execução pela empresa Mil Madeiras (grupo *Precious Wood*), através das pesquisas realizadas pela Embrapa e INPA, contou com adoção do corte seletivo planejado para $35\text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, seguindo lista de 59 espécies de interesse comercial com DAP ≥ 50 cm, para blocos anuais de exploração de aproximadamente 2.000 ha, ciclo de corte de 25 anos, e preconizava tratamento silvicultural que consistiu em corte de cipós, além disso foram instaladas parcelas permanentes com calendário planejado de medições subsequentes após a exploração (Silva, 1997; Mil Madeiras Preciosas Ltda., 2021).

A empresa é considerada pioneira em Manejo Florestal Sustentável na Amazônia brasileira, contando com operações e técnicas recomendadas a partir de pesquisa científica e conforme a legislação vigente, segue em operação atualmente e é certificada pela FSC – Forest Stewardship Council, demonstrando o funcionamento das práticas adotadas na floresta para produção madeireira.

Outros experimentos neste sentido ocorreram anteriormente em florestas da Amazônia, mas em proporção de áreas menores, como o Sistema de Seleção de Espécies Listadas, desenvolvido e aplicado por parceria entre o INPA, FINEP e BID em área de Zona Franca próxima a cidade de Manaus/AM, consistindo em tratamentos de redução de área basal (25%, 50% e 75%) e área testemunha, além do monitoramento da floresta (De Souza e Jardim, 1993). Em área de terra firme localizada em Paragominas foi realizada avaliação do crescimento da floresta em diâmetro após aplicação de 3 tratamentos (aplicação do manejo, colheita sem planejamento e área testemunha) e verificou-se que em 3 anos após a exploração houve crescimento em área basal 44% maior em área manejada quando comparada a área sem manejo

(Vidal *et al.*, 2002). Além desses, experimentos também foram aplicados em outras áreas da Amazônia brasileira, como no Vale do Jari e na região do Tapajós.

Assim, como o Manejo evoluiu a partir das experimentações de técnicas e tratamentos silviculturais, a legislação para sua normatização também adequou-se visando a conservação das florestas, sendo estabelecido o DAP ≥ 50 cm para ciclo de corte inicial de 35 anos e a intensidade de corte de $30 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ (Brasil, 2006). Atualmente estudos como o de Castillo *et al.* (2024) tem mostrado que através de técnicas de sensoriamento remoto é possível monitorar e perceber a recuperação da floresta após a exploração seletiva. DeArmond *et al.* (2023) ao revisarem 121 artigos sobre exploração florestal na Amazônia a fim de verificarem as relações entre a floresta, vida selvagem e riachos e os impactos da exploração, sugerem que para reduzir impactos da exploração nesses componentes do ecossistema seria necessário ciclo de corte estabelecido de 40 a 60 anos, e intensidade menor de exploração, de 10 a $15 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$.

Embora o manejo florestal tenha impactos sobre a floresta, estes são muito menores quando comparados à atividade de exploração madeireira convencional, muitas vezes ilegal e atrelada também ao desmatamento, que é crescente na região. Em 2023 foi registrado que 9.001 km² de floresta foram desmatadas na Amazônia, ao passo em que o Estado do Amazonas, maior em extensão da região, concentrava em 2020 cerca de 144,92 milhões de hectares com cobertura florestal incluindo formações naturais (INPE, 2023). A área de extração ilegal de madeira tem aumentado, chegando a 126 mil hectares em 2023, e foi estimado que 65% dos 366 mil hectares explorados, são legalizados, mas de modo geral, no Amazonas 14% da extensão de área de floresta nativa é explorada para obtenção de madeira em tora, conforme dados da Rede Simex (2024) – Sistema de Monitoramento da Exploração Madeireira, que abrange os estados do Amazonas, Roraima, Rondônia, Pará, Amapá, Acre e Mato Grosso.

E apesar da queda na produção de madeira em tora registrada em 2023, essa atividade mostrou expansão na região, conforme projetou o Imaflora em 2019, onde verificaram que cerca de 930 mil m³ foram destinados ao mercado madeireiro, principalmente no Sul do Estado que concentra tanto os que mais produzem, como as maiores taxas de desmatamento da floresta nativa (Imaflora, 2019; Amorim *et al.*, 2023).

Buscando uma nova abordagem para diferentes formas de representação de emissões de CO₂ na atmosfera, Aguiar *et al.* (2016) estimaram que o desmatamento por corte raso de árvores, em áreas de floresta tropical na Amazônia brasileira, foi responsável por cerca de 40% da emissão bruta média de carbono para a atmosfera de entre os anos de 2007 e 2013. Como uma alternativa a esse cenário, o manejo florestal busca reduzir os impactos causados pelas

Comentado [UC2]: explorados

operações de maquinário no abate das árvores, através da seleção de indivíduos para este fim, e execução planejada e coordenada, buscando atender a demanda pela produção de madeira.

4.2. Características do Manejo Florestal da Mil Madeiras Preciosas

O estudo foi realizado na área da empresa Mil Madeiras Preciosas, que possui atualmente cerca de 551.461,82 ha em propriedades integrantes do projeto de Manejo Florestal Sustentável (Mil Madeiras Preciosas Ltda., 2025). A adaptação do Sistema CELOS de Manejo, pela empresa, juntamente com resultados de pesquisas realizadas pelo INPA e Embrapa/CPATU, segue atualmente as seguintes características: o ciclo de corte adotado é de 30-35 anos, a exploração seletiva estava planejada para intensidade de corte de 3 árvores por hectare, de árvores com DAP \geq 50 cm e além do corte direcional das árvores é definido sistema de monitoramento através de parcelas permanentes (Souza, 2014; Mil Madeiras Preciosas Ltda., 2021).

A empresa, além de abastecer o mercado nacional e internacional com madeira certificada pela FSC – Forest Stewardship Council, também gera energia em conjunto com a BK Energia, para autoabastecimento pela utilização dos resíduos provenientes da indústria. Em 2023, conforme o Plano de Manejo Florestal e o Relatório de Atividades, entre os municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga/AM, as áreas certificadas e manejadas pela empresa somaram 255.978,85 ha, sendo que na área de efetivo manejo autorizado (12.703,567 ha) foi produzido o volume total de 245.489,4 m³ de madeira em tona (Mil Madeiras Preciosas Ltda., 2023).

O projeto de Manejo Florestal foi inicialmente implementado por volta de 1995 na Fazenda Dois Mil, totalizando então a área de 80.729 ha, que foram licenciados para a atividade, e onde localizam-se as parcelas permanentes deste estudo, distribuídas em 3 Unidades de Produção Anual. O sistema de monitoramento das parcelas permanentes utilizadas nestas UPAs conta com parcerias entre a empresa e a Embrapa Amazônia Ocidental e INPA. Elas foram instaladas conforme a metodologia proposta por Silva e Lopes (1984).

A adaptação inicial do Sistema CELOS de Manejo adotou as seguintes características: o ciclo de corte adotado foi de 25 anos, a exploração seletiva estava planejada para intensidade de corte de 35 a 40 m³.ha⁻¹, de árvores com DAP \geq 50 cm e, além do corte direcional das árvores, também foram planejados tratamentos silviculturais para a área.

As espécies comerciais de interesse para o Manejo Florestal foram selecionadas para atender a demanda do mercado madeireiro almejado pela empresa na época, não ultrapassando a quantidade de 65 espécies a serem selecionadas (Winkler, 1997). Foram exploradas 55

espécies comerciais de acordo com as características do Manejo (Souza, 2014). A empresa conta com sistema de monitoramento florestal baseado em parcelas permanentes distribuídas nas áreas manejadas, que compõem base de dados para variados estudos relacionados à floresta manejada (Souza, 2014; Silveira, 2019; Vinhote, 2020; Florenzano, 2021).

4.3. Definições de árvores grandes

O limite de diâmetro que caracteriza a árvore como grande ou gigante, varia em pouca amplitude nos diferentes estudos científicos sobre o tema. Ao avaliarem a contribuição das árvores grandes em termos de sua participação na estrutura, biomassa e riqueza de espécies em florestas de diversos biomas, Lutz *et al.* (2018) utilizaram o limite de DAP ≥ 60 cm para defini-las. Já Slik *et al.* (2013), para determinarem a relevância das árvores grandes perante a biomassa da floresta e suas relações com as características das espécies e do ambiente, utilizaram o limite de DAP ≥ 70 cm. Também utilizado por Schietti *et al.* (2016) ao buscarem relações entre a dimensão/densidade e a contribuição de árvores grandes no estoque de biomassa no centro-sul da Amazônia.

Existem outros critérios para caracterizar árvores como grandes em estudos disponíveis na literatura científica. A exemplo, Ali *et al.* (2020) basearam-se na abordagem estatística do percentil 99, utilizando a relação entre as árvores mais altas, a partir do DAP ≥ 60 cm, e a biomassa acima do solo em florestal tropical. Há de ressaltar-se que a exuberância de árvores grandes pode sugerir sua longevidade, contudo, espécies do grupo ecológico das pioneiras são capazes de atingir grandes dimensões mesmo na fase juvenil, a exemplo a espécie pioneira *Gouania glabra* (Ali e Wang, 2018).

Além das definições, estes estudos disseminam a importância que as árvores grandes representam na estrutura de florestas, tanto naturais, quanto secundárias (Lindenmayer, 2017). Mas para o olhar além do científico, elas são organismos vivos que carregam consigo a unanimidade cultural de significados profundos, geralmente como guardiãs da floresta, e referidas como mães (Simard, 2021). Afinal reagir diante de um ser vivo de tamanhas dimensões que se mantém soberano, quase que indiferente ao tempo e aos rigores do clima, justificam-se as atribuições místicas entre variadas culturas, traduzidas em diversos benefícios à sociedade (Blicharska e Mikusiński, 2014; Crews, 2020).

4.4. Árvores grandes: importância multifuncional

A conversão de vegetação e até mesmo distúrbios “naturais” alteram a qualidade de habitats nativos, gerando respostas diferentes nas espécies de fauna (Donnelly e Marzluff, 2006). A presença ou ausência de espécies de fauna pode configurar indicador biológico e nos leva a entender o funcionamento da floresta diante das alterações sofridas (Gardner *et al.*, 2008; Rodrigues *et al.*, 2009). As árvores grandes são abrigos para a fauna em praticamente toda sua estrutura, suas cavidades auxiliam a sobrevivência da avifauna, mamíferos de pequeno porte e, já quando há presença de raízes expostas em sua base, estas podem ser utilizadas para abrigo de animais de porte médio a grande (Gibbons e Lindenmayer, 2002; Babu *et al.*, 2015).

Ainda que sua grandeza se destaque no ambiente, as definições de árvores grandes variam entre as pesquisas científicas, principalmente para fins de sua quantificação diante de uma floresta. Recentemente, Lutz *et al.* (2018) propuseram três métodos para quantificar esses indivíduos, em 48 parcelas do ForestGEO espalhadas pelo mundo: considerando o 1% das maiores árvores (maiores classes de DAP), como também foi observado por Crzywacz *et al.*, 2018; considerar todas as árvores com $DAP \geq 60$ cm; e as que concentram cerca de 50% da biomassa acima do solo da parcela. Outros autores sugerem que as árvores grandes sejam aquelas que possuam $DAP \geq 70$ cm (Gentry e Terborgh, 1990; Lugo e Brown, 1992; Davi Clark e Deborah Clark, 1996).

Filho (2021) verificou maior ocorrência de epífitas em forófitos (árvores) de maiores diâmetros, sendo a altura e o DAP as variáveis que influenciaram a ocorrência das epífitas em espécies comerciais abatidas para exploração florestal pela empresa Mil Madeiras LTDA. Tews *et al.* (2003) ao revisarem a bibliografia a respeito da relação entre a estrutura horizontal e vertical da vegetação de habitats e a diversidade de animais, verificaram que diferentes grupos de espécies são influenciados pela presença de estruturas vegetais consideradas fundamentais para a diversidade de animais. Certas espécies de plantas também se beneficiam da estrutura de árvores grandes. A associação das briófitas epífitas com as árvores grandes tem benefícios para além da sua sustentação, e representam fontes de nitrogênio contribuindo para a fixação desse nutriente pelas cianobactérias presentes nestes indivíduos (Lindo e Whiteley, 2011).

Além destes serviços ecossistêmicos, outra influência que a estrutura de árvores grandes gera na floresta está na profundidade de suas raízes, auxiliando a manutenção de suas copas verdes durante períodos de seca e a continuidade da evapotranspiração nesses períodos, extraíndo não apenas água do solo, mas fornecendo ainda carbono (Nepstad *et al.*, 1994). Essa influência no ciclo hidrológico também está na interceptação que as maiores árvores em termos

de altura e DAP realizam frente à precipitação, armazenando boa parte da água na estrutura de sua copa, tornando-a disponível para devolução à atmosfera e regulando a quantidade que infiltrará no solo (Dietz *et al.*, 2006).

Essa interceptação pela copa ocorre tanto para a água das chuvas, como para a luz solar. Como já mencionado, os animais beneficiam-se desta condição de abrigo criada pela sombra das extensas copas, geralmente presentes em árvores grandes, onde a entrada da luz é mais amena, tornando a temperatura abaixo delas mais amena também, a somar-se com o fornecimento de alimento quando a árvore produz frutos atraentes para a fauna (Dean *et al.*, 1999). Assim, elas auxiliam o estabelecimento de microclima essencial para a manutenção do ecossistema que a rodeia, pois até mesmo a matéria orgânica produzida por elas de folhas, galhos e restos de frutos são incorporados ao solo como fonte de nutrientes.

Em florestas úmidas e temperadas do Canadá, Simard (2021) descreve como descobriu a relação de interdependência entre as árvores grandes e antigas e as plântulas da área, percebendo que esses organismos estão em constante adaptação ao aquecimento que o planeta está sujeito, e transferindo suas informações aos indivíduos mais jovens através da sua associação com fungos. Essa interação ocorre em diferentes compartimentos da floresta, como demonstraram Beiler *et al.* (2010) ao determinarem a rede de micorriza em uma floresta antiga e verificarem que essa rede é robusta e eficiente e possui uma relação com as árvores grandes antigas na transferência de recursos, facilitando a regeneração co-específica e estabilização do ecossistema.

Outro aspecto a ser mencionado é a forma como as espécies estão distribuídas na floresta. Clark *et al.* (2019) demonstraram que a distribuição de árvores de grande porte na floresta está relacionada com condições edáficas, tanto da perspectiva do nutriente do solo, como da topografia do terreno, e ainda com a dinâmica da floresta em si. Ademais, as árvores grandes podem influenciar a diversidade das espécies de menor diâmetro ao seu redor, a depender da dispersão de suas sementes, e da sua habilidade de competição (Punchi-Manage *et al.*, 2015).

4.5. Árvores grandes no estoque de biomassa da floresta

A estimativa de biomassa é componente fundamental no ecossistema, principalmente no ciclo do carbono, além disso possui larga utilização para produção de energia, constituindo então importante variável em inferências relacionadas à floresta (Roquette, 2018; Miranda *et al.*, 2019). Permite estudos como de Correa (2018), que ao relacionar o estoque e sequestro de

carbono com a biomassa de florestas alagáveis e fatores hidroedáficos na Amazônia Central, verificou que árvores mais velhas, de maiores diâmetros, acumularam mais biomassa no seu ciclo de vida do que as menores e as que ficam por mais tempo em ambiente alagado. Em termos quantitativos, Lima (2010) estimou que no Estado do Amazonas o estoque de biomassa ($DAP \geq 10$ cm) era estimado em $563,53 \pm 38,66$ t.ha $^{-1}$, a partir de modelos, com base em dados coletados na região central de Manaus/AM, e estimou ainda que após 11 da exploração realizada pela empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda, a floresta possuía estoque de $542,4 \pm 86,5$ t.ha $^{-1}$ de biomassa.

Então, é possível que os efeitos de árvores grandes na floresta auxiliem mecanismos em escala de paisagem e, sendo assim, a conservação da biodiversidade é um dos atributos das árvores grandes para com o ecossistema, já que os efeitos das árvores grandes na biomassa acima do solo anulam os efeitos que a riqueza de espécies tem na estrutura da floresta (Ali e Wang, 2019). Bradford e Murphy (2019), ao examinarem a contribuição de árvores grandes para a biomassa acima do solo, verificaram que a alta densidade de árvores de grande porte impulsionou o alto índice de biomassa acima do solo encontrado em uma floresta tropical australiana.

A taxa média de crescimento de árvores grandes está relacionada à idade e ao tamanho, mas ainda com a diversidade de espécies, sua complementariedade pode aumentar o fornecimento de serviços ecossistêmicos, pelo aumento da área basal e estoques de biomassa e volume (Ferreira, 2023). Essa contribuição se dá de maneira distinta entre as espécies e os diferentes organismos através principalmente dos seus mecanismos fisiológicos e estruturais. Slik *et al.* (2018) destacam a contribuição na produtividade da floresta de forma mais significativa por parte das árvores grandes, ao estimarem a biomassa acima do solo e a produtividade de floresta no Sudoeste Asiático, comparando as árvores grandes e pequenas em relação aos seus estoques, também ressaltam a importância das maiores árvores para a biomassa.

As árvores grandes geralmente são priorizadas no processo de seleção, gerando alterações no fluxo de biomassa daquele ecossistema (Mazzei *et al.*, 2010; Lindenmayer, 2017; Lutz *et al.*, 2018). Cabe ressaltar que elas possuem um controle potencial sobre o ciclo do carbono florestal global, conforme Lutz *et al.* (2018) ao verificarem que 1% das árvores grandes representam metade da biomassa acima do solo florestal no mundo todo. Desempenham importante papel no fluxo de energia e matéria (biomassa) no ecossistema, pois a dinâmica das árvores grandes nos anos seguintes à extração seletiva da madeira revela sua alta taxa de

mortalidade, provavelmente por conta de danos sofridos nas operações, assim refletindo no balanço negativo de carbono na área (Ali *et al.* 2019).

Ao investigar a dinâmica de biomassa acima do solo em parcelas permanentes de uma área manejada (intensidade de corte de 6 árvores ha^{-1}) na Amazônia Oriental, Sist *et al.* (2014) verificaram no período pós-exploratório, que árvores grandes capturaram maiores quantidades de biomassa, refletindo no carbono que árvores médias que resultou cerca de 53 kg C.ano $^{-1}$. Isso implica na iminente emissão deste carbono a partir da mortalidade delas após a exploração, portanto, considerar uma intensidade de corte moderada, a partir da dinâmica da biomassa acima do solo, é uma alternativa para melhorias na sustentabilidade do MFS (Blanc *et al.*, 2009).

O manejo florestal é a alternativa de mitigação dos efeitos da mudança climática, pois gera benefícios maiores que o do reflorestamento (IPCC, 2007). Nessa lógica, as árvores grandes estão constantemente expostas à luz e radiação solar, bem como a outros componentes climáticos de variações na temperatura, umidade relativa do ar e dos ventos, já que seu conjunto compõe o dossel (Tang *et al.*, 2017). Como sua contribuição para a biomassa acima do solo é alta, ressalta-se a sua importância na dinâmica e estoque do carbono, e que pode se traduzir em conhecimento sobre aspectos que influenciam a mudança climática.

4.6. Árvores grandes na produção e dinâmica de florestas

Florestas não perturbadas, mais antigas, geralmente possuem o estoque em volume máximo acumulado, taxas de crescimento lentas e o recrutamento equivalente à mortalidade, diferente de florestas secundárias, em estágio inicial e manejadas (Lamprecht, 1990). Ao formar uma clareira em florestas ainda não perturbadas, há a alteração na composição e estrutura da floresta, mas que são responsáveis por ativar processos de dinâmica de crescimento e consequente sucessão pela entrada de luz na floresta, fenômeno que pode ocorrer naturalmente com a queda de árvores grandes.

Por isso, ao interferir na produção da floresta, ou seja, no seu crescimento e estoque volumétrico, a intensidade de corte não pode comprometer a capacidade da floresta em renová-lo, mantendo uma dada margem de segurança para a sustentabilidade das operações no manejo florestal (Van Gardingen *et al.*, 2006). Lima (2010), ao estudar florestas manejadas e não manejadas, na perspectiva do estoque e dinâmica do carbono, verificou incremento positivo levando a satisfatório estoque de volume e carbono após 11 anos da exploração seletiva realizada pela Mil Madeiras, recuperando os serviços ambientais da área.

Por isso, avaliar a dinâmica de uma floresta é o que permite determinar a produtividade, a composição e diversidade dela, com o agravante na floresta amazônica, de que a idade do povoamento é desconhecida, sendo um obstáculo na criação de modelos de produção de florestas tropicais nativas (Smith, 1983). Há a necessidade de estudos que desenvolvam esse tipo de modelo pautados na coleta de dados de monitoramento do crescimento de florestas para pautar o avanço de técnicas e diretrizes na continuidade da produção após a exploração madeireira (Silva, 2007).

Schöngart (2008), ao estimar estoque volumétrico e desenvolver modelo orientado ao crescimento baseados na idade das árvores em uma floresta de várzea, verificou que existe uma grande variação das taxas de crescimento entre as espécies, o que importa muito para o manejo, traduzido como critério evitaria uma exploração exacerbada de indivíduos maiores, que possuem o crescimento mais lento. Ou seja, as árvores de crescimento mais rápido, possuem um ciclo de vida mais curto, podendo interferir na produção continuada de uma área que seja dominada apenas por elas. Piva *et al.* (2021), utilizando dados do inventário florestal do Projeto Radam Brasil, aplicou o método *bootstrap* para estimar a biomassa e o carbono no bioma amazônico e verificou que as maiores árvores são representativas em relação ao total do estoque de biomassa viva acima do solo (cerca de 163 t.ha⁻¹) na floresta amazônica.

Apesar disso e da alta taxa de crescimento destas árvores, o aspecto da mortalidade na sua dinâmica afeta a estrutura da floresta. Estudos demonstram que as árvores grandes são as que possuem propensão maior à mortalidade em áreas de florestas manejadas (De Carvalho, 1999; Betancourt, 2024). Contudo, estas observações não compõem regra. Conforme verificou Dionisio (2020), que comparando área manejada e área não manejada, constatou que não houve relação da mortalidade com o diâmetro de árvores de DAP ≥ 45 cm na dinâmica entre elas. Gorgens *et al.* (2020) constataram que a disponibilidade de luz e a dinâmica dos ventos podem influenciar no crescimento e impulsionar a distribuição das árvores gigantes na Amazônia.

5. Metodologia

5.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na área de Manejo da empresa Mil Madeiras LTDA, localizada a 269 km (distância rodoviária) de Manaus, em acesso por meio das rodovias AM-010 (Manaus-Itacoatiara) e da rodovia AM-363 (Silves-Itapiranga), onde fica a sede da empresa, e a área da Unidade de Manejo Florestal (UMF), distribuída entre os municípios de Itacoatiara, Itapiranga e Silves.

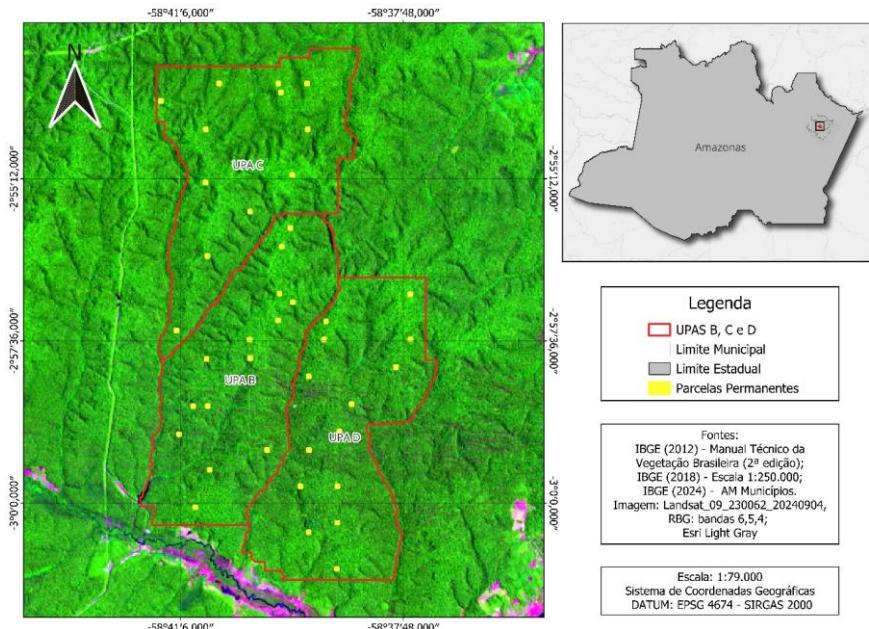


Figura 1. Mapa de localização das 41 parcelas permanentes instaladas nas UPAs B, C e D.

5.2. Clima

A região amazônica tem o clima tropical classificado como chuvoso, conforme a classificação Climática de Köppen-Geiger (Köppen, 1936). O município de Itacoatiara, do grupo A, insere-se em dois tipos climáticos, sendo o Af, sempre úmido tendo poucas variações anuais na temperatura e na precipitação; e Amw', quente e úmido, tendo curta estação seca (Falesi *et al.*, 1969).

5.3. Precipitação

A temperatura média anual do município de Itacoatiara foi de 26,9 °C, até 2023, sendo que o período de chuvas inicia em janeiro e se estende até maio, e por ano esperam-se 2.464 mm de chuva, conforme Andrade (2023), podendo chegar a valores ainda mais altos. A umidade relativa do ar fica acima de 70% (Almeida e Castro, 2018).

Ao consultar dados disponíveis do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, referente à estação convencional instalada e operante em Itacoatiara/AM, nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2021, foi possível verificar que o mês com maior precipitação é fevereiro, quando chove em média 229,2 mm ($\pm 139,8$). Conforme a Figura 2 é possível verificar que de janeiro a maio, é o período que mais choveu, considerando os anos mencionados (INMET, 2025).

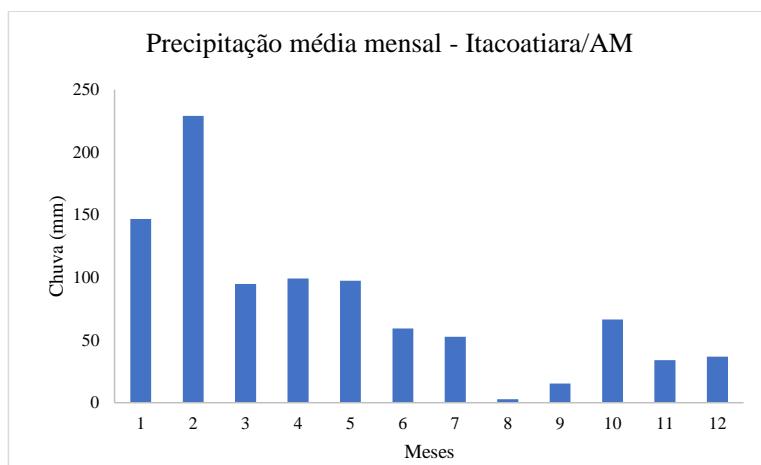


Figura 2. Valores médios de precipitação mensal, considerando os dados disponíveis nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2021, da estação convencional instalada em Itacoatiara/AM, pelo INMET. Fonte: INMET, 2025.

5.4. Relevo e solo

O intemperismo intenso é característica marcante na região amazônica, onde os tipos predominantes de solo são os denominados Latossolos, nos platôs, e os Podzóis, nas áreas mais baixas. Considerando o ambiente de terra firme da região Amazônica, de forma geral predominam ainda as classes de solos Argissolos (45%) e Latossolos (26 %) (Maia e Marmo, 2010; Quesada *et al.*, 2011).

O município de Itacoatiara/AM está localizado em terraço fluvial, que possui formato triangular e topo plano e é situado a altitude de 26 m acima do nível do mar (Souza, 2022), conforme Figura 3.

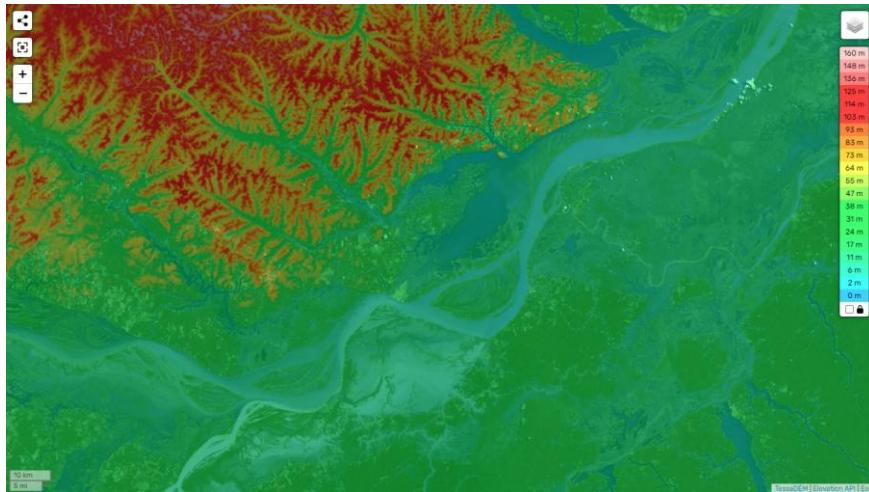


Figura 3. Mapa de altitude dos municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga, onde está localizada a área do estudo. Fonte: Banco de dados TessaDEM, imagem Esri.

5.5. Vegetação

Na Bacia Sedimentar do Amazonas existe relevo caracterizado por planícies e baixos planaltos. A tipologia florestal na área do estudo é classificada como Floresta Ombrófila Densa, conforme o IBGE (2012), e na área ainda possuem alguns fragmentos de Floresta de Campinarana e Floresta Alagada (igapó) (Mil Madeiras Preciosas, 2013). Em relação à hidrologia próximo à área, estão os rios Uatumã e Urubu.

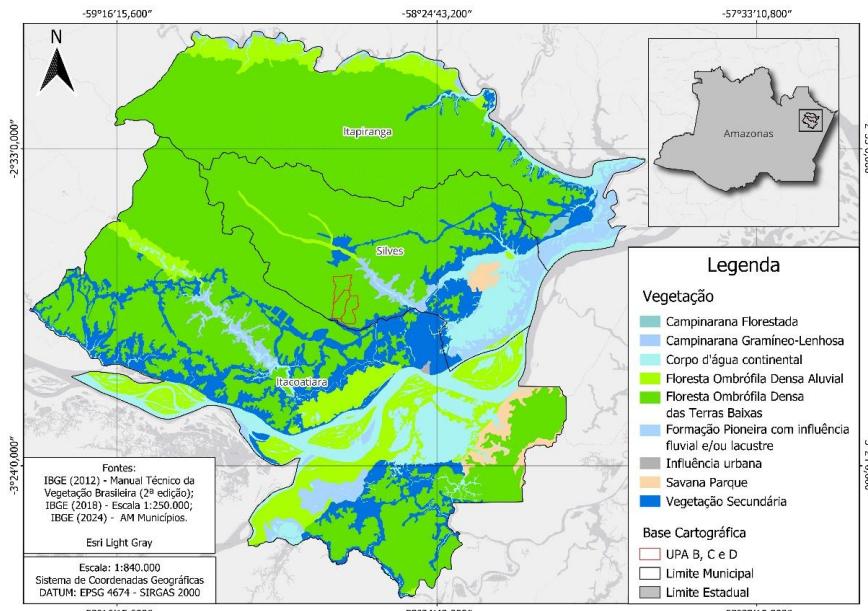


Figura 4. Mapa de vegetação dos municípios de Silves, Itapiranga e Itacoatiara, onde estão localizadas as UPAs da exploração feita pela empresa Mil Madeiras.

5.6. Abordagem utilizada para avaliação da importância das árvores grandes no Manejo Florestal

As áreas manejadas pela empresa Mil Madeiras são monitoradas através de inventário florestal contínuo de parcelas permanentes (1 ha) distribuídas nas UPAs B, C e D, exploradas em diferentes anos, conforme apresenta Tabela 1.

Tabela 1. Volume total explorado e intensidade de exploração média nas UPAs pela Mil Madeiras, de acordo com os anos e a área. Fonte: Souza, 2014; Silveira, 2019.

UPA	Ano	Área (ha)	Volume (m ³)		Intensidade de exploração (m ³ .ha ⁻¹)	Área monitorada (ha)
			Autorizado	Explorado		
B	1996	2.640,50	116.783,90	44.405,70	20,77	14
C	1997	2.646,87	91.007,71	33.694,60	16,66	13
D	1998	2.711,56	98.882,90	50.216,60	22,64	14

Os dados do monitoramento da floresta seguem as diretrizes estabelecidas em Silva e Lopes (1984) – Embrapa, e esquema apresentado na Figura 5. Assim, das variáveis coletadas nas parcelas permanentes, foram utilizadas:

- O nome da espécie, obtido por identificação botânica;

- O DAP \geq 15 cm foi considerado o mínimo para medição das árvores;
 - A Classe de Identificação do Fuste (CIF);
 - E as classes de danos: danos sofridos por causa da exploração florestal, sendo considerados os danos leves e os severos.

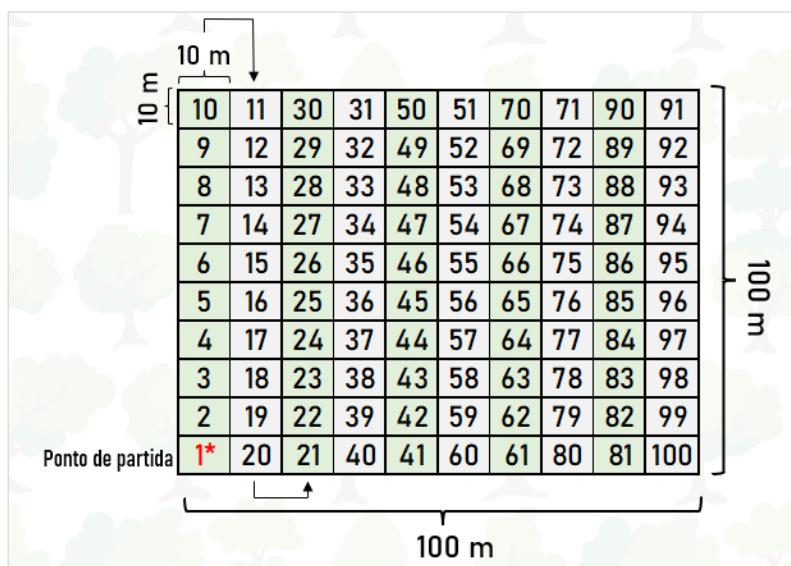


Figura 5. Estrutura esquemática de medição da parcela permanente. O sentido de medição é apontado pela seta e o ponto de partida está destacado no lado inferior esquerdo. Fonte: autora.

Com isto, foi possível caracterizar a importância das árvores grandes na floresta a partir da avaliação delas em diferentes ocasiões do manejo florestal: antes, logo após a exploração, no período durante o pousio da floresta e, finalmente, próximo ao final deste período, em que a floresta estaria praticamente pronta (23 anos) para o segundo ciclo de corte. As medições são apresentadas no Quadro 2, onde ressalta-se que a UPA B possui um ano de medição a mais que as demais. Então, em cada UPA as medições seguintes do evento da exploração, são consideradas como a medição logo após a exploração; seguinte a essa, estão as medições referentes ao pousio da floresta, até a última medição realizada em cada UPA.

Quadro 1. Medições de acordo com as UPAs, mês e anos das parcelas, bem como cada tempo após a exploração elas foram realizadas. Fonte: autora.

UPA	Mês	Ano	Ocasiões de medição, em anos, em relação à exploração (E)	Nº de parcelas
B	12	1996	Antes da exploração (E-1)	14

	12	1996	Exploração (E)	
	5	1998	E+2	
	8	2001	E+5	
	8	2014	E+18	
	11	2019	E+23	
C	10	1997	E-1	13
	10	1997	(E)	
	8	2001	E+4	
	12	2014	E+17	
	9,10,12	2020	E+23	
D	4	1998	E-1	14
	4	1998	(E)	
	10	2001	E+3	
	11	2014	E+16	
	8	2019	E+21	

Em cada ocasião foram propostas questões em acordo com os objetivos do estudo. Buscou-se responder primeiramente a respeito do cenário antes da exploração (E-1), ressaltando o papel das árvores grandes na estrutura (distribuição diamétrica, número de árvores, área basal, volume e biomassa), na composição (características de espécies mais abundantes nas ocasiões de medição) e na diversidade da floresta (riqueza, índices de diversidade de Shannon-Weaver e Simpson e equabilidade de Pielou), além da avaliação da contribuição delas no contexto das árvores de espécies comerciais.

Para caracterizar o evento da exploração foi utilizada a ocasião E+2 na UPA B, por ser a ocasião de medição mais próxima após esse evento. Então, as reduções foram caracterizadas em termos de área basal e dos estoques de volume e biomassa, tanto para o contexto da floresta, do grupo das comerciais (listas de espécies comerciais e DAP \geq 50 cm, com qualidade de fuste 1 e 2 antes da exploração, que conforme apresentado por Hosokawa, Moura e Cunha (1997) correspondem respectivamente a fuste reto, sem defeitos aparentes e forneçam toras de excelente qualidade; e fuste com pequena tortuosidade e nós, mas com fornecimento de madeira sem defeitos para processar na serraria) e das árvores grandes, além disso foi possível a caracterização dos danos leves e severos e da mortalidade, decorrentes da exploração.

Durante o período do pousio da floresta, a avaliação dos grupos das árvores se deu considerando aspectos da composição, diversidade e estrutura; e a respeito do ingresso, mortalidade e incremento periódico anual buscando ressaltar a contribuição das árvores grandes

com a dinâmica de recuperação dos estoques de volume e biomassa anteriores, bem como a sua trajetória, até a ocasião da última medição, que difere nas UPAs, conforme o Quadro 2.

Por fim, na ocasião que revela a floresta prestes a encerrar o período de recuperação do primeiro ciclo de corte (ou seja, possui 23 anos desde a exploração), buscou-se elucidar se a floresta se recuperou em termos de estrutura, composição, estoque de volume e de biomassa em relação ao cenário anterior, para os grupos das árvores comerciais, árvores grandes e da floresta como o todo.

Para rastrear as espécies comerciais das UPAs B, C e D, foram utilizadas as listas conforme descrito em Winkler (1997) Souza (2014) e a lista de espécies comerciais atual, disponibilizada pela empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda. As análises de dados foram realizadas utilizando os softwares Microsoft Excel e R (pacote *vegan*, conforme Oksanen *et al.*, 2022). A seguir são apresentadas as origens dos cálculos realizados a fim de obter as métricas.

As equações de volume e biomassa utilizados foram:

- Volume, conforme Lima (2010):

$$V = 0,001176 \times (DAP)^{1,99868} \quad (R^2 = 0,89; S_{yx\%} = 4,04; n = 386)$$

onde

V = Volume (m^3);

DAP = o Diâmetro altura do peito;

R^2 = Coeficiente de Determinação;

$S_{yx\%}$ = Erro Padrão da Estimativa;

n = o número de árvores utilizadas para ajuste da equação.

- Biomassa seca acima do solo, conforme Silva (2007), onde o coeficiente de conversão de pesos (0,592) foi obtido pela fração com a média ponderada dos teores de umidade (40,8%) em cada componente da árvore acima do solo

$$Pf_{agb} = 2,2737 \times (DAP)^{1,9156} \quad (1) \quad (R^2 = 0,85; \text{Erro padrão} = 4,2\%; N_{fp} = 494; n_c = 593)$$

$$Ps_{agb} = Pf_{agb} \times 0,592 \quad (2)$$

onde:

Pf_{agb} : peso fresco acima do solo em Kg;

Ps_{agb} : peso seco acima do solo em Kg;

0,592 = fator de conversão do peso fresco para peso seco;

N_f : número de árvores da floresta primária utilizada no modelo;
 n_c : número de árvores da capoeira utilizadas no modelo.

A mortalidade da floresta foi calculada conforme proposto por Sheil *et al.*, 1995:

$$m = 1 - \left(\frac{N_1}{N_0} \right)^{\frac{1}{\Delta t}}$$

onde

m: mortalidade em %;

Δt : tempo decorrido em anos entre as duas contagens

N_0 : contagem populacional no início de t

N_1 : contagem populacional no fim de t

A taxa de ingresso (I %) foi obtida pelo cálculo:

$$I(\%) = \frac{n^{\circ} \text{ árvores recrutas}}{n^{\circ} \text{ árvores medição anterior}} \times 100$$

Foram calculados os índices de diversidade de Simpson, de Shannon e de equabilidade de Pielou, para comparação entre o cenário anterior à exploração e a última medição, conforme proposto por Simpson (1949), que é focado na dominância das espécies, obtido pela probabilidade de que duas árvores coletadas aleatoriamente pertençam a mesma espécie em dada comunidade grande, variando de 0 a 1; Shannon e Weaver (1949), onde utilizaram a riqueza e a distribuição de abundâncias; e Pielou (1966), que utilizou o índice de Shannon e a riqueza, onde a distribuição das abundâncias quanto mais uniforme mais próxima de 1.

Obtidas as métricas foi possível verificar se existiam diferenças significativas entre elas. Então, para comparar as métricas obtidas antes da exploração e as métricas correspondentes à última medição da floresta os dados foram pareados nessas medições e ainda por UPA, considerando o conjunto de parcelas (unidades amostrais) medidas nessas ocasiões em cada uma delas.

Assim, os pressupostos de normalidade foram avaliados, nas métricas do conjunto de parcelas nas ocasiões de medições distintas, e atendidos através da aplicação do teste de normalidade ($\alpha=5\%$), conforme Shapiro e Wilk (1965). Prosseguiu-se para verificação de diferenças significativas entre o volume por hectare (cada parcela possui área de 1 ha), da

biomassa seca acima do solo por hectare nas ocasiões anterior e posterior à exploração, da riqueza, dos índices de Simpson e Pielou, a partir da aplicação do Teste t pareado, segundo o que foi apresentado por Student (1908) e Zar (1974).

As diferenças foram avaliadas ao nível de significância de 5%, para cada UPA foi testada a hipótese nula (H_0) de que não existia diferença significativa entre os estoques de volumes nas medições das parcelas antes e após mais de 20 anos da exploração (21 anos para UPA D e 23 anos para UPA B e C).

Para testar as diferenças nos índices de Shannon-Weaver em cada UPA foi utilizado o Teste t de Hutcheson, conforme apresentado por Hutcheson (1970), pois os índices avaliando as diferenças ao nível de significância de 5% e utilizando a hipótese alternativa de que existe diferença significativa entre os índices nas medições das parcelas. Esse teste apresenta a aplicação do teste t convencional especificamente para o índice, utilizando as variâncias associadas a ele (Hutcheson, 1970; Marrugan, 2004).

Os testes de diferença de médias também foram aplicados para demonstrar as diferenças significativas na comparação da ocasião da última medição, que evidencia a floresta para o segundo ciclo, e a floresta após exploração simulada, considerando o disposto na legislação federal a respeito do manejo de florestas nativas, a lista de espécies comerciais mais atual, as regras estabelecidas pela CITES/IBAMA, conforme a Instrução Normativa IBAMA nº 28, de dezembro de 2024 (Ibama, 2024) e desconsiderando os danos decorrentes da exploração, ou seja, apenas as reduções em área basal, estoques de volume e biomassa, para os grupos de árvores.

5.7. Caracterização expedita da importância ecológica das árvores grandes

Buscando registrar e coletar dados a respeito de variáveis que traduzam algumas das funções ecológicas que desempenham as árvores grandes no ecossistema, conforme Quadro 3, árvores grandes foram visitadas em 5 das 41 parcelas permanentes utilizadas neste estudo (em dezembro de 2023), nas UPAs B e D.

Ao total foram avaliadas 38 árvores grandes e 12 tocos que pertenciam a árvores grandes que foram exploradas, a fim de obter indícios sobre alguns aspectos de sua importância ecológica, sendo a mesma metodologia de coleta aplicada para ambos.



Figura 6. Registro da placa de identificação fixada com prego e pintura de DAP de árvore dentro da parcela permanente monitorada desde 1998, em visita para coleta de dados realizada na área em 2023. Fonte: autora.

Buscou-se coletar dados de todas as árvores grandes de cada parcela visitada, bem como os tocos, quando encontrados. Para tanto, foram criadas algumas variáveis obtidas por observação visual, que foram a base da avaliação expedita (Quadro 2). Isto mostrou-se necessário porque normalmente as variáveis de interesse no monitoramento do crescimento e produção de florestas, a partir de dados de parcelas permanentes, são variáveis quantitativas com relação direta na determinação desses atributos.

Quadro 2. Variáveis coletadas de acordo com seu tipo e as classes definidas para a coleta de dadas variáveis. Fonte: autora.

Variável coletada	Tipo de variável	Classes
Nome científico	Nominal	Sem classes
Fechamento do dossel	Numérica	Sem classes (und)
Altura total e comercial	Numérica	Sem classes (m)
Altura Comercial	Numérica	Sem classes (m)

Diâmetro de copa	Numérica	Sem classes (m)
Contagem de indivíduos com $5 \leq \text{DAP} \leq 10$	Numérica	Sem classes (und)
Contagem de indivíduos com $10 \leq \text{DAP} \leq 15$	Numérica	Sem classes (und)
Posição sociológica	Categórica	1- Dominante; 2 – Codominante; 3 – Dominada
Fenofase	Categórica	0 - Sem frutos ou flores; 1 - Frutificando; 2 - Florindo
Cavidades (ocorrência)	Categórica	1- Base; 2 - Base ao DAP 1,30; 3 - DAP 1,30 à 1º ramificação; 4 - sem cavidades
Epífitas (ocorrência)	Categórica	0 - Sem epífita; 1 - Isolada na copa; 2 - Agrupadas na copa (mais de um indivíduo); 3 - Isolada no fuste; 4 Agrupada no fuste
Tipos de base¹	Categórica	A - Sapopemas largas; B - Sapopemas estreitas; C - Sapopemas em arcos; D - Raízes visíveis na superfície; E - Base digitada; N - Nenhuma
Fungos	Categórica	0 - Sem fungos; 1 - Poucos na base; 2 - Poucos na parcela circular; 3 - Moderados na base; 4 - Moderados na parcela circular; 5 - Muitos na base; 6 - Muitos na parcela circular
Levantamento sobre a fauna	Nominal	Tipo de fauna; Observação Direta; Observação indireta

1: Conforme descrito por Martins-da-Silva, *et al.*, 2014.

Para essa avaliação foram estabelecidas parcelas circulares, com o diâmetro proposto de 12 m e com centro na base da árvore, mas também foi adotado o diâmetro de 18 m, pois existem copas mais extensas (geralmente diâmetro da copa – Dc, mais acima de 18 m). Foi estabelecido o valor de 2 m de diâmetro tomando o tronco como centro, como a área para avaliação da base, onde coletaram-se as variáveis de tipos de bases, cavidades e levantamento de fauna. Com auxílio da trena no chão da floresta na direção dos pontos cardeais foram estabelecidas, utilizando trenas menores, 3 sub parcelas de diâmetro 2 m para contagem de número de árvores de $5 \text{ cm} \geq \text{DAP} \geq 10 \text{ cm}$, conforme esquema apresentado na Figura 8.

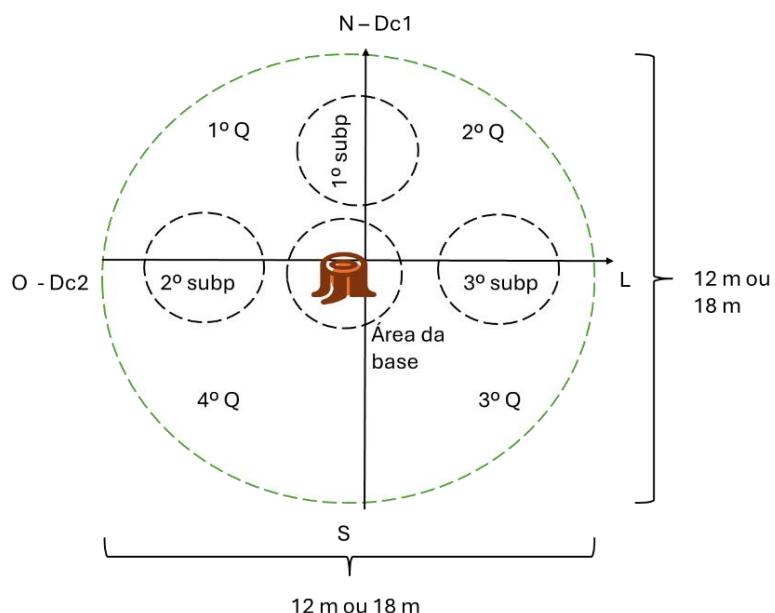


Figura 7. Esquema de alocação da parcela circular fixa em 12 m ou 18 m, apresentando os quadrantes e indicando o sentido dos diâmetros da copa (Dc) 1 e 2, tendo como referência central, o tronco da árvore.



Figura 8. Trenas sobrepostas tomando como centro o tronco da árvore grande, como indica a seta vermelha na imagem. a) Delimitação para medida da copa e demarcação da área fixa da parcela circular; b) Delimitação da área da subparcela, sobrepondo outra trena para a demarcação do raio de 2 m. Fonte: autora.



Figura 9. Metodologia aplicada em parcela circular adotando o toco/base decorrente da exploração como centro.

Em cada quadrante foi realizada a medida de fechamento do dossel, posicionando o densíômetro esférico (Figura 11) na direção dos pontos cardeais. Esta metodologia também foi aplicada em transectos de 30 m, distribuídos de forma aleatória nas parcelas, como mostra o exemplo na Figura 12, e as medidas foram tomadas nos marcos 10 m, 20 m e 30 m de cada um, para estimar o fechamento do dossel nas parcelas permanentes visitadas.



Figura 10. Equipamento denominado densímetro esférico, utilizado para obter a estimativa do fechamento do dossel. Fonte: autora.

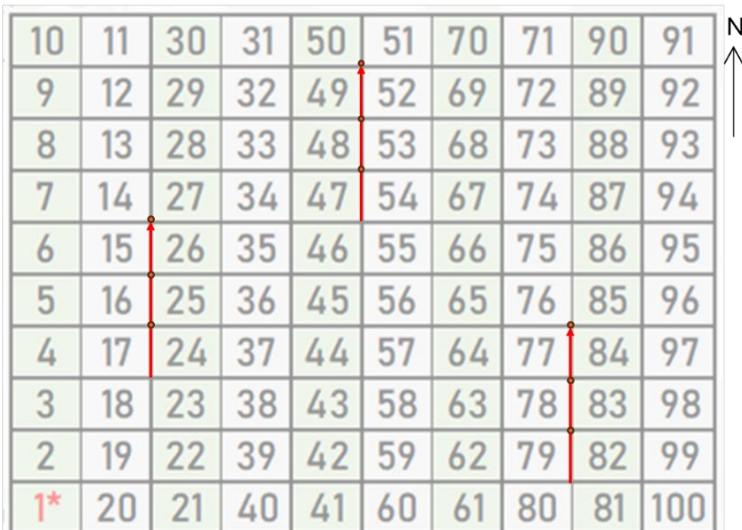


Figura 11. Representação esquemática da instalação dos transects distribuídos aleatoriamente na parcela seguindo o Norte dela, conforme as setas vermelhas indicam e os pontos sobrepostos na seta indicam as leituras tomadas no densímetro. Fonte: autora.

As demais variáveis a respeito das cavidades, fungos, epífitas, levantamento sobre a fauna, posição sociológica, raízes expostas e fase fenológica, foram coletadas nas parcelas circulares sob a copa de cada árvore analisada (de 12 m e 18 m).

Algumas destas variáveis coletadas basearam-se nas seguintes estratégias para a tomada de decisões:

- As epífitas foram avaliadas ao longo do tronco das árvores grandes e nos primeiros ramos da copa.
- Os fungos foram classificados quanto a densidade de sua ocorrência considerando: a cobertura até 25% diante da pouca quantidade deles; já a cobertura de 25% a 75% pela cobertura moderada; e a cobertura de 75% a 100% grande quantidade de fungos.
- Quanto a fauna verificou-se a presença/visualização do (s) animal (is) ou vestígios de fauna no solo, no tronco, e aos redores das árvores grandes, além da observação de possíveis habitats (observação direta e observação indireta, respectivamente). Sempre que possível foi correspondida a característica com os tipos de fauna: mastofauna, avifauna, herpetofauna e invertebrados.

Com as variáveis foi possível compor demonstração das funções ecológicas que as árvores grandes exercem na floresta (Lindenmayer e Laurance, 2016; Lindenmayer, 2017).

6. Resultados

6.1. A floresta e as árvores grandes antes da exploração

O conjunto de árvores grandes nas 41 parcelas antes da exploração era composto por 31 famílias, distribuídas entre 70 gêneros, compreendendo 100 espécies, sendo que 31 dessas eram espécies comerciais, conforme a lista de espécies comerciais utilizada em 1996 pela empresa Mil Madeiras, em acordo com a demanda do mercado madeireiro à época. Já a floresta toda era composta por 50 famílias, distribuídas em 129 gêneros, por sua vez distribuídos em 214 espécies, e dessas, 33 eram comerciais.

A família com mais abundante na floresta era a Sapotaceae, conforme Figura 12, e isso prevaleceu para o grupo de árvores grandes e comerciais.

Distribuição das Famílias - Antes da exploração

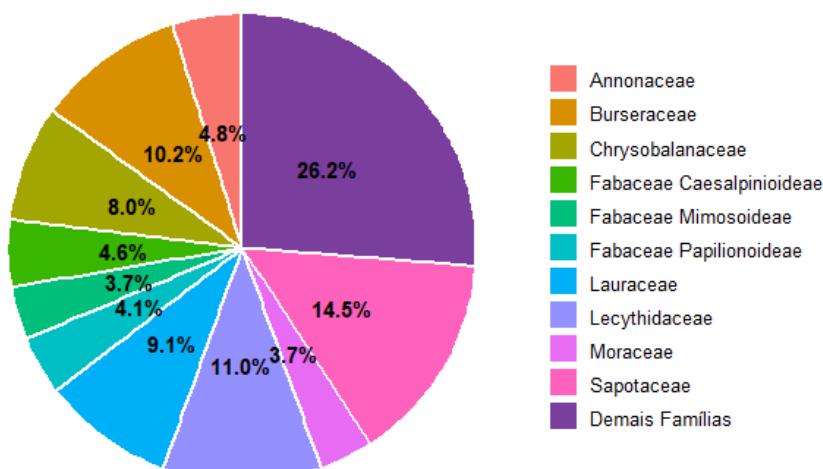


Figura 12. Famílias mais abundantes na floresta inventariada antes da exploração.

A espécie de árvore grande comercial com maior densidade (indivíduos.ha⁻¹) antes da exploração era a *Lecythis prancei* S.A. Mori (castanharana) da família Lecythidaceae, que possui crescimento lento, é tolerante à sombra, encontrada geralmente no sub-bosque, ela era a espécie mais frequente de árvore grande, considerando as parcelas permanentes de cada UPA, (Mori, 2001; Amaral *et al.*, 2009; Lira, 2011).

Nesta esteira, todos os indivíduos da espécie comercial *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. (pequiarana) eram árvores grandes, conforme Tabela 2. Ela é conhecida comumente como piquiá e é atraente ao mercado madeireiro pela qualidade da madeira, além disso é importante do ponto de vista ecológico devido a produção de frutos abundante e o grande porte que é também abrigo de fauna (Martins e Gribel, 2007).

Tabela 2. Composição da floresta antes da exploração quanto ao número de espécies comerciais, destacando a representatividade de árvores grandes nesse conjunto.

Espécies comerciais	Número de árvores	% AG de espécies comerciais
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	3	100,0%
<i>Qualea paraensis</i> Ducke	11	63,6%
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	9	55,6%
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.	49	49,0%
<i>Brosimum potabile</i> Ducke	19	42,1%
<i>Cariniana micrantha</i> Ducke	22	40,9%
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	30	40,0%
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	10	40,0%
<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	35	37,1%
<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.	34	32,4%
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	40	30,0%
<i>Hymenaea courbaril</i> L. var. <i>stibocarpa</i> (Hayne)	7	28,6%
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	67	28,4%
<i>Aniba ferrea</i> Kubitzki	4	25,0%
<i>Diplotropis triloba</i> Gleason	10	20,0%
<i>Roupala montana</i> Aubl. var. <i>montana</i>	11	18,2%
<i>Peltogyne catingae</i> Ducke	17	17,6%
<i>Brosimum parinariooides</i> Ducke	40	15,0%
<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.	127	14,2%
<i>Couratari stellata</i> A.C. Sm.	8	12,5%
<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	55	10,9%
<i>Brosimum rubescens</i> Taubert	52	9,6%
<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth. ex Müll. Arg.	41	7,3%
<i>Anacardium giganteum</i> W. Hancock ex Engl.	31	6,5%
<i>Lecythis prancei</i> S.A. Mori	439	6,2%
<i>Ecclinusa bacuri</i> Aubrév. & Pellegr.	200	6,0%
<i>Licaria chrysophylla</i> (Meisn.) Kosterm.	127	5,5%
<i>Iryanthera grandis</i> Ducke	78	5,1%
<i>Pouteria guianensis</i> Aubl	383	3,9%
<i>Scleronema micranthum</i> Ducke	254	1,2%

Qualea paraensis Ducke (mandioqueira) (mandioqueira) e *Dinizia excelsa* Ducke (angelim-vermelho) eram outras espécies comerciais importantes para o mercado madeireiro e que antes da exploração possuíam a maioria dos seus indivíduos como árvores grandes (Silva

et al., 2021; Iwakiri et al., 2016). A espécie *Dipteryx odorata* (cumaru), que possuía 40% dos seus indivíduos no grupo de árvores grandes antes da exploração, recentemente foi incluída na lista CITES/IBAMA, podendo ser explorada apenas diante de critérios de manejo específicos, definidos na Instrução Normativa nº 01/2023 do IBAMA (Brasil, 2023).

Em relação a diversidade das espécies da floresta antes da exploração (anos diferentes) obteve-se, considerando a distribuição dos indivíduos na amostra, o índice de Shannon-Weaver (H'), cujos valores estão descritos na Tabela 3, foi mais alto para as UPAs B e D. Obtendo o mesmo índice Correa e Freitas (2022) ao analisarem dados de censos florestais realizados em áreas (de 12 a 14 ha) de manejo florestal em pequena escala na região da Amazônia Central, verificaram valores de $H' \geq 3$, sugerindo alta diversidade de espécies na maior parte das áreas inventariadas.

Os índices de Simpson, obtidos para as UPAs foram mais próximos de 1, sugerindo alta diversidade (Salomão et al., 2012; Ziembowicz et al., 2025). Os valores encontrados para o índice de Equabilidade de Pielou (E), que expressa o grau de uniformidade na distribuição dos indivíduos entre as espécies, foram próximos de 1, indicando que, antes da exploração, a floresta apresentava alta equabilidade (Gonçalves et al., 2008; Lameira, 2023).

Tabela 3. Índices de diversidade referente à floresta inventariada nas UPAs antes da exploração, considerando as árvores com DAP ≥ 15 cm.

UPA	Simpson	Shannon (H')	Riqueza	Pielou (E)
B	0,971	4,08	153	0,81
C	0,969	3,97	147	0,8
D	0,972	4,09	149	0,82

As métricas referentes a estrutura da floresta antes da exploração estão descritas na Tabela 4. Verifica-se que as árvores grandes representaram pequena parte do número de árvores na floresta, ao considerar as 41 parcelas, o número de árvores foi estimado em 300,2 indivíduos.ha⁻¹, e elas representam apenas 5,4% desse total de indivíduos.

Souza (2014) estimou para a mesma área e por UPA e obteve cerca de 297,6 indivíduos.ha⁻¹ antes da exploração. Lima (2010) ao compor estudo sobre o estoque de madeira e carbono através de alometria para o Estado do Amazonas, estimou em 505 ($\pm 52,4$ – IC 95%) o número de árvores por hectare, utilizando para composição dos modelos árvores com DAP ≥ 10 cm. Silva et al. (2015) ao estudarem a dinâmica da floresta em 15 parcelas permanentes, em floresta densa de terra firme no Rio Preto da Eva/AM, e adotando o DAP ≥ 10 cm, verificaram intervalo de 497 a 688 indivíduos arbóreos por hectare.

Tabela 4. Métricas de número de árvores (NA), área basal (G), estoque de volume (V) e biomassa (B) antes da exploração, considerando as UPAs e estabelecendo os limites calculados pela média somada ao intervalo de confiança 95%.

Métricas	UPA B (1996)	UPA C (1997)	UPA D (1998)	Média
NA (na.ha^{-1})	299,5 ($\pm 22,3$)	325,54 ($\pm 31,4$)	275,57 ($\pm 21,4$)	300,20 ($\pm 25,0$)
G ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	27 ($\pm 3,1$)	25,06 ($\pm 3,2$)	27,89 ($\pm 2,1$)	26,65 ($\pm 1,4$)
V ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	402,21 ($\pm 46,3$)	373,39 (± 47)	415,48 ($\pm 31,7$)	397,03 ($\pm 21,5$)
B (t.ha^{-1})	344,12 ($\pm 37,6$)	322,83 ($\pm 37,7$)	351,56 ($\pm 24,4$)	339,50 ($\pm 14,9$)

A representação das árvores grandes, quanto ao número de árvores na floresta, também pode ser observada na distribuição por classe de diâmetro. Considerando o DAP ≥ 15 cm e centros de classe definidos em intervalos de 10 cm, antes da exploração, a Figura 13 demonstra que a maior parte dos indivíduos pertencia às menores classes de diâmetro, conforme visto em estudos feitos na região amazônica como em Santos *et al.* (2016) e de Andrade *et al.* (2017).

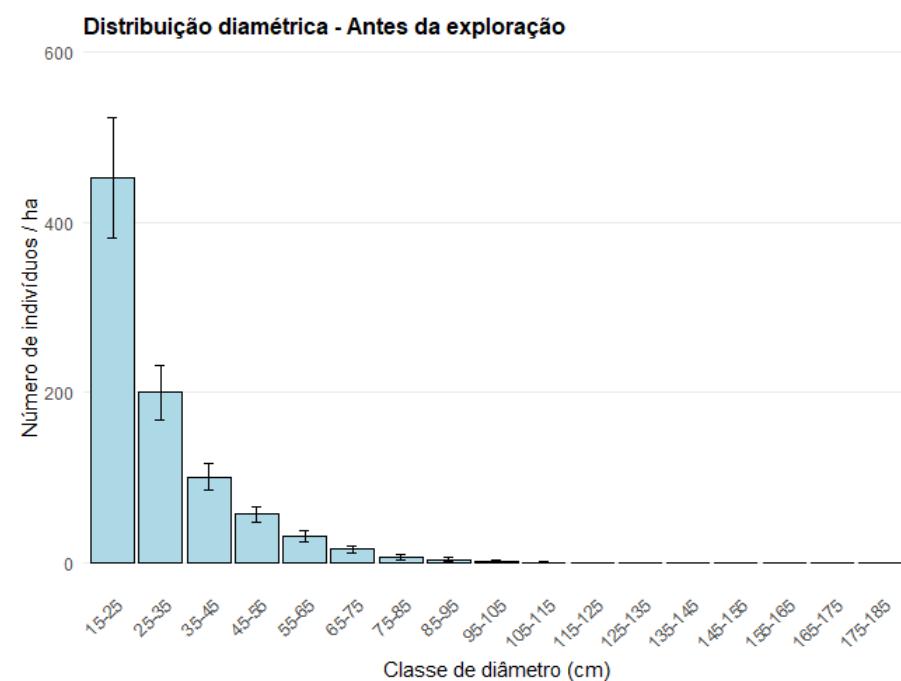


Figura 13. Distribuição diamétrica dos indivíduos das 41 parcelas permanentes na área manejada pela empresa Mil Madeiras, antes da exploração florestal (n = 12283).

A área basal da floresta, nas 41 parcelas permanentes antes da exploração foi quantificada em $26,7 (\pm 1,4) \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ e, avaliando a média entre as UPAs, verifica-se que a estimativa de área basal média corrobora, conforme Tabela 4, com valores encontrados por Souza (2014), que estimou para a mesma área e mesmos dados até o ano de 2014, o valor médio de $26,4 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$. Higuchi (2015) ao quantificar a área basal de diferentes áreas de floresta no Amazonas, incluindo a área manejada pela Mil Madeiras encontrou média $25,7 (\pm 1) \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$.

O estoque médio em volume total nas UPAs era de $397,03 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ considerando os valores antes da exploração realizada em cada, conforme Tabela 4. Ao estudarem a dinâmica da floresta, Souza, C. *et al.* (2012) analisaram dados de três inventários da Floresta Experimental da Embrapa, localizada próxima a Manaus, e estimaram que no ano de 2010 o volume da floresta primária era de $360,67 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, ao adotar $\text{DAP} \geq 10 \text{ cm}$.

Corroborando com estes valores, Souza, M. (2014) ao estimar o volume na área manejada pela Mil Madeiras, estimou por UPA o volume da floresta antes da exploração, que resultou em $393,63 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, para o $\text{DAP} \geq 15 \text{ cm}$, e o estoque de volume comercial ($\text{DAP} \geq 15 \text{ cm}$) médio nas UPAs, era de $137,81 (\pm 58,5) \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$. Higuchi (2015) ao quantificar o volume de diferentes áreas de florestas no Amazonas encontrou a média, para o Estado, de $20,3 (\pm 5,3) \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, considerando as árvores com $\text{DAP} \geq 50 \text{ cm}$, sendo a lista de espécies comerciais de acordo com a demanda do mercado naquele ano também utilizada pela empresa Mil Madeiras.

No presente estudo foi estimado o estoque de volume comercial do conjunto de árvores passíveis de exploração, ou seja, indivíduos com $\text{DAP} \geq 50 \text{ cm}$ para árvores com classes de qualidade de fuste classificada em 1 ou 2. Desse conjunto, as árvores grandes representam a maior parte, cerca de 73% do estoque de volume das árvores comerciais, que era em média $62,55 (\pm 25,4) \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ antes da exploração. A UPA D possuía maior percentual de árvores grandes contribuindo com o estoque de volume comercial, bem como área basal e biomassa, como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5. Representatividade das árvores grandes em relação ao total de indivíduos na floresta, tanto no contexto comercial quanto não comercial antes da exploração.

Métricas	UPA B			
	NA ($\text{n}.\text{ha}^{-1}$)	G ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$)	V ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	B (t. ha^{-1})
% AG em relação ao Total	5,9%	29,3%	29,3%	27,2%
Árvores comerciais ($\text{DAP} \geq 50 \text{ cm}$)	$11,07 (\pm 4,0)$	$3,94 (\pm 1,5)$	$58,66 (\pm 22,8)$	$47,16 (\pm 18,2)$
% AG em relação a comerciais	56,8%	71,4%	71,4%	70,8%
% AG em relação a não comerciais	4,3%	23,8%	23,8%	22,5%

UPA C

% AG em relação ao Total	3,4%	21,6%	21,6%	19,7%
Árvores comerciais (DAP \geq 50 cm)	7,23 (\pm 3,4)	2,64 (\pm 1,5)	39,28 (\pm 22,1)	31,44 (\pm 17,4)
% AG em relação a comerciais	44,7%	64,5%	64,5%	63,6%
% AG em relação a não comerciais	2,8%	19,5%	19,5%	18,2%
UPA D				
% AG em relação ao Total	7,2%	35,6%	35,6%	33,3%
Árvores comerciais (DAP \geq 50 cm)	14,00 (\pm 5,9)	6,03 (\pm 2,4)	89,70 (\pm 35,2)	71,17 (\pm 27,9)
% AG em relação a comerciais	59,2%	77,8%	77,8%	77,1%
% AG em relação a não comerciais	6,1%	30,2%	30,2%	28,8%

Número de árvores (NA), área basal (G), estoque de volume (V) e biomassa (B)

As árvores grandes contribuíram em média com 26,9% da biomassa seca acima do solo da floresta (total de 339 t.ha⁻¹), conforme valores obtidos na Tabela 5. Próxima a essa estimativa de biomassa, mas objetivando estimar o carbono, Vasconcelos (2015), utilizando a equação de Silva (2007), estimou que na área manejada pela Mil Madeiras, o estoque de biomassa em cerca de 310,9 t.ha⁻¹ no ano de 2014, enquanto no ano de 1996 o estoque equivalia a 330,9 t.ha⁻¹.

Para floresta manejada na Amazônia Oriental, Sist *et al.* (2014) constataram, com dados de parcelas permanentes, que as árvores grandes representavam 49% da biomassa acima do solo da floresta. Contrastante a este resultado, Schiatti *et al.* (2016) ao investigarem relações entre as variáveis estruturais da floresta, biomassa, gradientes ambientais de perturbação e sazonalidade, em 55 parcelas ao longo de transecto de 600 km na Amazônia Central, verificaram que as árvores grandes (DAP \geq 70 cm) representaram em média 5% da biomassa acima do solo total da floresta, ressaltando o gradiente de perturbação dela.

6.2. A exploração e árvores grandes nas UPAs

As árvores exploradas nos anos de 1996 a 1998, ou seja, aquelas com CIF = 8 (tocos da exploração), foram encontradas em 37 parcelas permanentes, considerando as 3 UPAs. Nelas, ao abranger apenas o DAP \geq 50 cm das árvores comerciais exploradas, no total foram 158 indivíduos, resultando na média de 4,3 (\pm 2,7) indivíduos.ha⁻¹, 2 (\pm 1,28) m².ha⁻¹ de área basal, 29,5 (\pm 19,1) m³.ha⁻¹ de volume comercial e 23,4 (\pm 15,1) t.ha⁻¹ de biomassa seca acima do solo.

Contudo, a exploração contou ainda com a espécie *Minquartia guianensis* (acariquara), considerando classes menores que 50 cm, resultando com elas no total de 201 indivíduos explorados, intensidade de exploração de 4,8 (\pm 2,6) indivíduos.ha⁻¹, volume comercial 27,52 (\pm 12,8) m³.ha⁻¹, 1,85 (\pm 0,9) m².ha⁻¹ de área basal e 21,9 (\pm 10,3) t.ha⁻¹, conforme é descrito por

UPA na Tabela 6. Ela foi a espécie mais explorada e a partir do, devido a finalidade comercial para poste de iluminação elétrica e na construção civil à época (Camargo e Ferraz, 2004).

Tabela 6. Métricas de número de árvores (NA), área basal (G), volume (V) e biomassa (B) e contribuição do conjunto de árvores para com elas antes da exploração nas respectivas UPAs.

Métricas	UPA B	% do total de AG	% Total geral na UPA
NA (n.ha ⁻¹)	7,50 ($\pm 3,5$)	63,8%	2,5%
G (m ² . ha ⁻¹)	2,68 ($\pm 1,4$)	84,9%	9,9%
V (m ³ .ha ⁻¹)	39,87 ($\pm 20,9$)	85,0%	9,9%
B (t. ha ⁻¹)	31,92 ($\pm 16,6$)	84,1%	9,3%
UPA C		% do total de AG	% Total geral na UPA
NA (n.ha ⁻¹)	2,23 ($\pm 1,7$)	55,2%	0,7%
G (m ² . ha ⁻¹)	0,96 ($\pm 0,9$)	83,3%	3,8%
V (m ³ .ha ⁻¹)	14,34 ($\pm 13,4$)	83,0%	3,8%
B (t. ha ⁻¹)	11,26 ($\pm 10,2$)	81,8%	3,5%
UPA D		% do total de AG	% Total geral da UPA
NA (n.ha ⁻¹)	4,79 ($\pm 2,6$)	62,6%	1,7%
G (m ² . ha ⁻¹)	1,90 ($\pm 1,3$)	87,4%	6,8%
V (m ³ .ha ⁻¹)	28,35 ($\pm 18,9$)	87,2%	6,8%
B (t. ha ⁻¹)	22,48 ($\pm 14,8$)	86,4%	6,4%

Número de árvores (NA), área basal (G), estoque de volume (V) e biomassa (B)

Analisando a amplitude entre o volume explorado nas parcelas foi possível verificar que na UPA B as 14 parcelas que continham árvores exploradas tiveram volume comercial variando entre 8,11 m³ a 70,55 m³ em cada hectare; na UPA C das 13 parcelas instaladas apenas 10 continham árvores exploradas, apesar de haver mais de 3 árvores comerciais (DAP \geq 50 cm) nas parcelas onde não houve árvore CIF = 8 encontrada, assim, o volume comercial variou entre 4,47 m³ a 46,81 m³ por hectare; na UPA D as 13 parcelas que continham árvores comerciais tiveram o volume comercial variando entre 7,83 m³ a 69,14 m³ por hectare.

A espécie *Manilkara huberi* (maçaranduba) foi a mais explorada seguida da *Minquartia guianensis* (acariquara), ela possui madeira pesada e resistente, é considerada climáx, exigente de luz e dispersão zoocórica (Fonseca, *et al.*, 2002; Costa *et al.*, 2007; Dionisio *et al.*, 2020). No contexto das árvores grandes, ela foi a espécie mais explorada, tanto na UPA C quanto na UPA D.

Ainda na Tabela 6 é possível perceber que em todas as UPAs as árvores grandes representam mais de 80% das árvores exploradas rastreadas nas parcelas inventariadas, em média 85%, destacando que na UPA D as árvores grandes têm maior representatividade em área basal e volume.

A maior quantidade de indivíduos arbóreos explorados pertence à família Sapotaceae, que abriga espécies dominantes na Amazônia, sendo ainda importante no setor comercial madeireiro (Reis *et al.*, 2014).

Quanto avaliação dos impactos causados pelo abate das árvores, foi obtida a mortalidade de árvores devido à exploração, utilizando a Classe 6 de Identificação do Fuste (CIF), conforme Silva (2007), descontando diretamente dessa forma o quantitativo explorado que correspondeu neste estudo ao CIF = 8. Foram consideradas as medidas mais próximas após a exploração em cada UPA, buscando destacar o imediato cenário pós exploratório. Ainda nesta esteira, também foram rastreados os danos leves e severos decorrentes da exploração, na UPA C existe o maior percentual de árvores grandes que sofreram danos registrados decorrentes da exploração (15,4% do número total de árvores exploradas por hectare e 47,4% do volume total explorado por hectare).

Tabela 7. Métricas das árvores mortas pela exploração, rastreadas pelo CIF (Classe de Identificação do Fuste) = 6, na UPA B, destacando métricas antes da exploração e a representatividade das árvores grandes (AG) no conjunto total, além das que sofreram danos, considerando dados logo após a exploração (E+2 – UPA B; E+3 – UPA D; E+4 – UPA C). O mesmo contexto é aplicado para as árvores que sofreram danos leves e severos decorrentes da exploração.

Árvores mortas pela exploração						
UPA	NA ($n.ha^{-1}$)	% AG	G ($m^2.ha^{-1}$)	% AG	V ($m^3.ha^{-1}$)	% AG
B	33,86 ($\pm 9,6$)	1,90%	2,13 ($\pm 0,7$)	12,10%	31,76 ($\pm 10,6$)	12%
C	34,15 ($\pm 20,2$)	2,30%	2,36 ($\pm 1,5$)	14,80%	35,11 ($\pm 23,0$)	14,80%
D	39,71 ($\pm 16,0$)	6,50%	3,45 ($\pm 1,7$)	35,20%	51,37 ($\pm 25,0$)	35,10%
Danos leves e severos pela exploração						
B	10,43 ($\pm 14,0$)	4,80%	0,77 ($\pm 1,2$)	20,3%	11,44 ($\pm 17,6$)	20,3%
C	1,00 ($\pm 1,8$)	15,4%	0,10 ($\pm 0,2$)	47,4%	1,51 ($\pm 2,4$)	47,4%
D	1,43 ($\pm 1,1$)	5,0%	0,13 ($\pm 0,1$)	20,7%	1,98 ($\pm 1,9$)	20,7%

Número de árvores (NA), área basal (G), estoque de volume (V) e biomassa (B)

De modo geral além dos indivíduos abatidos, a exploração gerou redução de 12,1% no número de árvores grandes em relação ao total da floresta anterior à exploração. As árvores grandes, em média, representaram 3,6% do número de árvores mortas pela exploração, o que significou a redução de sua área basal em cerca de 20,7%. Já para as árvores que sofreram danos leves e/ou severos, as árvores grandes representaram 8,4% desse número de árvores e 29,5% da área basal e do volume, conforme apresentado na Tabela 7.

Também é possível verificar que as árvores mortas pela exploração não chegam a representar 40% do valor total, então as árvores menores ocupam maior parte do conjunto de árvores que morreram por conta da exploração, sendo possível verificar também pelo gráfico exposto na Figura 12.

Proporção de árvores mortas pela exploração

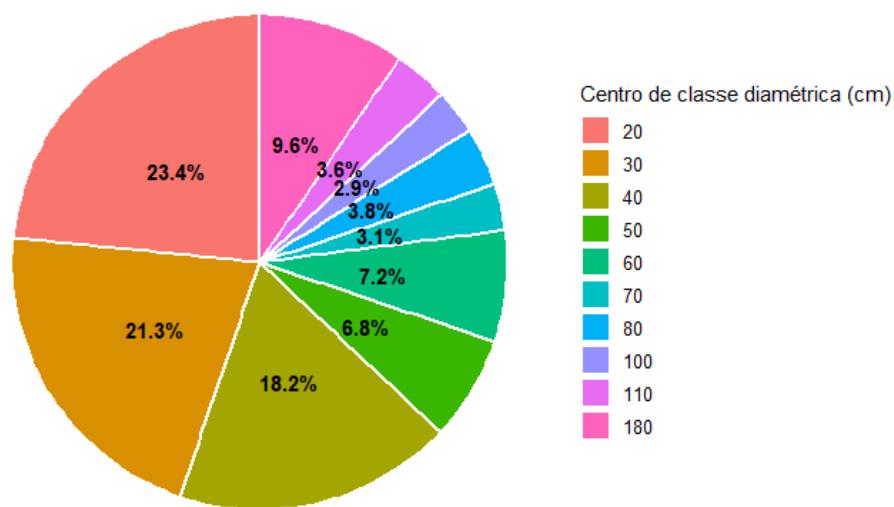


Figura 14. Gráfico de porcentagens de volume das árvores mortas por conta da exploração distribuídos nos centros de classe diamétrica. As 3 menores classes sofreram maior mortalidade por causa da exploração.

Também se ressalta o conjunto das três árvores de maiores DAP, exploradas nas UPAs, registradas antes da exploração, conforme Tabela 8 apresenta. Todas essas espécies possuem importância ecológica para a fauna pela produção de frutos comestíveis, utilizados na culinária local como o caso de *Caryocar villosum* (pequiá), que é considerada secundária inicial (plantas da amazônia) (Mori, 2001; Martins *et al.*, 2007); da espécie *Cariniana micrantha* (tauari-vermelho) pioneira de longa vida, ainda que dispersa pelo vento sofre predação de seus frutos proteicos por mastofauna (Camargo *et al.*, 2003); e de *Sextonia rubra* (louro-gamela), que também produz frutos que podem ser comestíveis (Braz *et al.*, 2017).

Tabela 8. Resumo das maiores árvores exploradas registradas nas UPAs antes da exploração, bem como suas métricas de volume e biomassa.

UPA	Família	Espécie	DAP (cm)	Volume (m ³)	Biomassa (t)
B	Caryocaraceae	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	133,6	20,8552	15,5466
C	Lauraceae	<i>Sextonia rubra</i> (Mez) Van der Werff	136	21,6107	16,075
D	Lecythidaceae	<i>Cariniana micrantha</i> Ducke	140,5	23,0635	17,0881

6.3. Floresta remanescente e as árvores grandes

A medição das parcelas permanentes logo após a exploração também serve para revelar o estado e condições da floresta remanescente para o período de pousio ou recuperação. Nas UPAs C e D, a floresta remanescente foi medida com a diferença de 4 e 3 anos após a exploração, respectivamente. A UPA B foi medida 2 anos após a sua exploração, ocorrida em 1996.

Diante disso, na Tabela 9 é apresentado o retrato da floresta após a exploração, considerando os diferentes períodos de medições, portanto, a floresta remanescente foi o ponto de partida para avaliação das métricas durante a recuperação até a medição mais próxima do próximo ciclo de corte.

Tabela 9. Métricas em relação às primeiras medições após a exploração da floresta, destacando ainda percentuais de redução observados na floresta antes da exploração.

UPA	Medição	Período desde exploração	NA (n.ha ⁻¹)	G (m ² . ha ⁻¹)	V (m ³ .ha ⁻¹)	B (t. ha ⁻¹)
B	E+2	1996-1998	257,21 ($\pm 25,6$)	22,54 ($\pm 2,3$)	335,86 ($\pm 34,3$)	281,97 ($\pm 28,0$)
D	E+3	1998-2001	240,43 ($\pm 28,4$)	24,04 ($\pm 2,2$)	358,14 ($\pm 33,4$)	298,25 ($\pm 26,8$)
C	E+4	1997-2001	288,62 ($\pm 31,4$)	22,57 ($\pm 2,9$)	336,30 ($\pm 43,6$)	284,05 ($\pm 35,3$)
% Redução ao cenário pré-exploratório						
UPA	Medição	Período desde exploração	% NA	% G	% V	% B
B	E+2	1996-1998	14,1%	16,5%	16,5%	18,1%
D	E+3	1998-2001	12,8%	13,8%	13,8%	15,2%
C	E+4	1997-2001	11,3%	9,9%	9,9%	12,0%

Número de árvores (NA), área basal (G), estoque de volume (V) e biomassa seca acima do solo (B)

Então foi possível verificar que a floresta remanescente inventariada na UPA B, no período de 2 anos após a exploração, teve a redução de 16,5%, da área basal quando comparada ao cenário anterior, sendo a maior redução dentre as demais e corresponde ao mesmo valor de redução para o volume da floresta. No estoque de volume comercial de árvores de DAP ≥ 50 cm foi possível observar redução média de 49,6% do estoque anterior.

Ao aplicarem tratamentos de colheita em experimento de manejo Vidal *et al.* (2002) avaliaram o crescimento em DAP da floresta remanescente, a partir do levantamento de dados nas áreas, e verificaram que a redução da área basal a partir das práticas planejadas de manejo foi 17% em relação ao cenário anterior, considerando 105 ha colhidos. Já Lima *et al.*, 2021, estabeleceram 26 parcelas em 3 UPAs de áreas diferentes e manejadas a diferentes intensidades

de cortes, que variaram de $12,17 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ a $15,68 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, verificaram que a redução da área basal considerando a primeira medição após a exploração variou de 3% a 15%.

Para destacar a floresta remanescente foi realizado balanço da exploração, considerando a área basal, médios para as UPAs, em cada ocasião, que é apresentada no gráfico da Figura 13. Os valores abaixo do eixo 0 foram plotados para representarem os saldos de saída na estrutura da floresta. Assim, foi possível verificar que a redução de área basal das árvores mortas pela exploração foi maior que a redução da exploração.

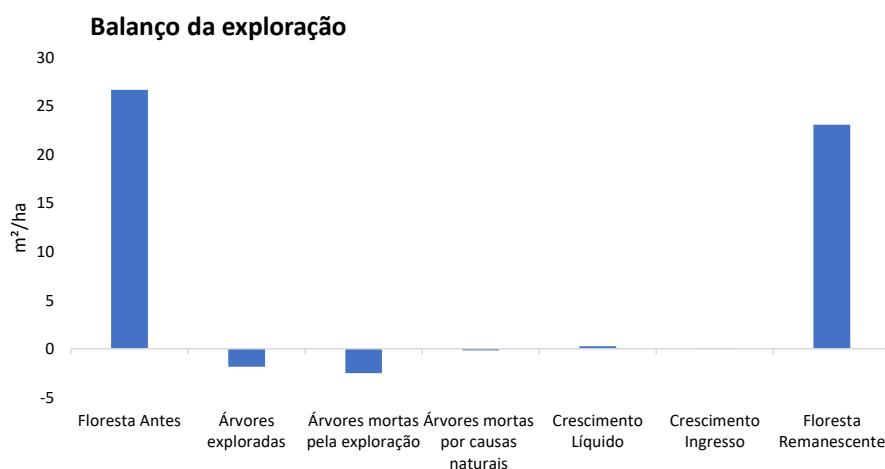


Figura 15. Gráfico referente ao balanço da exploração, considerando a área basal média entre as UPAs nas ocasiões desde a instalação e medição das parcelas permanentes até a primeira medição após a exploração.

Ao monitorarem a floresta submetida a experimento de manejo florestal, em área de terra firme na Amazônia Oriental, Vidal *et al.* (2002) verificaram que de forma geral, a área basal da floresta reduz cerca de 17% logo após a exploração, sendo que a redução mais brusca ocorre em florestas onde a colheita foi conduzida sem manejo, e em três anos consecutivos após a exploração o crescimento em área basal foi duas vezes maior na área onde houve manejo em comparação com a área onde ele não foi realizado.

6.4. Dinâmica de recuperação da floresta e as árvores grandes

Neste tópico é apresentada a análise dos dados das medições durante o período de pousio da floresta. Assim, avaliando a dinâmica da floresta nos intervalos entre as medições, foi possível obter o crescimento dela, a partir do Incremento Periódico Anual em volume (m³). Como apresenta a Tabela 10, o maior valor que indica o maior crescimento da floresta, foi

verificado na UPA B, logo após a exploração (1,4 anos após a exploração), provavelmente pela súbita abertura de clareiras, já que as árvores grandes contribuíram apenas 23% com esse crescimento, sendo ele mais expressivo nas classes diamétricas menores (DAP < 60 cm) conforme a Figura 16.

Na UPA C nota-se que as árvores grandes contribuem mais com o crescimento no intervalo entre as últimas medições, e na UPA D, a contribuição delas mais expressiva foi no intervalo de 2001 a 2014. Mas de modo geral, as árvores grandes continuam contribuindo com o crescimento da floresta durante o pousio.

Tabela 10. Incremento Período Anual em volume ($m^3/ha/ano$) nos períodos de medição em cada UPA, considerando os diferentes intervalos, e destacando a contribuição das árvores grandes com o crescimento da floresta.

UPA	Período	Crescimento ($m^3/ha\ ano^{-1}$)	% AG
B	98-96	5,47 ($\pm 1,4$)	28,90%
	98-01	4,45 ($\pm 0,9$)	13,90%
	14-Jan	4,50 ($\pm 0,8$)	28,40%
	14-19	3,60 ($\pm 1,5$)	34,40%
<u>Média ± desvio padrão</u>		4,51 ($\pm 0,8$)	
C	97-01	3,35 ($\pm 1,4$)	10,10%
	14-Jan	4,02 ($\pm 1,5$)	16,20%
	14-20	4,10 ($\pm 2,1$)	34,40%
<u>3,82 ($\pm 0,4$)</u>			
D	98-01	5,22 ($\pm 0,7$)	16,90%
	14-Jan	4,64 ($\pm 0,6$)	27,60%
	14-19	3,35 ($\pm 0,6$)	25,10%
<u>4,40 ($\pm 1,0$)</u>			

De modo geral, os valores de incremento periódico anual são próximos aos obtidos por outros autores. Avaliando as métricas antes e após a exploração em 16 parcelas permanentes instaladas em duas UPAs, em área florestal de Belterra, PA, Baumann *et al.* (2022), verificaram o incremento periódico anual de 4,3 $m^3/ha/ano$, considerando a medida um ano após a exploração. Ao analisarem dados de três inventários florestais, em 15 parcelas permanentes em área de floresta primária na Fazenda Experimental da Embrapa no Amazonas, Souza *et al.* (2012), obtiveram Incremento Periódico Anual de 4,32 $m^3/ha/ano$ no primeiro intervalo de medição e no segundo já encontraram valor menor, de 1,3 $m^3/ha/ano$.

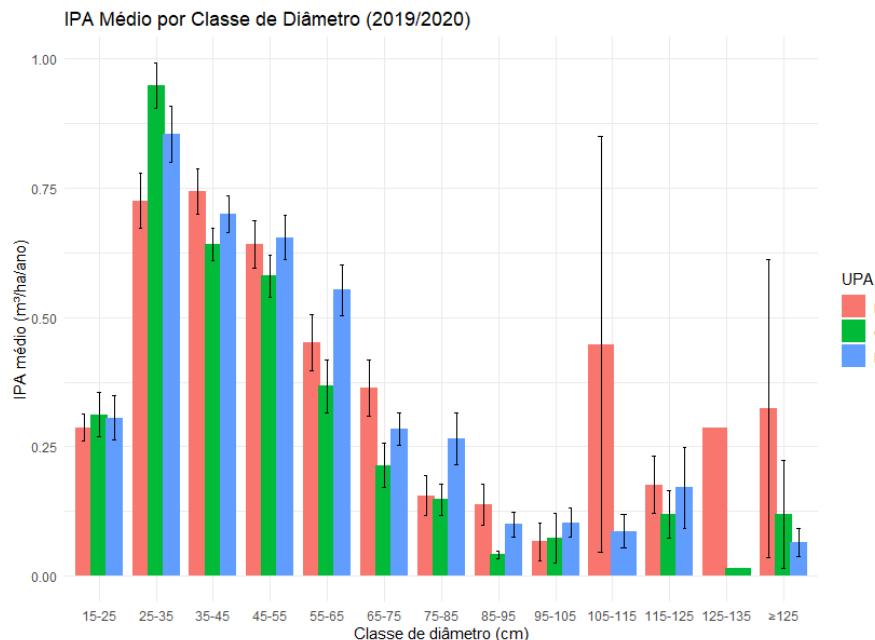


Figura 16. Incremento Periódico Anual médio considerando os IPAs dos anos decorrentes em cada UPA, considerando o cumulativo nas classes de diâmetro referente ao último ano de medição (2019/2020).

Quanto ao ingresso de novas árvores na floresta (recrutamento), foram obtidas as taxas de ingresso anual, considerando cada ano de medição, em cada UPA, conforme a Tabela 11 apresenta. Em todas as UPAs houve maior ingresso anual no intervalo de anos de 2001 a 2014. O ingresso anual foi em média de $4,5 (\pm 3,0)$ indivíduos.ha $^{-1}$.ano $^{-1}$, a uma taxa de ingresso de 1,8 %.ano $^{-1}$ na UPA B, considerando o período de 23 anos após a exploração; semelhante aos valores e neste mesmo período a UPA C teve ingresso $4,5 (\pm 3,3)$ indivíduos. ha $^{-1}$.ano $^{-1}$ e taxa de 1,5 %.ano $^{-1}$; e na UPA D, os maiores valores, onde o ingresso foi de $5,4 (\pm 2,8)$, a uma taxa de 2,2 %.ano $^{-1}$, considerando 21 anos após a exploração.

Tabela 11. Ingresso anual por UPA, considerando o número de árvores por hectare por ano e a taxa de ingresso anual, obtidos conforme intervalo em anos entre as medições.

UPA B		
Ano de medição	Árvores recrutadas ha $^{-1}$ ano $^{-1}$	Taxa de Ingresso anual (%)
1998	2,3 ($\pm 1,0$)	0,80%
2001	2,0 ($\pm 0,8$)	1,30%
2014	8,4 ($\pm 2,0$)	3,30%
2019	5,2 ($\pm 1,6$)	1,60%
Média \pm Desvio padrão	4,5 ($\pm 3,0$)	1,8% ($\pm 1,1\%$)

UPA C		
2001	1,3 ($\pm 1,1$)	0,40%
2014	7,8 ($\pm 1,5$)	2,80%
2020	4,3 ($\pm 1,2$)	1,30%
	4,5 ($\pm 3,3$)	1,5% ($\pm 1,2\%$)
UPA D		
2001	2,2 ($\pm 4,9$)	0,80%
2014	7,5 ($\pm 1,4$)	3,10%
2019	6,4 ($\pm 2,2$)	2,20%
	5,4 ($\pm 2,8$)	2,0% ($\pm 1,2\%$)

Ao avaliarem as métricas da floresta antes e após o manejo da floresta em duas ocasiões, Baumann *et al.* (2022) verificaram que um ano após a exploração em Belterra, PA, a taxa de ingresso média da floresta, considerando as UPAs foi de 0,75%.ano⁻¹. Souza *et al.* (2017) obtiveram para estas UPAs, considerando as medições até o ano de 2014, a taxa de ingresso média delas foi de 3,2 %.ano⁻¹, e para as árvores comerciais esse valor foi de 2,5 %.ano⁻¹.

A espécie comercial que manteve seu alto número de indivíduos ingressantes na UPA C foi a *Protium puncticulatum* (breu-vermelho), que durante sua dispersão produz quantidade expressiva de frutos e, principalmente em sua fase jovem, exige luz no estabelecimento à medida que tolera sombra na maturidade, além disso é considerada do grupo de sucessão ecológico das espécies secundárias (Amaral *et al.*, 2009; Monteiro *et al.*, 2014). Além desta espécie, outras se repetem nas UPAs, são elas: a *Vismia guianensis* (lacre-branco), espécie não comercial, considerada pioneira, e importante para a regeneração natural de áreas alteradas; e a espécie não comercial *Protium paniculatum* (breu-branco), que é considerada secundária e se estabelece após estágios mais avançados de sucessão ecológica (Nogueira *et al.*, 2018).

Avaliando as espécies comerciais e não comerciais dos ingressos, é apresentada o Quadro 3, contendo as espécies que possuíram maior número de indivíduos por hectare em cada UPA. Na UPA B e D as espécies não comerciais com maiores números coincidiram, com exceção do ano de 1998, já a UPA C manteve a espécie comercial tendo o maior número de indivíduos por hectare no decorrer dos anos.

Quadro 3. Espécies de árvores que mais recrutaram comerciais e não comerciais por UPA, em cada ano de medição.

UPA	Grupo de espécies	Espécie RN em 1998	Espécie RN em 2001	Espécie RN em 2014	Espécie RN em 2019
B	Comercial	<i>Licaria rigida</i>	<i>Mezilaurus itauba</i> , <i>Scleronema micranthum</i> e <i>Virola duckei</i>	<i>Protium puncticulatum</i>	<i>Ocotea fragrantissima</i>

	Não comercial	<i>Eschweilera grandiflora</i> e <i>Tachigalia alba</i>	<i>Protium paniculatum</i>	<i>Cecropia</i> sp.	<i>Vismia guianensis</i>
C	Comercial	-	<i>Protium puncticulatum</i>	<i>Protium puncticulatum</i>	<i>Protium puncticulatum</i>
	Não comercial	-	<i>Ecclinusa guianensis</i> , <i>Eschweilera collina</i> e <i>Pouteria opposita</i>	<i>Protium paniculatum</i>	<i>Vismia guianensis</i>
D	Comercial	-	<i>Ocotea fragrantissima</i> e <i>Protium puncticulatum</i>	<i>Protium puncticulatum</i> J F Macbr.	<i>Virola duckei</i>
	Não comercial	-	<i>Protium paniculatum</i>	<i>Cecropia</i> sp.	<i>Vismia guianensis</i>

De forma análoga ao conceito de ingresso ou recrutamento, para o contexto das árvores grandes, o ingresso foi analisado na perspectiva da passagem de classes diamétricas e, em média, 60,6 ($\pm 11,6$) árvores nas 41 parcelas atingiram o DAP ≥ 60 cm no período de 21 anos para a UPA D e 23 anos após a exploração para as UPAs B e C, conforme a Tabela 10.

Tabela 12. Resumo da quantidade de indivíduos (NI) e espécies (riqueza), que passaram a compor o conjunto de árvores grandes no período de 23 anos desde a exploração.

UPA	Período	Parcelas	Número de indivíduos	Número de espécies	NI.ha ⁻¹
B	1996-2019	14	53	33	3,8 \pm 3,5
C	1997-2020	13	55	32	4,2 \pm 2,5
D	1998-2019	14	74	39	4,6 \pm 1,8

Já na análise de mortalidade, verificou-se que a UPA B teve a maior taxa e número de árvores mortas.ha⁻¹.ano⁻¹ no intervalo de 23 anos após a exploração, conforme a Tabela 14. Contudo, na UPA D é possível observar que em média 7,5% das 6,8 ($\pm 4,7$) árvores que morreram por hectare por ano, no intervalo de 21 anos após a exploração eram árvores grandes, apesar de baixa, foi o maior valor percentual entre as UPAs.

Tabela 13. Mortalidade da floresta considerando o proposto por Sheil *et al.* (1995), bem como o número de árvores mortas por hectare e o percentual de árvores grandes (AG) desses indivíduos, desconsiderando o conjunto de árvores exploradas, permanecendo apenas seu efeito.

UPA B			
Intervalo de medições	Mortalidade ¹	Árvores mortas.ha ⁻¹ .ano ⁻¹ sem exploração	Percentual de AG
1996-1998	9,20%	26,90 ($\pm 11,1$)	3,70%
1998-2001	2,80%	4,83 ($\pm 4,7$)	7,30%
2001-2014	1,40%	3,07 ($\pm 12,0$)	5,70%
2014-2019	2,00%	6,11 ($\pm 6,7$)	3,60%
Média \pm Desvio padrão	3,8% ($\pm 4\%$)	10,23 ($\pm 11,2$)	5,1% ($\pm 2\%$)

UPA C			
1997-2001	2,90%	9,90 ($\pm 15,9$)	5,30%
2001-2014	1,90%	4,77 ($\pm 11,7$)	4,00%
2014-2020	1,00%	3,03 ($\pm 7,9$)	2,10%
	1,9% ($\pm 1\%$)	5,90 ($\pm 3,6$)	3,8% ($\pm 2\%$)
UPA D			
1998-2001	3,80%	12,23 ($\pm 14,0$)	12,90%
2001-2014	1,80%	3,61 ($\pm 14,5$)	6,30%
2014-2019	1,20%	4,55 ($\pm 5,2$)	3,20%
	2,3% ($\pm 1\%$)	6,80 ($\pm 4,7$)	7,5% ($\pm 5\%$)

1. De acordo com o proposto por Sheil *et al.* (1995).

Foi possível observar que logo após a exploração essas taxas atingiram seus maiores valores nas UPAs, mesmo desconsiderando os valores da mortalidade decorrente da exploração, como é apresentado na Tabela 14. Já a partir da terceira medição (2014) essas taxas permaneceram abaixo de $2\%.ano^{-1}$ e a taxa média da mortalidade anual das UPAs foi de $3,3\%.ano^{-1}$. Souza *et al.* (2017) obtiveram para a mesma floresta, considerando as medições até o ano de 2014 a taxa de mortalidade de $1,47\%.ano^{-1}$. Ao avaliarem as métricas da floresta antes e após o manejo da floresta em duas ocasiões, Baumann *et al.* (2022) verificaram que um ano após a exploração na Floresta Nacional do Tapajós, PA, a taxa de mortalidade média entre as UPAs foi de $5,8\%.ano^{-1}$.

Em análise semelhante, avaliando a mortalidade da floresta remanescente em Paragominas, PA, considerando 7 medições durante 10 anos da exploração, Veloso *et al.* (2025) verificaram que a taxa de mortalidade foi em média $2,3\%.ano^{-1}$, corroborando com as taxas obtidas no presente estudo. Usando dados de 189 parcelas do RAINFOR, monitoradas a longo prazo, Esquivel-Muelbert *et al.* (2020), analisou 120 mil árvores buscando elucidar como as árvores morrem, e verificaram que na região oeste da Amazônia Legal a taxa de mortalidade para o período foi de $2,2\%.ano^{-1}$ e destacaram que o tamanho é um fator de risco para maiores taxas de mortalidade. Ressalta-se ainda que ao quantificar a biomassa seca acima do solo de árvores mortas, que então compõem atualmente a necromassa, verificou-se que as árvores grandes representaram em média 34,4% da biomassa seca morta.

Na UPA B logo após a exploração, em 1998, a espécie teve maior número de indivíduos mortos por hectare foi a *Protium paniculatum* (breu-branco), e nos anos decorrentes foi a passou a ser a espécie comercial *Protium puncticulatum* (breu-vermelho), e na UPA C em todas as medições foi possível observar que essa mesma espécie comercial foi a que mais morreu por

ano. Já na UPA D, considerando todas as medições, a espécie que mais morreu por hectare no pousio da floresta, foi a espécie comercial *Pouteria guianensis* (abiurana-ferro).

6.5. A floresta e as árvores grandes para o segundo ciclo

As últimas medições das parcelas permanentes foram realizadas em 2019 para as UPAs B e D e em 2020 para a UPA C. Assim, foi possível verificar que passados mais de 20 anos após a exploração o conjunto das árvores grandes para o segundo ciclo estava com 33 famílias em 74 gêneros, distribuídos nas 101 espécies. Já a floresta, como o todo possuía 50 famílias como antes, que estavam distribuídas em 127 gêneros e no total de 212 espécies, valores próximos àqueles encontrados na medição antes da exploração (98,4% dos gêneros e das espécies em relação ao cenário pré-exploratório).

A família com maior número de indivíduos, ou seja, mais abundante, continua sendo a Sapotaceae, como era antes da exploração. A espécie de árvore grande que mais ocorreu por hectare, ou seja, de maior densidade foi a espécie comercial *Lecythis pranceii* (castanhara) como antes, e a espécie *Pouteria platyphylla* (abiurana-vermelho) a mais abundante nas UPAs. No Quadro 6 é apresentada a média do número de espécies por hectare em cada UPA, mostrando o cenário da floresta antes da exploração em contraste com a última medição, realizada após a exploração.

Os índices de diversidade revelaram aumento da diversidade quanto aos valores calculados para o cenário da floresta anterior à exploração, sendo que logo após a exploração, nos anos mais próximos, foi verificada leve redução 0,7% a 2% do número de espécies, mas então próximo ao segundo ciclo essa métrica foi recuperada na floresta. Assim como o visto por Oliveira *et al.* (2005) ao experimentarem diferentes níveis de redução de área basal por meio de desbastes em área na Flona do Tapajós, verificaram redução no número de espécies logo após aplicação dos tratamentos, contudo, 21 anos após a exploração, houve aumento expressivo da riqueza de espécies nos tratamentos.

Ao analisar as espécies mais abundantes de árvores grandes antes e após mais de 20 anos da exploração, foi observada pouca mudança nas espécies mais abundantes das UPAs, como resume a Quadro 6, e apresenta ainda características mais essenciais da ecologia da espécie, que contribuem com o funcionamento do ecossistema.

Quadro 4. Resumo das três espécies mais abundantes de árvores grandes, destacando importâncias ecológicas de acordo com a literatura científica e demonstrando ainda a mudança nessa métrica após mais de 20 anos da exploração.

UPA	Antes	Após
		E+23

	Espécie	Ecologia	Literatura científica	Espécie	Ecologia	Literatura científica
B	<i>Pouteria platyphylla</i> (abiurana-vermelha) (23 árvores)	Fornece alimento e abrigo	Monteiro, <i>et al.</i> (2007)	<i>Pouteria platyphylla</i> (21 árvores)	-	
	<i>Gouphia glabra</i> (cupiúba) (12 árvores)	Fornece alimento	Ferreira e Tonini (2004)	<i>Lecythis prancei</i> (13 árvores)	Fornece alimento	Mori, <i>et al.</i> (2004)
	<i>Lecythis prancei</i> (castanharaana) (11 árvores)	Fornece alimento	Mori, <i>et al.</i> (2004)	<i>Minquartia guianensis</i> (acariquara) (11 árvores)	Fornece alimento e abrigo	Nebel (2000); Cruz (2017); De Oliveira, <i>et al.</i> (2013)
Antes			E+23			
C	<i>Pouteria platyphylla</i> (18 árvores)	Fornece alimento e abrigo		<i>Pouteria platyphylla</i> (18 árvores)	Fornece alimento e abrigo	
	<i>Ocotea fragrantíssima</i> (louro-preto) (8 árvores)	Fornece alimento; possui sistema de polinização atrativo	Kubitzki e Kurz (1984); Moraes, <i>et al.</i> (2021)	<i>Ocotea fragrantíssima</i> (7 árvores)	Fornece alimento; possui sistema de polinização atrativo	
	<i>Planchonella pachycarpa</i> (abiu-casca-grossa) (7 árvores)	Fornece alimento	Van Roosmalen e Garcia (2000)	<i>Aspidosperma rigidum</i> (5 árvores)	Defensivos naturais (relações ecológicas especializadas)	Vieira, <i>et al.</i> (2013)
Antes			E+21			
D	<i>Geissospermum vellosii</i> (acariquara-branca) (17 árvores)	Controle biológico de praga; fornece alimento e abrigo	Damasceno <i>et al.</i> (2022)	<i>Geissospermum vellosii</i> (acariquara-branca) (18 árvores)	Controle biológico de praga; fornece alimento e abrigo	
	<i>Pouteria guianensis</i> (abiurana-ferro) (15 árvores)	Fornece alimento e abrigo		<i>Pouteria guianensis</i> (14 árvores)	Fornece alimento e abrigo	Monteiro, <i>et al.</i> (2007)
	<i>Manilkara huberi</i> (maçaranduba) (14 árvores)	Fornece alimento esporádico	Mendonza <i>et al.</i> (2015)	<i>Duckeodendron cestroides</i> (pupunharan) (13 árvores)	Fornece alimento	Cramer <i>et al.</i> (2007)

Quanto a análise do número de árvores foi possível verificar concentração de árvores nas menores classes diamétricas, conforme a Figura 17 apresenta, sendo este cenário também encontrado na floresta antes da exploração. Comparando o número de indivíduos nas classes diamétricas, verificou-se que o aumento mais expressivo ocorreu nas menores classes, de 15 a 35 cm, apesar de aumento menos expressivo nas classes de 45 até 125 cm. A distribuição diamétrica de florestas inequívocas como a do estudo é descrita classicamente por Liocourt

(1898), mas ainda é verificada, como por Silva *et. al.* (2012) que no contexto do Manejo Florestal, em área no Pará, observaram a manutenção da curva clássica de distribuição de diâmetros na forma de “J invertido” na floresta, após 30 anos da exploração seletiva.

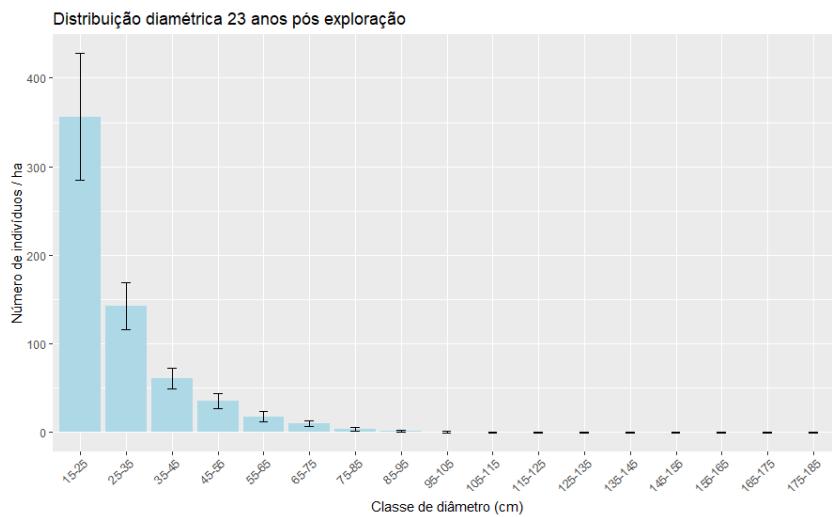


Figura 17. Gráfico apresentando o número de indivíduos por hectare considerando os valores obtidos nas medições das UPAs, revelando a distribuição diamétrica da floresta para o segundo ciclo de corte (n=13022).

As mudanças de valores observadas na variável do número de árvores na floresta durante as medições são também apresentadas na Tabela 16, onde é possível verificar a trajetória para as variáveis área basal, biomassa e volume. O número de árvores aumentou no decorrer de 23 anos após a exploração, em todas as UPAs. Já a área basal continuou menor nas UPAs B e D, ocorrendo o mesmo para as variáveis de biomassa e volume, e diferente da UPA C, que recuperou estas métricas da estrutura da floresta.

Tabela 14. Trajetória resumida da estrutura da floresta, considerando as medições anteriores à exploração em cada UPA e as medições em com mais de 15 e 20 anos após a exploração, respectivamente.

UPA	Ocasão de medição	Número de árvores N.ha ⁻¹	Área basal (m ² .ha ⁻¹)	Biomassa (t.ha ⁻¹)	Volume (m ³ .ha ⁻¹)	Ano
B	E-1	299,50 ($\pm 22,3$)	27,00 ($\pm 3,1$)	336,74 ($\pm 37,4$)	402,21 ($\pm 46,3$)	1996
	E+18	318,93 ($\pm 19,9$)	25,54 ($\pm 1,6$)	322,79 ($\pm 17,6$)	380,57 ($\pm 23,7$)	2014
	E+23	314,21 (± 25)	25,10 ($\pm 1,6$)	318,12 ($\pm 18,7$)	373,98 ($\pm 23,2$)	2019
C	E-1	325,54 ($\pm 31,4$)	25,06 ($\pm 3,2$)	314,86 ($\pm 37,6$)	373,39 (± 47)	1997
	E+17	325 ($\pm 25,6$)	19,97 ($\pm 9,2$)	297,76 ($\pm 31,1$)	351,68 (± 43)	2014
	E+23	340,46 (± 26)	25,11 ($\pm 2,5$)	317,70 ($\pm 31,6$)	374,08 ($\pm 36,6$)	2020
D	E-1	275,57 ($\pm 21,4$)	27,89 ($\pm 2,1$)	345,20 ($\pm 24,7$)	415,48 ($\pm 31,7$)	1998

E+16	290,57 ($\pm 16,4$)	25,79 (± 2)	320,69 ($\pm 23,4$)	384,20 ($\pm 29,7$)	2014
E+21	299,79 ($\pm 15,3$)	26,16 ($\pm 1,9$)	325,75 ($\pm 21,9$)	389,68 ($\pm 27,7$)	2019

No contexto geral da floresta (todas as espécies com DAP ≥ 15 cm) as árvores grandes contribuíram menos em relação ao valor anterior, conforme detalha a Tabela 17. Onde é possível observar ainda que, a UPA C manteve a representatividade de árvores grandes, ou seja, ela foi recuperada ao longo dos 23 anos da exploração, conforme a última medição em 2020.

Tabela 15. Contribuição/representatividade PERCENTUAL de árvores grandes nas métricas das florestas, sendo a área basal (m^2/ha), o volume (m^3/ha) e a biomassa (t/ha).

UPA	Período	Parcelas	%AG (m^2/ha)	%AG (m^3/ha)	%AG (t/ha)
B	E-1	14	29%	29%	27%
	E+23	14	26%	26%	25%
C	E-1	13	21%	21%	20%
	E+23	13	21%	21%	20%
D	E-1	14	35%	35%	34%
	E+21	14	32%	32%	30%

A contribuição de árvores grandes tanto na floresta toda, conforme Tabela 17, como no conjunto de árvores comerciais, foi menor do que 40% em todas as UPAS independente das medições, evidenciando que as espécies comerciais estão distribuídas principalmente nas classes menores de diâmetro. De modo geral a Tabela 17 mostra que as métricas das espécies comerciais na última medição permanecem menores em relação ao cenário antes da exploração.

Além disso, ressalta-se que os resultados apresentados foram obtidos na última medição, com base na lista de espécies comerciais da empresa Mil Madeiras de 2019, já que a lista anterior fora expandida pela demanda do mercado madeireiro, e ademais as métricas obtidas foram ainda menores.

Os efeitos na expansão da lista de espécies comerciais podem ser observados na Tabela 18, onde a ocasião E-1 representa o cenário anterior à exploração, e é possível verificar que na UPA B e C o estoque médio de volume comercial das parcelas foi maior, apesar da contribuição das árvores grandes ser menor em comparação a antes.

Tabela 16. Métricas das espécies comerciais e a contribuição de árvores grandes no período antes da exploração e após mais de 20 anos dela, a partir da lista de espécies comerciais correspondente a cada contexto do ano de medição.

UPA	Ocasião	NA.ha ⁻¹	%AG	Área basal (m ² .ha ⁻¹)	%AG	Volume (m ³ .ha ⁻¹)	%AG	Biomassa (t.ha ⁻¹)	%AG
B	E-1	11,07 ($\pm 4,0$)	56,8%	3,94 ($\pm 1,5$)	71,4%	41,86 ($\pm 22,8$)	71,4%	47,16 ($\pm 18,2$)	70,8%
	E+23	9,64 ($\pm 3,1$)	57,8%	3,36 ($\pm 1,2$)	71,1%	50,06 ($\pm 18,3$)	71,1%	40,26 ($\pm 14,6$)	70,5%
C	E-1	7,23 ($\pm 3,4$)	44,7%	2,64 ($\pm 1,5$)	64,5%	25,32 ($\pm 22,1$)	64,5%	31,44 ($\pm 17,4$)	63,6%
	E+23	8,15 ($\pm 3,1$)	48,1%	2,63 ($\pm 1,0$)	63,5%	39,09 ($\pm 15,6$)	63,5%	31,53 ($\pm 12,4$)	62,8%
D	E-1	14,00 ($\pm 5,9$)	59,2%	6,03 ($\pm 2,4$)	77,8%	69,82 ($\pm 35,2$)	77,8%	71,17 ($\pm 27,9$)	77,1%
	E+21	11,21 ($\pm 5,0$)	57,3%	4,40 ($\pm 1,9$)	74,8%	65,47 ($\pm 28,2$)	74,8%	52,18 ($\pm 22,3$)	74,0%

Foi verificado que a lista de 2019 atende à lista de espécies comerciais que foram mais comercializadas no Amazonas do ano de 2012 a 2017, conforme Farani e Oliveira (2019). Assim, notou-se que a lista mais atual, utilizada desde 2019, abrange maior riqueza de espécies, e menor pressão sob as árvores grandes, ao comparar com a lista utilizada no primeiro ciclo, conforme a Tabela 19.

Abordando mais diretamente o quantitativo de espécies comerciais nas UPAs, foi possível compará-lo através desta lista expandida (2019) de espécies comerciais e, de modo geral, em 23 anos para a recuperação do primeiro ciclo, a floresta possuía em média 9,7 (± 3) árvores de espécies comerciais por hectare.

Tabela 17. Riqueza de espécies comerciais (DAP ≥ 50 cm), em cada UPA conforme as medições antes e mais de 20 anos após a exploração, utilizando as listas comerciais verificadas para cada época e destacando a representatividade de árvores grandes (AG%) deste conjunto.

Lista de 1996 – antes da exploração				
UPA	Ano	Riqueza	Volume comercial (m ³ .ha ⁻¹)	% AG
B	1996	23	58,66 ($\pm 22,8$)	71,4%
C	1997	23	39,28 ($\pm 22,1$)	64,5%
D	1998	25	89,70 ($\pm 35,2$)	77,8%
Lista de 1996 – antes do 2º ciclo				
Ocasião de medição	Riqueza	Volume comercial (m ³ .ha ⁻¹)	% AG	
B	E+23	22	46,24 ($\pm 20,6$)	69,7%
C	E+23	24	33,08 ($\pm 12,3$)	78,9%
D	E+21	24	64,29 ($\pm 29,8$)	78,5%
Lista de 2019 – antes do 2º ciclo				
UPA	Ano	Riqueza	Volume comercial (m ³ .ha ⁻¹)	% AG
B	E+23	32	50,06 ($\pm 18,3$)	71,1%
C	E+23	29	39,09 ($\pm 15,6$)	63,5%
D	E+21	29	65,47 ($\pm 28,2$)	74,8%
			51,54 ($\pm 13,3$)	69,8% ($\pm 5,8\%$)

Cabe considerar a inclusão das regras convencionadas na CITES, no que concerne a seleção de espécies para exploração no segundo ciclo, elas são descritas na IN IBAMA nº 28, de dezembro de 2024, a fim de garantir a sobrevivência de espécies ameaçadas de extinção diante da regularização do comércio delas (Brasil, 2024). Após avaliação da seleção de árvores comerciais para corte no segundo ciclo, os gêneros Dipteryx, Tabebuia e a espécie *Aniba rosaedora* (pau-rosa) terão seus indivíduos mantidos na floresta. Da mesma forma, não cabe exploração para fins madeireiros de *Hevea* sp (gênero da seringueira) e *Bertholetia excelsa* (castanha-da-Amazônia), de acordo com o Decreto Federal nº 5.975, de novembro de 2006 (Brasil, 2006).

Na Tabela 20 estão dispostas as 37 espécies comerciais disponíveis para seleção no segundo ciclo de corte, nas 41 parcelas permanentes, conforme a última medição.

Tabela 18. Espécies comerciais (DAP \geq 50 cm e qualidade do fuste 1 e 2) e seus quantitativos disponíveis para exploração nas 41 parcelas no segundo ciclo de corte.

Espécies comerciais	Número de árvores
<i>Andira parviflora</i> Ducke	5
<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth. ex Müll. Arg.	5
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	5
<i>Brosimum parinarioides</i> Ducke	11
<i>Brosimum potabile</i> Ducke	5
<i>Brosimum rubescens</i> Taubert	8
<i>Cariniana micrantha</i> Ducke	9
<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	10
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	1
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	11
<i>Couma macrocarpa</i> Barb. Rodr.	1
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	2
<i>Endoplectura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	7
<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.	3
<i>Gouania glabra</i> Aubl.	19
<i>Hymenaea courbaril</i> L. var. <i>stilbocarpa</i> (Hayne)	2
<i>Iryanthera grandis</i> Ducke	2
<i>Lecythis prancei</i> S.A. Mori	63
<i>Licaria rigidia</i> (Kosterm.) Kosterm.	8
<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	13
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meissn.) Taubert ex Mez	7
<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.	35
<i>Ocotea fragrantissima</i> Ducke	33
<i>Osteophloeum platyspermum</i> (Spruce ex A. DC.)	2
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	5
<i>Peltogyne catingae</i> Ducke	4
<i>Pouteria guianensis</i> Aubl	25

<i>Protium puncticulatum</i> J F Macbr.	14
<i>Qualea paraensis</i> Ducke	4
<i>Roupalia montana</i> Aubl. var. <i>montana</i>	2
<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.	7
<i>Scleronema micranthum</i> Ducke	33
<i>Sextonia rubra</i> (Mez) Van der Werff	12
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	2
<i>Tachigali myrmecophila</i> (Ducke) Ducke	3
<i>Vatairea guianensis</i> Aubl	5
<i>Virola duckei</i> A.C. Sm.	9
Total Geral	392

A trajetória do estoque de volume no decorrer das medições é apresentada na Figura 18, sendo possível verificar que a UPA C representava 100,2% em 23 anos da exploração, e a UPA B nesse mesmo período havia recuperado 93% do estoque de volume antes da exploração, e a UPA D recuperou cerca de 93,8% do seu volume anterior à exploração. Porém, em nenhuma das UPAs o estoque de volume comercial havia sido recuperado completamente à época da última medição, ainda que considerando a lista de espécies atualmente utilizada pela empresa, conforme valores descritos na Tabela 21.

Comentado [JF3]: Priscila, acho que tem um erro aqui. Na ocasião E, deveria haver um valor dado por Antes-Intensidade, isto é, o estoque existentes antes, MENOS o volume das árvores exploradas. Pelo que mostra a figura, você não incluiu esta redução. Esta observação vale para todos os gráficos semelhantes, pelo visto.

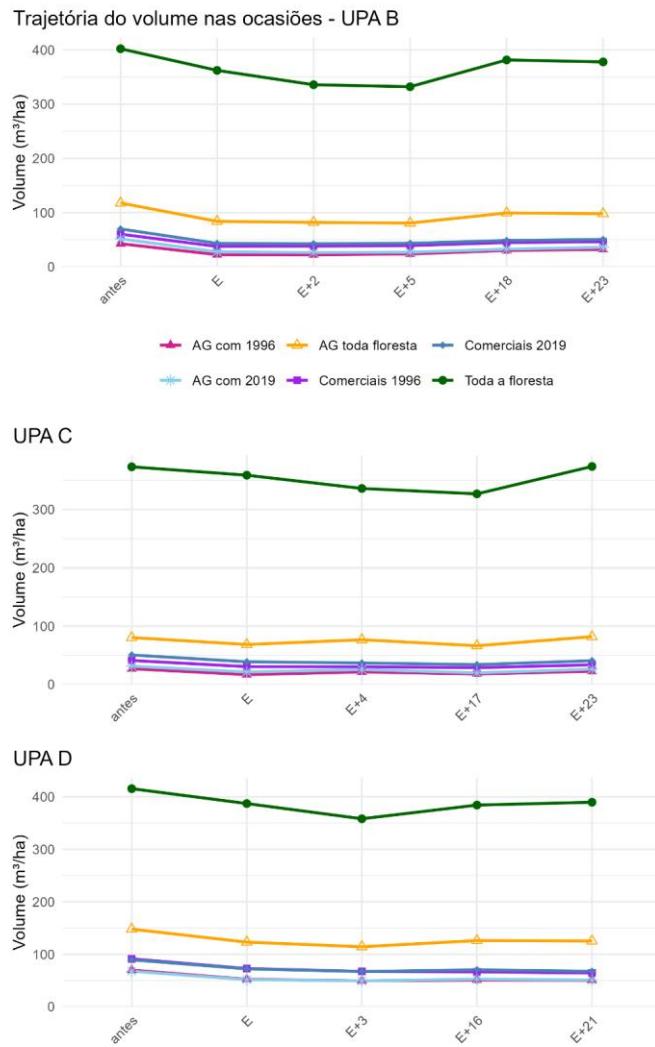


Figura 18. Gráficos da trajetória da floresta desde as medições realizadas antes da exploração, como ponto inicial, em cada UPA, considerando as árvores em seus contextos, onde AG com. 1996 refere-se às árvores grandes comerciais conforme a lista de espécies comerciais em 1996, assim como em 2019, já as Comerciais 1996 e 2019 seguem a mesma lógica, contudo, considera o DMC ≥ 50 cm. A referência para os conjuntos é a trajetória de toda a floresta, considerando todas as árvores com DAP ≥ 15 cm medidas nas parcelas permanentes.

Tabela 19. Recuperação dos estoques de volume comercial (%) em relação ao total anterior da floresta sem exploração, destacando as árvores comerciais (DAP ≥ 50 cm) e as árvores grandes dentro deste conjunto nos diferentes contextos da lista de espécies comerciais.

UPA	Comerciais de 1996	AG Com. 1996	Comerciais 2019	AG Com. 2019
B	76,80%	75,60%	72,30%	69,80%

C	82,00%	84,40%	80,60%	83,40%
D	70,50%	72,30%	75,60%	75,50%
	76,4% ($\pm 5,8\%$)	77,4% ($\pm 6,3\%$)	76,2% ($\pm 4,2\%$)	76,2% ($\pm 6,8\%$)

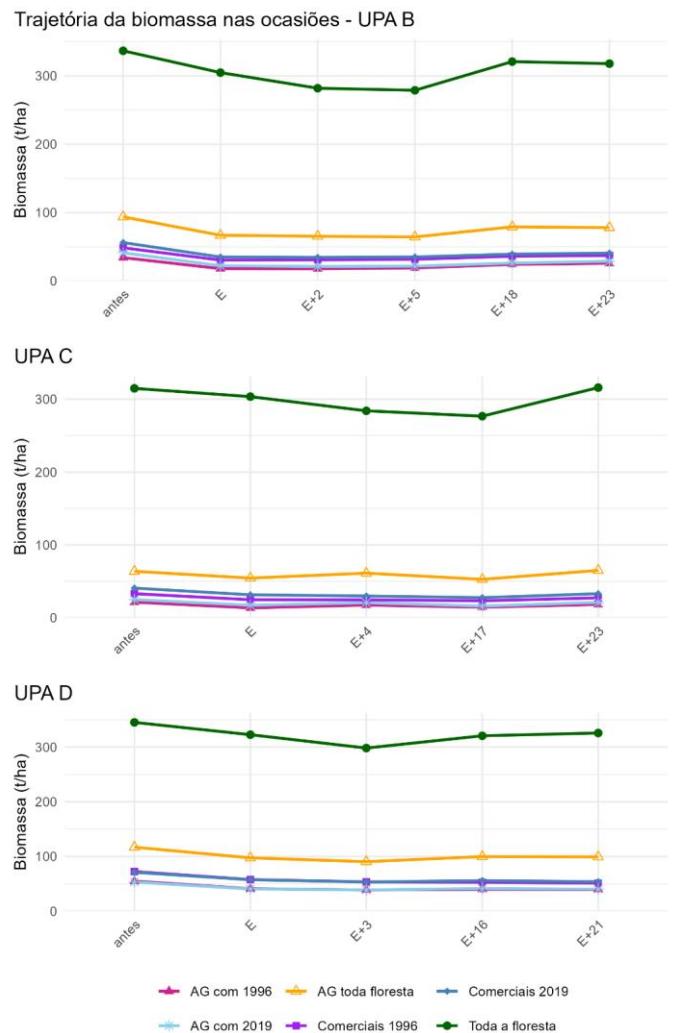


Figura 19. Trajetória das variáveis biomassa ($t.ha^{-1}$) e volume ($m^3.ha^{-1}$), considerando a floresta em totalidade, durante as medições e em cada UPA.

Os dados de volume e biomassa das parcelas permanentes na primeira e última medições foram testados quanto aos pressupostos de normalidade, e não houve evidência significativa

Comentado [JF4]: onde foram aplicados os pressupostos da normalidade?

para rejeitar a normalidade das diferenças entre as medições ($p > 0,05$), em todas as UPAs, e nos diferentes contextos de agrupamentos das árvores. O teste t foi realizado para verificar diferença entre as parcelas pareadas. Os resultados estatísticos do teste são resumidos na Tabela 22, considerando também os grupos das árvores grandes e árvores comerciais separadamente.

Assim, considerando a totalidade da floresta (sem agrupamentos), os valores de p indicam diferença significativa nas UPAs B e D ($p < 0,05$ em ambas), com redução do volume total nelas. Na UPA C, não houve diferença significativa detectável entre os cenários. Também Souza (2014) ao testar as diferenças entre os estoques de volume nestas UPAs (medições até o ano de 2014), verificou que houve variação ao longo do tempo, contudo, as diferenças não foram significativas de acordo com os resultados estatísticos do teste t realizado, diferindo em parte no que foi verificado neste estudo.

No grupo das árvores grandes, a UPA D apresentou diferença significativa ($-22,60 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), portanto a hipótese nula foi rejeitada ($p < 0,05$). Em contraste, nas UPAs B e C ($p > 0,05$ em ambas), a hipótese nula foi aceita pela ausência de variações estatisticamente relevantes.

Já entre o grupo de árvores de espécies comerciais com DAP $\geq 50 \text{ cm}$, referente à lista de espécies comerciais à época da exploração, foi observada redução estatisticamente significativa no volume por hectare nas UPAs B e D ($p < 0,05$ em ambas). Na UPA C ($p = 0,1771$; $-7,44 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), embora a média diminua, a diferença não é estatisticamente significativa, sendo aceita a hipótese nula, conforme Tabela 22. Estas interpretações estatísticas também foram encontradas ao utilizar a lista de espécies atual.

Tabela 20. Resumo estatístico do Teste t pareado realizado entre as UPAs em cada contexto de grupo de árvores, para verificar a diferença entre os valores de volume por hectare antes e após mais de 20 anos da exploração.

Toda Floresta			
UPA	Nº parcelas	Valor de p	Diferença das médias ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)
B	14	0,045	-24,2
C	13	0,951	0,6
D	14	0,009	-25,8
Árvores grandes			
B	14	0,101	-19,7
C	13	0,88	1,5
D	14	0,013	-22,6
Árvores comerciais			
B	14	0,023	-14
C	13	0,177	-7,4

Comentado [JF5]: ?

D	14	0,002	-26,9
---	----	-------	-------

Para verificar as diferenças entre os valores de biomassa acima do solo nas parcelas pareadas, de acordo com as medições anterior e posterior à exploração de cada UPA, também foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, onde foram obtidos valores de $p>0,05$, não rejeitando mais uma vez a hipótese nula e indicando a normalidade dos dados.

Prosseguiu-se com a aplicação do teste t pareado, a fim de testar a hipótese nula de que não existe diferença entre os valores para as medições antes e após a exploração. Assim, verificou-se que apenas a UPA D apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,005$), rejeitando-se a hipótese nula. Nas UPAs B e C ($p > 0,05$) não houve evidência suficiente para rejeitar, aceitando então H_0 . Ademais, a diferença entre os valores posterior e anterior à exploração indica redução da biomassa acima do solo por hectare em D.

Já em relação ao grupo das árvores grandes, as UPAs B e C têm H_0 aceita, não possuindo diferença significativa, com valores de p bem acima de 5%. Em contraste, apenas a UPA D apresenta diferença significativa, rejeitando H_0 e indicando redução da biomassa seca acima do solo por hectare entre as parcelas 21 anos após a exploração ($p < 0,05$).

Em relação ao grupo de árvores de espécies comerciais, com $DAP \geq 50$ cm, foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) nas UPAs B, C e D, e as diferenças indicam redução da biomassa acima do solo por hectare em todas elas; assim, rejeita-se H_0 nas três UPAs, conforme Tabela 23.

Tabela 21. Resumo estatístico do Teste t pareado realizado entre as UPAs em cada contexto de grupo de árvores, para verificar a diferença entre os valores de biomassa seca acima do solo antes e após mais de 20 anos da exploração.

Toda Floresta			
UPA	Graus de liberdade	Valor de p	Diferença das médias
B	13	0,0503	-18,8
C	12	0,8968	1,1
D	13	0,0107	-19,4
Árvores grandes			
B	13	0,1001	-15,7
C	11	0,8739	1,3
D	13	0,0126	-17,8
Árvores comerciais			
B	13	0,004	-18,1
C	11	0,0498	-9,6
D	13	0,0001	-28,5

As diferenças foram significativas na comparação entre os índices de Simpson e da equabilidade de Pielou, e a riqueza das espécies, antes e após 23 anos da exploração, como apresentado no resumo dos resultados do Teste t na Tabela 24. Da mesma forma que a riqueza de espécies, o índice de Shannon-Weaver, indicou aumento significativo em relação ao valor anterior à exploração, conforme indicou o Teste t de Hutcheson, apresentado na Tabela 25.

Tabela 22. Resumo estatístico do teste t pareado diante das diferenças avaliadas entre as parcelas pareadas nas medições pré-exploratória e em 21 (UPA D) e 23 anos (UPA B e C) após a exploração.

	B	Pielou	Riqueza	Simpson
Valor de p - Shapiro-Wilk	0,365	0,029	0,39	
Diferença	0,008	8,929	0,006	
Valor de p	0,044	< 0,0001	0,001	
	C			
Valor de p - Shapiro-Wilk	0,282	0,519	0,222	
Diferença	0,004	10,154	0,004	
Valor de p	0,388	< 0,0001	0,008	
	D			
Valor de p - Shapiro-Wilk	0,701	0,857	0,494	
Diferença	0,011	11,5	0,007	
Valor de p	0,009	< 0,0001	< 0,0001	

Resultados semelhantes foram encontrados em outras análises em áreas de manejo na região amazônica, em que a aplicação de testes de comparação de médias revelou diferenças estatisticamente significativas que revelam alta diversidade nessas áreas (Gonçalves e Santos, 2008; Vinhote *et al.*, 2020).

Tabela 23. Resumo estatístico do Teste t de Hutcheson utilizado especificamente para a comparação dos índices de Shannon-Weaver antes e após a exploração.

UPA	Diferença de médias	Valor de p
B	0,160	p < 0,0001
C	0,165	p < 0,0001
D	0,218	p < 0,0001

Por fim, para avaliação de um possível cenário para um segundo ciclo foi estabelecida uma situação hipotética com os dados disponíveis, onde foram selecionadas aleatoriamente, pela intensidade de exploração definida, 4 a 5 árvores comerciais por hectare, tendo em vista a intensidade máxima de corte de $30 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ definida na legislação federal, pela Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente nº 05, de dezembro de 2006 (Brasil, 2006). Assim,

as características da simulação do segundo ciclo são: a intensidade média de exploração de $24,61 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, que geraria a redução do estoque de volume comercial em 46,7% do que possuía na última medição. Além disso a seletividade de espécies aleatória demonstrou que a espécie comercial *Lecythis prancei* (castanharana), tem potencial de ser a mais explorada já que também era uma das mais abundantes nas UPAs (Quadro 4).

6.6. Caracterização expedita e ecológica de árvores grandes

Para evidenciar a importância ecológica das árvores grandes foram visitadas todas as árvores grandes presentes, tanto quanto possível, em 3 parcelas permanentes (9, 10 e 11) na UPA D e 2 parcelas (03 e 04) na UPA B. No total 38 árvores grandes foram visitadas e avaliadas, sendo 16 delas (41%) de espécies comerciais, conforme apresentado na Tabela 22, sendo possível verificar que na UPA D foram visitadas mais árvores grandes de espécies comerciais. Ressalta-se que com esta avaliação não se pretendeu buscar uma representação estatística sobre as parcelas estudadas ou análise profunda das variáveis avaliadas, compondo apenas aplicação de metodologia expedita para caracterização de árvores grandes encontradas nas parcelas.

Tabela 24. Espécies comerciais de árvores grandes visitadas nas parcelas localizadas nas UPAs B e D.

UPA	Espécie	Número de árvores
B	<i>Brosimum parinarioides</i>	1
	<i>Lecythis prancei</i>	1
	<i>Minquartia guianensis</i>	2
	<i>Pouteria guianensis</i>	1
D	<i>Brosimum rubescens</i>	1
	<i>Buchenavia tetraphylla</i>	1
	<i>Cariniana micrantha</i>	2
	<i>Caryocar glabrum</i>	1
	<i>Ecclinusa bacuri</i>	1
	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	1
	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	1
	<i>Lecythis prancei</i>	2
	<i>Minquartia guianensis</i>	1
	<i>Parkia nítida</i>	1
	<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	1
	<i>Qualea paraensis</i>	1

Nesta visita, realizada em 2023, 27 anos após a exploração, em média nas 5 parcelas foram encontradas 7,6 ($\pm 2,1$) árvores grandes por hectare. O diâmetro de copa médio foi 15,8

(± 4) m, considerando as 38 árvores grandes avaliadas. Quanto a entrada de luz nas parcelas, a partir da metodologia de transectos adotada para verificar o fechamento do dossel, utilizando o densíômetro florestal, foi calculado que em média, nas parcelas visitadas, o nível de fechamento era de 89,81% ($\pm 3\%$). Embaixo da copa das 38 árvores grandes visitadas, o fechamento foi maior, em média 91,39% ($\pm 2,5\%$), demonstrando que sua influência na distribuição de luz no sub-bosque pode ser ligeiramente superior.

Além disso, 21 árvores grandes (53,8%) ocupavam a posição sociológica dominante no dossel, 15 eram codominantes e 3 classificadas como dominadas. Foram observadas 6 árvores frutificando e apenas uma florindo. As cavidades foram verificadas em alguma parte da estrutura das árvores grandes em 17 indivíduos visitados. As sapopemas do tipo A foram observadas em 4 árvores grandes visitadas, tipo B em 8, conforme Figura 20, e D em 5 árvores. Também foram verificadas hemiepífitas na estrutura de 11 delas e epífitas isoladas e/ou agrupadas, na copa e/ou no fuste em 82% das árvores grandes visitadas.



Figura 20. Exemplos de sapopemas encontradas dentre as árvores grandes visitadas. Em a) Sapopemas do tipo B na árvore grande da espécie comercial *Pouteria guianensis* (abiurana-ferro) de placa identificadora nº 093902. E em b) Sapotema do tipo B também em árvore grande da espécie comercial *Pouteria guianensis*, mas com placa identificadora nº 091702.

As árvores grandes com maiores diâmetros visitadas foram: *Caryocar glabrum* (pequiarana) (DAP = 180 cm), conforme Figura 21, espécie comercial, considerada de sucessão

climáx (Lira, 2011), encontrada em posição sociológica dominante no estrato do dossel, possui raiz sapopema tipo A; o fechamento da copa foi estimado em 87,66%; o fuste e a copa estavam sem epífitas, mas com hemiepífita isolada no fuste; a infestação por fungos na área da base e da copa foi classificada como pouca; a área da copa possuía matéria orgânica de outros indivíduos arbóreos em decomposição; onde também foram observados indiretamente vestígios de invertebrados (casas de cupins e de aranhas) e mastofauna (frutos comidos por roedores e abrigo entre as sapopemas); e tanto na área da copa como nas subparcelas alocadas, foram verificados 13 árvores de regeneração natural com $5 \text{ cm} \geq \text{DAP} \geq 15 \text{ cm}$, mas nenhum da mesma espécie da árvore grande.



Figura 21. Maior árvore em termos de diâmetro visitada em campo, pertencente à espécie *Caryocar glabrum* (pequirana – placa de identificação: 111901, UPA D), com DAP = 180 cm e Diâmetro de Copa médio = 25,5 m.

Seguidas dela, estão *Cariniana micrantha* (tauari-vermelho – DAP = 131,8 cm), espécie comercial também considerada de sucessão secundária, estava frutificando, com fechamento de luz embaixo da copa estimado em 91,2%, em posição dominante, chamou atenção pela quantidade de epífitas em sua estrutura tanto de copa quanto de fuste; em seu fuste foi possível observar diretamente ovos de herpetofauna, e indiretamente vestígios de avifauna (frutos

comidos), mastofauna (tocas de abrigo) e invertebrados (casas de cigarras e cupins); e foram observados 9 indivíduos de $5\text{ cm} \geq \text{DAP} \geq 15\text{ cm}$, dois deles comerciais, mas nenhum pertencente à espécie.

Apesar de serem as espécies com maior DAP, o maior diâmetro médio de copa obtido foi de 29 m, da árvore grande da espécie *Couepia bracteosa* (pajurá-da-mata – DAP = 65 cm), que possui sapopema B; ocupa posição dominante no estrato do dossel; poucas epífitas, mas presentes em toda sua estrutura; estava frutificando, sendo possível observar diretamente a presença de mastofauna e indiretamente vestígios de invertebrados, avifauna e mastofauna; a infestação de fungos na área da copa foi classificada como muita; possuía quantidade expressiva de matéria orgânica proveniente de seus galhos na área da base; o fechamento do dossel embaixo da sua copa foi estimado em 94,14%; e foram observados 10 indivíduos de $5\text{ cm} \geq \text{DAP} \geq 15\text{ cm}$, mas nenhum pertencente à espécie.

Seguida dela, a árvore grande visitada da espécie *Buchenavia tetraphylla* (tanimbuca – DAP = 109 cm) apresentou o segundo maior diâmetro médio de copa (DCMédio = 27 m), considerada espécie pioneira e que pode ser utilizada comercialmente (Carvalho, 2014). Possui sapopema B e cavidades em suas raízes expostas ao nível do solo; também dominante no estrato do dossel; foram possíveis observar indiretamente vestígios de invertebrados, herpetofauna e mastofauna; expressiva quantidade de matéria orgânica proveniente de seus galhos na área da base, além de outros indivíduos mortos na área da sua copa; o fechamento do dossel embaixo da copa foi estimado em 88,36%.

Embaixo da copa dessa árvore foram observados abrigados 15 indivíduos com $5\text{ cm} \geq \text{DAP} \geq 15\text{ cm}$ tanto na área da copa como nas subparcelas alocadas, possuindo um indivíduo de regeneração da sua mesma espécie com $\text{DAP} 5\text{ cm} \geq \text{DAP} \geq 10\text{ cm}$, e sendo este o maior número de indivíduos de regeneração natural coletados abaixo da copa das árvores grandes visitadas.

Destacando estas árvores menores, ressalta-se que foram coletados dados do total (parcelas circulares e subparcelas) de 238 indivíduos de regeneração natural ($5\text{ cm} \geq \text{DAP} \geq 15\text{ cm}$) crescendo na área da copa das 38 árvores grandes visitadas. Já nas parcelas e subparcelas circulares alocadas em 15 tocos de exploração visitados, onde antes tinham árvores grandes, foram coletados 88 indivíduos de regeneração natural. A Tabela 28 apresenta mais informações sobre as espécies deles.

Tabela 25. Espécies dos indivíduos da regeneração natural ($5\text{ cm} \geq \text{DAP} \geq 15\text{ cm}$) quantificados, tanto nas subparcelas quanto nas parcelas circulares, nas áreas de influência das copas de árvores grandes, e de tocos da exploração.

Espécies da RN	Nº Árvores grandes	Nº Tocos exploração	Classe de espécie
----------------	--------------------	---------------------	-------------------

<i>Andira parviflora</i>	1	2	Não comercial
<i>Aniba ferrea</i>	15	3	Não comercial
<i>Astronium lecointei</i>	0	2	Comercial
<i>Bellucia grossularioides</i>	1	0	Não comercial
<i>Bocoa viridiflora</i>	1	0	Não comercial
<i>Brosimum lactescens</i>	1	0	Não comercial
<i>Buchenavia capitata</i>	1	1	Não comercial
<i>Byrsonim aerugo</i>	1	0	Não comercial
<i>Casearia sylvestris</i>	1	0	Não comercial
<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>	1	1	Comercial
<i>Couma macrocarpa</i>	1	0	Não comercial
<i>Couratari stellata</i>	1	1	Não comercial
<i>Duguetia caulinflora</i>	12	4	Não comercial
<i>Ecclinusa bacuri</i>	0	1	Não comercial
<i>Ecclinusa guianensis</i>	3	0	Não comercial
<i>Eschweilera atropetiolata</i>	4	1	Não comercial
<i>Eschweilera collina</i>	7	3	Não comercial
<i>Eschweilera grandiflora</i>	4	1	Não comercial
<i>Eschweilera pseudodecolorans</i>	1	0	Não comercial
<i>Eschweilera</i> sp.	1	0	Não comercial
<i>Eugenia patrisii</i>	1	0	Não comercial
<i>Gouania glabra</i>	1	1	Comercial
<i>Guatteria glauca</i>	1	0	Não comercial
<i>Guatteria procera</i>	3	4	Não comercial
<i>Guatteria</i> sp.	2	1	Não comercial
<i>Helicostylis tomentosa</i>	3	3	Não comercial
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	0	1	Comercial
<i>Inga tarapotensis</i>	12	2	Não comercial
<i>Inga thibaudiana</i>	1	0	Não comercial
<i>Iryanthera grandis</i>	1	0	Não comercial
<i>Iryanthera olacoides</i>	1	0	Não comercial
<i>Jacaranda copaia</i>	1	3	Não comercial
<i>Lacunaria jenmanii</i>	1	0	Não comercial
<i>Lecythis poiteaui</i>	1	0	Não comercial
<i>Lecythis prancei</i>	1	0	Comercial
<i>Licania heteromorpha</i>	10	3	Não comercial
<i>Licania paraensis</i>	4	0	Não comercial
<i>Licaria chrysophylla</i>	1	1	Comercial
<i>Licaria rigida</i>	3	4	Comercial
<i>Machaerium caudatum</i>	3	1	Não comercial
<i>Manilkara bidentata</i>	5	3	Não comercial
<i>Manilkara huberi</i>	1	0	Comercial
<i>Mezilaurus itauba</i>	0	1	Comercial
<i>Mezilaurus lindaviana</i>	0	1	Não comercial
<i>Mezilaurus</i> sp.	1	0	Não comercial
<i>Mezilaurus synandra</i>	2	0	Não comercial

<i>Miconia regelli</i>	1	1	Não comercial
<i>Minquartia guianensis</i>	1	0	Comercial
<i>Mouriri sideroxylon</i>	2	0	Não comercial
<i>Nectandra cuspidata</i>	1	0	Comercial
Ni	0	1	Não comercial
<i>Ocotea neesiana</i>	1	0	Comercial
<i>Ocotea</i> sp.	4	5	Não comercial
<i>Ormosia paraensis</i>	4	2	Comercial
<i>Parkia</i> sp.	1	0	Não comercial
<i>Perebea guianensis</i>	4	2	Não comercial
<i>Pithecellobium cauliflorum</i>	1	0	Não comercial
<i>Pithecellobium racemosum</i>	2	2	Comercial
<i>Platymiscium duckei</i>	1	1	Comercial
<i>Pourouma longipendula</i>	1	0	Não comercial
<i>Pouteria guianensis</i>	2	0	Comercial
<i>Pouteria hispida</i>	15	3	Não comercial
<i>Pouteria</i> sp.	3	0	Não comercial
<i>Protium paniculatum</i>	2	1	Não comercial
<i>Protium puncticulatum</i>	9	1	Comercial
<i>Protium sagotianum</i>	5	0	Não comercial
<i>Protium</i> sp.	9	3	Não comercial
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	0	1	Comercial
<i>Rinorea macrocarpa</i>	19	3	Não comercial
<i>Sacoglottis amazonica</i>	0	1	Não comercial
<i>Schizolobium parahyba</i>	1	0	Não comercial
<i>Scleronema micranthum</i>	1	1	Comercial
<i>Simarouba amara</i>	1	4	Comercial
<i>Sloanea froesii</i>	2	2	Não comercial
<i>Swartzia corrugata</i>	0	1	Não comercial
<i>Swartzia tessmannii</i>	2	0	Não comercial
<i>Tachigali myrmecophila</i>	7	0	Comercial
<i>Tachigali paniculata</i>	1	1	Comercial
<i>Taralea oppositifolia</i>	1	0	Não comercial
<i>Theobroma sylvestre</i>	1	0	Não comercial
<i>Trattinnickia burserifolia</i>	1	0	Comercial
<i>Vatarea guianensis</i>	0	1	Comercial
<i>Virola caducifolia</i>	1	0	Não comercial
<i>Virola duckei</i>	1	0	Comercial
<i>Virola guggenheimii</i>	1	0	Não comercial
<i>Virola melinonii</i>	2	0	Não comercial
<i>Vismia cauliflora</i>	0	1	Não comercial
<i>Xylopia calophylla</i>	2	0	Não comercial
<i>Xylopia laevigata</i>	3	0	Não comercial
<i>Xylopia polyantha</i>	2	0	Não comercial
<i>Xylopia</i> sp.	3	0	Não comercial
Total	238	88	

No total foram coletados 41 indivíduos de RN de espécies comerciais, nas parcelas e subparcelas na área da copa de árvores grandes, e 25 na área de influência dos tocos da exploração. A espécie comercial de RN coletada com maior frequência foi *Protium puncticulatum* (breu-vermelho), espécie de sucessão ecológica secundária e estratégia de dispersão zoocórica seguida da espécie *Ormosia paraenses* (tento), considerada secundária tardia também apresentando estratégia de dispersão zoocórica (Amaral *et al.*, 2009). Foi possível verificar ainda, a partir dos dados coletados nas UPAs visitadas, que de modo geral 6 espécies comerciais de RN coletadas coincidiram entre as 13 espécies comerciais de árvores grandes visitadas.

Na área de influência da copa também foi constatada a presença de fungos em classes de infestação variadas em 57,9% das árvores grandes visitadas, além disso, os rastros de fauna tanto na área da base como da copa foram observados direta e/ou indiretamente em 89,5% dos indivíduos visitados.

Tanto na área de influência dos tocos da exploração, como na área de influência das árvores grandes foram registradas 22 observações diretas de invertebrados (aranhas em tocas, cupins, abelhas e besouros-esmeralda, por exemplo), mastofauna (avistamento de dois roedores – cutias), avifauna (araras na copa se alimentando) e herpetofauna (lagartos e sapos abrigados na estrutura das árvores visitadas).

As observações indiretas de fauna revelaram habitats que as árvores grandes proporcionam ao longo do seu fuste de maiores dimensões, mais ainda em sua área de influência, tornando algumas das observações indiretas, em diretas, como na Figura 21, principalmente em tocas passíveis de utilização da fauna, geralmente na área da base de árvores grandes, ou em ocos pelo fuste.



Figura 22. Observação direta de invertebrado na área de influência da copa da árvore grande da espécie não comercial *Geissospermum vellosii* (acariquara-branca) de placa nº 102501.

Por fim foi possível verificar algumas das características de árvores grandes e incluindo tocos registrados, onde as observações de fauna foram registradas com maior frequência, ressaltando que a árvore da espécie *Geissospermum vellosii* (acariquara-branca) apresentou o segundo maior número de registros de rastros de fauna, conforme Tabela 29, além disso essa espécie foi a mais abundante na coleta dos dados gerais do monitoramento.

Tabela 26. Resumo das árvores grandes coletadas que possuíram maior número de observações de fauna registradas, destacando outras características coletadas em cada indivíduo.

UPA	Espécie	Biomassa (t)	Nº rastros fauna	Fecham. dossel (%)	Nº RN	Pos. sociol.	Classe epífitas	DC _{Médio} (m)
D	<i>Licania paraenses</i> (macucu-casca-seca)	4,0455	7	93,10%	5	2	3	16
B	<i>Geissospermum vellosii</i> (acariquara-branca)	3,5514	6	89,70%	2	2	3	11
D	<i>Cariniana micrantha</i> (tauari-vermelho)	15,487	5	91,20%	9	1	2, 4	19,5
D	<i>Licania paraensis</i>	7,159	5	87,80%	7	1	0	19,15

Essa espécie também foi verificada entre as árvores grandes visitadas onde foram registrados o maior número de indivíduos da regeneração natural – RN (5 cm DAP 15 cm), de acordo com a Tabela 30. A espécie de árvore grande que abrigou maior número de árvores RN possui o segundo maior diâmetro de copa médio registrado, *Buchenavia tetraphylla* é pioneira e tem suas sementes e frutos dispersos por animais (Carvalho, 2008).

Tabela 27. Resumo de características das árvores grandes que abrigaram maior número de árvores de classe da regeneração natural (RN), todas registradas na UPA D.

Espécie	Nº árv RN	Biomassa (t)	Classe	Fechamento dossel (%)	DC _{Médio} (m)
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (tanimbuca)	15	10,76	Comercial	88,40%	27
<i>Caryocar glabrum</i> (pequiaraiana)	13	28,14	Comercial	87,70%	25,5
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (sucupira-amarela)	12	4,46	Comercial	94,00%	25,05
<i>Brosimum rubescens</i> (muirapiranga)	12	4,78	Comercial	86,70%	19,75
<i>Geissospermum vellosii</i> (acarigua-branca)	11	4,93	Não comercial	89,50%	15

Por fim, destaca-se que as 5 parcelas visitadas tiveram o nível de fechamento do dossel estimado em 89,8% (± 3), e o maior nível de fechamento de dossel estimado foi de 94,9%, na copa da árvore grande da espécie não comercial *Pouteria platyphylla* (abiurana-vermelha), conforme Tabela 31, considerada climáx e tem seus frutos dispersos por animais (Tanaka *et al.*, 2022; De Oliveira *et al.*, 2023).

Tabela 28. Características das árvores grandes com maiores estimativas de fechamento do dossel.

UPA	Espécie	Fechamento dossel (%)	N árv RN	Posição sociológica	Epífitas	DC _{Médio} (m)
B	<i>Pouteria platyphylla</i> (abiurana-vermelha)	94,9%	9	2	1	14
B	<i>Couepia bracteosa</i> (pajurá-da-mata)	94,1%	10	1	2,3	29
D	<i>Sloanea froesii</i> (urucurana)	94,1%	4	3	2,3	14
B	<i>Brosimum parinarioides</i> (amapá)	94,1%	6	1	1	19,5

7. Discussão

Floresta e árvores grandes na ocasião antes à exploração

Verificou-se que as árvores grandes, na ocasião de medição antes da exploração, representavam pequena parte do número de árvores total ($DAP \geq 15$ cm) da floresta inventariada antes da exploração, em média 5,4% apenas, refletindo nas contribuições médias de 26,2% da área basal, 29,2% do volume e 27,6% da biomassa seca acima do solo, ou seja, com um pouco mais que um quarto do total da floresta.

Em distinção com estudos que mostram a expressiva contribuição das árvores grandes com a biomassa seca acima do solo em florestas (Sist *et al.*, 2014; Bordin *et al.*, 2020), os dados aqui revelaram que as árvores grandes não impulsionam esta métrica. O que corrobora com o observado por Schiatti *et al.* (2016) ao avaliarem transecto em uma floresta com gradiente de perturbações naturais, onde as árvores grandes representavam menos ainda do que fora observado, apenas 5% da biomassa acima do solo.

A floresta em termos de número de árvores, área basal, volume e biomassa apresentou estimativas que corroboram com aquelas já feitas por outros estudos na mesma área (Souza *et al.*, 2012; Souza, 2014). Também com estimativas para outras regiões na Amazônia, como realizado por Lima (2010) e Higuchi (2015), demonstrando que a área inventariada atende ao que a literatura científica registra quanto à estrutura e composição de florestas localizadas na região amazônica.

Ao isolar o conjunto de árvores de espécies comerciais ($DAP \geq 50$ cm), já era de se esperar que as árvores grandes representassem boa parte do conjunto, e assim elas contribuíram antes da exploração com mais da metade do número de indivíduos comerciais, em média 55%, já em área basal representaram em média 73,1%, no volume 73,2% e na biomassa seca acima do solo 72,4%. Então, por compor a maior parte do conjunto de árvores comerciais, as árvores grandes tiveram expressiva importância para produção madeireira no primeiro ciclo de corte.

O evento da exploração florestal nas UPAs

As árvores grandes representaram em média 85% do volume de árvores exploradas nas parcelas, que foi de $27,52 (\pm 12,8)$ $m^3.ha^{-1}$. De modo geral, nas UPAs em média foram exploradas $4,84 (\pm 2,6)$ árvores comerciais por hectare, desse valor 60,5% eram árvores grandes, e o DAP médio das árvores exploradas nas UPAs foi 71,18 cm. Em intensidade semelhante, Pinto *et al.* (2024) ao investigarem efeitos de dois métodos de exploração em 1993 em floresta no Pará, com intensidade de corte de $4,5$ árvores. ha^{-1} resultando em $38,9$ $m^3.ha^{-1}$ para o método

de impacto reduzido e 5,6 árvores.ha⁻¹ e 37,4 m³.ha⁻¹, verificaram que as árvores exploradas tiveram DAP médio de 79 cm e 71,8 cm respectivamente.

A intensidade de exploração também corrobora com outros estudos de exploração florestal, que registraram variações de 2 a 11 árvores exploradas por hectare (Sist e Ferreira, 2007). Ainda que tenha sido há mais de 25 anos, a exploração das UPAs teve intensidade de exploração dentro do limite máximo de 30 m³.ha⁻¹ em âmbito federal, estabelecido pela Instrução Normativa – MMA nº 5, de dezembro de 2006, já em âmbito estadual a Resolução CEMAAM nº 35, de janeiro de 2022, o limite máximo é de 25 m³.ha⁻¹ para planos de Maior Impacto de Exploração (Brasil, 2006; Amazonas, 2022).

A redução de área basal verificada logo após a exploração na floresta foi em média de 13,4% nas UPAs, sendo que apenas a exploração promoveu a redução média de 7,4% da área basal registrada antes do manejo florestal na área. Bezerra *et al.* (2018) ao avaliarem a composição e a dinâmica logo após a exploração, utilizando dados de parcelas permanentes em área de exploração na Flona do Tapajós, verificaram que a área basal teve redução de 13% na medição logo após a exploração (3 anos). Essa redução pode ser considerada baixa quando comparada com outros experimentos florestais que utilizaram reduções de área basal maiores (Oliveira *et al.*, 2005; Azevedo *et al.*, 2008).

Em termos gerais, as árvores mortas pela exploração (CIF = 6) representaram 6,3% (\pm 0,9) do número de árvores mortas total, que foi em média 35,91 (\pm 3,3) indivíduos por hectare, considerando as medições logo após a exploração (E+2; E+3; E+4). Tanto em termos de danos quanto de mortalidade decorrentes da exploração, as árvores grandes não chegaram a representar metade das métricas obtidas para os indivíduos registrados (DAP \geq 15 cm), ou seja, de sua classe diamétrica (60 cm) em diante elas foram as que menos sofreram com a exploração, considerando as características adotadas no manejo e demonstrando a importância de direcionamento de corte e demais técnicas para redução de impactos.

Corroborando com a avaliação, ao analisarem a floresta remanescente, Barbosa *et al.* (2024) em área de manejo na Flona do Tapajós/PA, verificaram que após a exploração a alta mortalidade de indivíduos foi nas menores classes, representando 85% das árvores mortas em decorrência de alta intensidade de exploração. Além disso destacaram aumento no número de árvores das classes diamétricas de 55 cm a 65 cm em duas décadas, e ressaltaram que as árvores dominantes, as maiores, foram mais exploradas resultando em expressivas áreas de clareiras após a exploração.

A espécie mais explorada foi a *Manilkara huberi* (maçaranduba), que é considerada climáx, seus frutos são atrativos para a fauna, contudo demanda tratamentos silviculturais para favorecer o desenvolvimento dos indivíduos mais jovens da espécie já que algumas populações podem chegar ao intervalo de 5 anos entre as frutificações, sendo a germinação de suas sementes o caminho menos viável para propagação da espécie (Costa *et al.*, 2007; Castro *et al.*, 2014). Nos dados foi observada para a espécie mais explorada, que ainda restam em área basal, nas UPAs B e D respectivamente, 39% e 35,4% do que havia antes da exploração, reforçando a importância de aplicações de técnicas para recuperação dessa população.

Dinâmica no pousio da floresta remanescente e as árvores grandes

Durante o tempo (25 anos) da condução da regeneração natural da floresta, visando a recuperação de seus estoques de volume e biomassa para segundo ciclo de corte, é possível observar a dinâmica da floresta aproximar-se disso, principalmente pela abertura de clareiras, onde essa oportunidade é aguardada pelas espécies demandantes de luz do sub-bosque, que terão o crescimento favorecido (Barbosa *et al.*, 2014).

Assim, no presente estudo foi observado o crescimento mais concentrado nas menores classes diamétricas, além do crescimento mais expressivo logo após a exploração, considerando em cada UPA a medição realizada logo após o evento, o que exige maior aprofundamento para constatar ser o efeito direto da abertura de clareiras, considerando ainda a sucessão ecológica das espécies (Mendes *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2015).

A entrada de novos indivíduos na classe diamétrica da coleta de dados ($DAP \geq 15$ cm) não foi mais expressiva logo após a exploração, contudo, cabe considerar o intervalo maior entre as medições ocorridas em 2001 e 2014, onde as maiores taxas de recrutamento nas UPAs foram obtidas na medição de 2014, como já se esperava pelo longo intervalo onde acumularam-se as entradas nos sistemas florestais. O recrutamento na floresta ($DAP \geq 15$ cm), obtido considerando 23 anos após a exploração para as UPAs B e C, foi em média 4,5 ($\pm 0,5$) árvores. $ha^{-1}.ano^{-1}$, a uma taxa média de 1,65%. ano^{-1} e de 2,2%. ano^{-1} em 21 anos para a UPA D, sendo o ingresso de 5,4 árvores. $ha^{-1}.ano^{-1}$, estes valores podem ser atribuídos a florestas sem intervenções (Higuchi *et al.*, 1997).

Para as árvores comerciais o ingresso não passou de 2 árvores por hectare por ano (em média $1,4 \pm 0,5$ árvores. $ha^{-1}.ano^{-1}$), a uma taxa média de ingresso de 1,34%. ano^{-1} ($\pm 0,1$) nas UPAs. Souza (2014) verificou a taxa média de ingresso anual de 2,36%. ano^{-1} para as mesmas

parcelas permanentes deste estudo até a penúltima medição após a exploração, e obteve a taxa média de mortalidade anual de 3,46%.ano⁻¹.

O crescimento de árvores grandes representou cerca de 23% do incremento periódico médio anual, além disso, cerca de 60,67 ($\pm 11,6$) árvores.ha⁻¹ passaram a compor o conjunto de árvores grandes, ou seja, passaram para a classe maior ou igual a 60 cm de DAP, considerando pouco mais de duas décadas desde a exploração. Representaram apenas 5,4% do número de árvores mortas por hectare na floresta nesse mesmo período, contudo, esse valor pode chegar até um quarto do total, se considerado em termos de redução da área basal, demonstrando a mortalidade como atributo passível de maior atenção para o manejo da floresta (Ali *et al.*, 2019).

A mortalidade foi mais intensa logo após a exploração, mas em média ela resultou em 7,6 ($\pm 2,3$) árvores mortas por hectare por ano, no período de 23 anos desde a exploração. A mortalidade conforme Sheil *et al.* (1995) foi em média 2,7%.ano⁻¹, corroborando com outros estudos na mesma área (Souza *et al.*, 2014). Logo, a mortalidade ainda superava o recrutamento, de acordo com a última medição em 2019/2020, e desde a exploração então a dinâmica da floresta manteve essa perda anual de biomassa e volume.

Em consonância, Sist *et al.* (2014) investigando em dados de parcelas permanentes os efeitos da dinâmica de perdas de biomassa viva acima do solo verificaram que, as perdas pela mortalidade de árvores grandes superaram o ganho de biomassa nas classes menores, contando ainda com perdas maiores em árvores grandes danificadas pela exploração (3,8%.ano⁻¹), sugerindo que essa sendo uma das causas da perda geral de biomassa da área de floresta, alerta para a preservação de indivíduos arbóreos com DAP > 110 cm e para diminuição dos efeitos de danos da exploração e consequente recuperação da área.

A floresta e as árvores grandes no cenário esperado para o segundo ciclo

As últimas medições caracterizam o cenário da floresta para o segundo ciclo de corte. No presente estudo, verificou-se que a floresta está a caminho da recuperação total, sendo o estoque de volume total da última medição corresponde a 95,5% do estoque volumétrico pré-exploratório. Dessa mesma forma, o estoque de biomassa seca acima do solo na última medição representa 96,5% do estoque anterior à exploração. A estatística obtida com o teste t pareado revela que, para o estoque de volume as diferenças entre as parcelas para as UPAs B e D, antes e após a exploração, são significativas ($p < 0,05$), e ainda mostra que os estoques de volume permanecem menores que o cenário pré-exploratório. Já na UPA C, que já possui mais de 100% dos estoques médios anteriores, não foram constatadas diferenças significativas entre os

cenários, demonstrando assim que a floresta possui condições de retomar seus estoques anteriores à exploração (Roque Luna *et al.*, 2024).

Para os estoques de biomassa seca acima do solo verificou-se que ainda há redução significativa ($p < 0,05$) apenas no estoque da UPA D, pois em B e C as diferenças vistas, por mais que indiquem redução, já não são significativas em relação ao cenário pré-exploratório, e espera-se que passem a indicar aumento em breve, assim como Pinto *et al.* (2024) verificaram que após 24 anos da exploração, a floresta em Paragominas, PA, a partir das técnicas de redução de impactos recuperou seu estoque de biomassa acima do solo em 128% em relação ao cenário anterior.

Na UPA B e C também não foram constatadas diferenças significativas através do teste t pareado entre os estoques de volume e biomassa das árvores grandes nas parcelas, nos cenários pós e pré-exploratório, revelando que esses estoques estão sendo retomados, já que não diferem significativamente para o grupo. Já na UPA D as diferenças foram significativas ($p < 0,05$) e ainda há considerável redução dos estoques atuais em relação aos anteriores à exploração para esse grupo, tendo em vista ser onde houve maior representação de árvores grandes em área basal e volume no conjunto de árvores comerciais exploradas (Tabela 5).

Mas para o grupo de espécies comerciais, apenas na UPA C que não foram encontradas diferenças significativas entre os estoques de volume comercial nos cenários, pois na UPA B e D a redução permanece significativa ($p < 0,05$), ainda após 23 anos da exploração da primeira. Já para os estoques de biomassa seca acima do solo, em todas as UPAs ainda são constatadas diferenças significativas ($p < 0,05$) nesses estoques para o grupo de espécies comerciais à época da exploração nas parcelas, considerando os cenários.

Em estudo mais detalhado, D’Oliveira *et al.* (2024) ao examinarem o monitoramento da dinâmica de crescimento, de floresta manejada em Manicoré/AM, através de dados de parcelas permanentes, analisaram a trajetória de métricas ao longo do tempo pós-exploratório por meio de modelo linear misto (medidas repetidas), e para constatar diferenças entre elas utilizou testes *pos-hoc* com ajuste de Tukey, e então também verificaram que, após 20 anos da exploração seletiva com técnicas de impacto reduzido, o estoque de biomassa seca acima do solo foi recuperado, mas o estoque de volume de espécies comerciais ($DAP \geq 50$ cm) ainda está a caminho da recuperação, pelo apresentado, cerca de 80,7% do estoque anterior à exploração.

Ademais, estes resultados demonstram também a importância da intensidade de exploração no contexto da redução da área basal, que é um fator determinante para a recuperação da floresta. Conforme apresenta Avila *et al* (2018) ao investigarem hipóteses

testadas com modelos lineares mistos, do incremento anual em biomassa acima do solo em relação a perturbação da floresta (intensidade de exploração), complementariedade de nicho e razão de biomassa utilizando dados de experimento de manejo a longo prazo, em área na Amazônia brasileira e verificaram que a partir da área basal remanescente a dinâmica da biomassa é explicada na floresta, mas que a diversidade remanescente e características aquisitivas de espécies dominantes.

Quanto a diversidade de espécies, para a riqueza e os índices de diversidade de Shannon-Weaver e Simpson, submetidos ao teste t pareado por UPA, foi constatado que as diferenças são significativas ($p < 0,05$), da última medição realizada nas parcelas em relação ao cenário pré-exploratório, indicando aumento deles após 23 anos da exploração. Essas diferenças já eram significativas para o índice de Shannon aos 18 anos após a exploração, conforme verificado em avaliação por Vinhote *et al.* (2020), também nestas UPAs, porém utilizando árvores entre o intervalo $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 15 \text{ cm}$.

Desta forma, foi possível constatar que a floresta passou a ser mais diversa no intervalo de tempo decorrido após a exploração (mais de 20 anos em todas UPAs) e a probabilidade de encontrar dois indivíduos pertencerem à mesma espécie diminuiu. Mas como a equabilidade de Pielou não revelou diferenças significativas em relação ao cenário anterior, o aumento significativo ($p < 0,05$) do número de espécies pode ter impulsionado a diversidade, em provável resposta à abertura de clareiras (De Oliveira *et al.*, 2005; Sandeville, 2010). Enquanto a família mais abundante tanto da floresta no contexto geral, como das árvores grandes continuou sendo Sapotaceae, que possui espécies dominantes na região amazônica (Reis *et al.*, 2014; Lima *et al.*, 2018). A espécie com maior número de árvores nas UPAs passou a ser *Protium puncticulatum* J F Macbr.

Na caracterização das três espécies mais abundantes de árvores grandes, antes da exploração e na última medição da floresta, foi possível verificar que na UPA D, onde houve maior representação de árvores grandes no conjunto das exploradas, apenas uma espécie manteve-se no ranking. Outra característica das árvores grandes mais abundantes foi que, à exceção de duas espécies, os demais gêneros possuem dentre seus atributos ecológicos, o fornecimento de alimento para fauna. Ainda que a visita a campo tenha objetivado a caracterização expedita de aspectos ecológicos das árvores grandes em algumas parcelas (sem rigor estatístico), cabe ressaltar que, a espécie *Licania paraenses* está entre as árvores mais abundantes, assim como a espécie *Geissospermum vellozii*, e na área de influência de indivíduos

(parcela circular na área da copa) dessas espécies foram registrados os maiores números de observações (diretas e indiretas) de fauna.

Na visita às 5 parcelas nas UPAs B e D foi possível encontrar 7,6 ($\pm 2,1$) árvores grandes.ha⁻¹, o que demonstra a importância das árvores remanescentes na floresta, principalmente quando selecionadas para este fim de garantir a regeneração natural para a produção de espécies comerciais em próximos ciclos de corte, como é o caso das árvores portasementes, que impactam também diretamente a fauna local (Wendt *et al.*, 2022). Em 90% das árvores grandes visitadas houve algum registro de observação direta e/ou indireta de fauna. Quanto às funções ecológicas ressalta-se que, de modo geral 94,7% delas foram registradas como dominantes ou codominantes, e abaixo de suas copas o nível de fechamento de dossel foi em média 91,4%, evidenciando que elas influenciam a entrada de luz no sub-bosque e em estratos inferiores (Lutz *et al.*, 2018)

Portanto, em síntese, as árvores grandes compuseram boa parte (cerca de 85% nas UPAs) do conjunto de indivíduos comerciais explorados no primeiro ciclo, registrados nas parcelas. Durante o pousio elas receberam novos indivíduos em sua classe e contribuíram em média com 23,3% do incremento periódico anual em volume por hectare, em contraste representaram em média 0,2% da taxa de mortalidade anual obtida para a floresta. E, para um segundo ciclo, as árvores grandes representam em média 70,7% do estoque de volume comercial das árvores de DAP ≥ 50 cm, considerando as regras CITES/IBAMA e a expansão da lista de espécies comerciais. Este estoque de árvores grandes comerciais, representa em média 76,23% do que a floresta possuía antes da exploração, portanto a recuperação ainda está em andamento.

Com isso, é possível esperar que para um segundo ciclo imediato seria razoável prever as alterações mais impactantes na estrutura das árvores grandes, e da floresta. Foi o que demonstrou a situação hipotética de uma exploração seletiva para um segundo ciclo de corte, que poderia reduzir 18,4% do volume total da floresta, mas que em termos de volume comercial, chegaria a reduzir em 46,7% do que a floresta possuía na última medição. Apesar de menor que a redução do primeiro ciclo, o estoque de volume comercial 23 anos após a exploração representa 76,16% do anterior, ou seja, ainda necessitará de mais tempo em condução de regeneração natural e dinâmica, isso implica que em nova redução deste estoque por quase metade acarretaria drástica diminuição de árvores grandes na floresta.

Os resumos estatísticos dos testes t pareados embasam estas inferências, já que as reduções dos estoques de volume total e comercial, e de biomassa, seriam significativas ($p <$

0,05) e consideráveis conforme a simulação do segundo ciclo, para a floresta toda, e para os conjuntos de árvores grandes e árvores comerciais. Estes resultados corroboram com estudos anteriores de experimentos com exploração florestal na região amazônica, e que verificaram que o ciclo de corte de 25 anos pode não se mostrar suficiente para recuperação total do estoque de volume comercial disponível na floresta para os próximos ciclos (Van Gardingen, *et al.*, 2006; Castro *et al.*, 2021).

Destaca-se que o presente trabalho foi possível a partir do esforço amostral para o monitoramento das parcelas permanentes ocorrido nos anos aqui mencionados, que compõe banco de dados essencial para a realização de pesquisas científicas na área de conhecimento do manejo florestal de florestas nativas e contribui para a evolução de técnicas e melhorias na atividade. No desenvolvimento do presente estudo verificou-se a importância do estabelecimento do calendário de medições padronizado para parcelas permanentes, gerando dados consistentes à construção de modelos que revelem padrões na recuperação da floresta ao longo dos anos, e em ocasiões de medições mais específicas, e possibilitando melhor comparabilidade entre as UPAs manejadas.

Por fim, o agrupamento das árvores, ao considerar seus atributos morfológicos de porte e aspectos que influenciam a produção comercial, constituiu importante método de análise, permitindo a visão de grupos considerados prioritários para a exploração, facilitando a aplicação de técnicas de seleção de espécies e até modelos de crescimento mais adequados, a fim de garantir a sustentabilidade do manejo de florestas nativas (Alder *et al.*, 2012; Betancourt, 2023).

8. Conclusões

As árvores grandes ($DAP \geq 60$ cm) desempenham importante papel na estrutura da floresta natural. Apesar de representarem apenas 5,4% do número de árvores total, contribuíam com pouco mais de um quarto (28% e 29% do total, respectivamente) da biomassa seca acima do solo e do volume total da floresta. Também antes da exploração era expressiva sua contribuição no estoque de volume comercial, onde elas representavam cerca de 71,23% do volume de árvores de espécies comerciais da floresta.

As árvores grandes, devido principalmente aos seus atributos e porte, costumam compor boa parte do conjunto selecionado para corte, cerca de 85% do volume de árvores exploradas no primeiro ciclo de corte foi de árvores grandes. E na exploração elas não foram mais impactadas que as árvores das menores classes, pois representaram 8,4% do número total de árvores que sofreram danos leves e/ou severos decorrentes da exploração.

E representaram ainda 3,6% do número de árvores mortas em decorrência da exploração no primeiro ciclo de corte, contudo isso equivale a cerca de 21% de área basal de árvores grandes que foi reduzida pela exploração.

As árvores grandes que permaneceram na floresta cumpriram seu papel em termos de manutenção da estrutura da floresta. Responderam a 23% do incremento periódico anual em volume, e apenas a 5,4% da mortalidade natural da floresta no período de 23 anos desde a exploração da floresta.

As mudanças nas métricas das árvores grandes durante a recuperação da floresta influenciou os estoques de volume comercial para o segundo ciclo. As árvores grandes já retomaram 76,2% do seu estoque de volume comercial, e 90% da contribuição com o estoque de volume e biomassa totais, que possuíam na floresta antes da exploração. Representavam na última medição 70% do estoque de volume comercial disponível para o segundo ciclo.

Além disso, as árvores grandes desempenham funções ecológicas cruciais à floresta. Influenciam a entrada de luz no sub-bosque e estratos inferiores – abaixo de suas copas o nível de fechamento do dossel pode ser cerca de 91,4%. Dominam o dossel da floresta, cerca de 95% das árvores grandes visitadas no estudo eram dominantes ou codominantes. Podem abrigar em sua copa até 15 indivíduos arbóreos com $5 \text{ cm} \leq DAP \leq 15\text{cm}$. Caracterizam-se ainda, como importante atrativo para a fauna, seja pelo fornecimento de abrigo ou alimento – em 89,5% das árvores grandes visitadas foram registradas observações diretas ou indiretas de fauna.

Portanto as árvores grandes são fundamentais no funcionamento do ecossistema, e são componentes decisivos na continuidade da produção florestal, evidenciando que considerar a

contribuição delas na estrutura da floresta auxilia na seleção de espécies e na criação de panoramas para garantia da sustentabilidade nos próximos ciclos de corte. Sugere-se que estudos futuros sejam realizados para aprofundamento das funções ecológicas e distribuição das árvores grandes em larga escala, para que elas sejam manejadas de acordo com suas necessidades diante de sua importância no ecossistema.

9. Referências Bibliográficas

- ABRAMOVAY, R. **Amazônia: por uma economia do conhecimento da natureza**. Editora Elefante, 2020. p. 112. ISBN: 9788593115639
- ABREU, S.; HERRERA, R.; MENEZES, M.; LEÃO, F.; SOUZA, O. Árvores matrizes de Vouacapoua americana aubl. em Plano de Manejo Florestal Comunitário. **Enciclopedia Biosfera**, v.15, n. 28, 2018. p. 111
- AGUIAR, A. P. D.; VIEIRA, I. C. G.; ASSIS, T. O.; DALLA-NORA, E. L.; TOLEDO, P. M.; OLIVEIRA SANTOS-JUNIOR, R. A.; ...; OMETTO, J. P. H. Land use change emission scenarios: anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. **Global change biology**, v. 22, n.5, 2016. p. 1821-1840.
- ALI, A.; WANG, L-Q. Big-sized trees and forest functioning: Current knowledge and future perspectives. **Ecological Indicators**, v. 127, 2021. p. 107760.
- ALI, A., LIN, S. L., HE, J. K., KONG, F. M., YU, J. H., & JIANG, H. S. Big-sized trees overrule remaining trees' attributes and species richness as determinants of aboveground biomass in tropical forests. **Global Change Biology**, v. 25, n.8, 2019. p.2810-2824.
- ALI, A.; MATTSSON, E.; NISSANKA, S. P.; WANG, L. Q. Topmost trees and foremost species underlie tropical forest structure, diversity and biomass through opposing mechanisms. **Forest ecology and management**, v. 473, 2020. p. 118299.
- ALMEIDA, R. B; CASTRO, M. B. Espacialização da dengue: Indicadores socioespaciais e aspectos climáticos no processo saúde-doença. **Revista Raega**. Curitiba, v.45, 2018. p. 200-2013.
- ALVES, J. C. Z. O.; MIRANDA, I. D. S. Análise da estrutura de comunidades arbóreas de uma floresta amazônica de Terra Firme aplicada ao manejo florestal. **Acta amazônica**, v. 38, 2008. p. 657-666.
- AMADOR, D. B.; KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p.340. ISBN: 8598187011.
- AMARAL, D. D. D.; VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA; S. S. D.; SALOMÃO, R. D. P.; SILVA, A. S. L. D.; JARDIM, M. A. G. Checklist da flora arbórea de remanescentes florestais da região metropolitana de Belém e valor histórico dos fragmentos, Pará, Brasil. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. **Cienc. Nat.**, Belém, v. 4, n. 3, 2009. p. 231-289.
- AMORIM, L.; SANTOS, B.; FERREIRA, R.; RIBEIRO, J.; DIAS, M.; BRANDÃO, I.; SOUZA JR., C.; VERÍSSIMO, A. **Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD)** – Belém: Imazon, 2023.
- ANDRADE, J. S. **Eventos extremos de precipitação pluvial na cidade de Itacoatiara-AM**. **Dissertação** (Pós-graduação): PPGG, Manaus: 2023.

BABU, S.; KUMARA, H. N.; JAYSON, E. A. Distribution, abundance and habitat signature of the Indian Giant Flying Squirrel *Petaurus philippensis* (Elliot, 1893) in the Western Ghats, India. *Journal of the Bombay Natural History Society*, v. 112, n. 2, 2015. p. 65-71.

BALVANERA, P.; PFISTERER, A. B.; BUCHMANN, N.; HE, J. S.; NAKASHIZUKA, T.; RAFFAELLI, D.; SCHMID, B. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology letters*, v. 9, n.10, 2006. p. 1146-1156.

BARLOW, J., GARDNER, T. A., ARAUJO, I. S., ÁVILA-PIRES, T. C., BONALDO, A. B., COSTA, J. E., ...; e PERES, C. A. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 104, n.47, 2007. p. 18555-18560.

BASTIN, J.-F., BARBIER, N., RÉJOU-MÉCHAIN, M., FAYOLLE, A., GOURLET-FLEURY, S., MANIATIS, D., ... e BOGAERT, J. Seeing Central African forests through their largest trees. *Scientific reports*, v. 5, n. 1, 2015. p. 13156.

BAUMANN, S.; SANTA BRÍGIDA, C. A.; DE ALMEIDA LIMA, B.; DE OLIVEIRA MELO, L. Estrutura e Dinâmica das espécies arbóreas da Floresta Nacional Do Tapajós, Belterra-Pará. In: 9º Congresso Florestal Brasileiro *Anais* – Brasília, DF. v. 1, n. 1, 2022. < <https://doi.org/10.55592/CFB.2022.3971344> > p. 190-193

BEILER, K. J.; DURALL, D. M.; SIMARD, S. W.; MAXWELL, S. A.; KRETZER, A. M. Architecture of the wood-wide web: Rhizopogon spp. genets link multiple Douglas-fir cohorts. *New Phytologist*, v. 185, n.2, 2010. p. 543-553.

BETANCOURT, J. L. R. **Dinâmica e ecologia de árvores em florestas manejadas na Amazônia Oriental brasileira**. (Tese de Doutorado). UnB: Brasília, DF, 2024.

BINKLEY, D. A hypothesis about the interaction of tree dominance and stand production through stand development. *Forest ecology and management*, v. 190, n. 2-3, 2004. p. 265-271.

BLANC, L., ECHARD, M., HERAULT, B., BONAL, D., MARCON, E., CHAVE, J., & BARALOTO, C. Dynamics of aboveground carbon stocks in a selectively logged tropical forest. *Ecological Applications*, v. 19, n.6, 2009. p. 1397-1404.

BLICHARSKA, M. e MIKUSIŃSKI, G. Incorporating social and cultural significance of large old trees in conservation policy. *Conservation Biology*, v. 28, 2014. p. 1558–1567.

BRADFORD, M.; MURPHY, H T. The importance of large-diameter trees in the wet tropical rainforests of Australia. *Plos one*, v. 14, n. 5, 2019. p. e0208377.

BRASIL. Lei federal nº 11.284 de 2 de março de 2006. Dispõe sobre gestão de florestas públicas para a produção sustentável. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 2006.

BRASIL. Decreto federal nº 5975, de 30 de novembro de 2006. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 2006.

BRAZ, E. M.; MATTOS, PP de. Manejo de produção em florestas naturais da Amazônia: mitos e verdades. **Nativa**, v. 3, n. 4, 2015, p. 292-295.

BRAZ, E.M., CANETTI, A., BASSO, R., de MATTOS, P. P. **Aplicando o conhecimento da dinâmica da floresta como subsídio para o manejo florestal sustentado de *Sextonia rubra* e *Jacaranda copaia***. Embrapa Florestas: Colombo, PR Abril, 2017. ISSN 1980-3982.

BROWN, SANDRA; LUGO, ARIEL E. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. **Interciencia Caracas**, v. 17, n. 1, p. 8-18, 1992.

BROWN, I. F., MARTINELLI, L. A., THOMAS, W. W., MOREIRA, M. Z., FERREIRA, C. C., & VICTORIA, R. A. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 75, n.1-3, 1995. p. 175-189.

CAMARGO, J. L. C e Manaus. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. **Manual de sementes da Amazônia**. Fascículo 2. Castanha-de-macaco - *Cariniana micrantha* Ducke-Lecythidaceae. INPA, Manaus, AM, 2003.

CAMARGO, J.L.C; FERRAZ, I.D.K. Acariquara-roxa, *Minquartia guianensis* Aulb. Olacaceae. **Manual de Sementes da Amazônia**. Fascículo 4, INPA, Manaus, AM, 2004. p.8.

CARDINALE, B. J.; WEIS, J. J.; FORBES, A. E.; TILMON, K. J.; IVES, A. R. Biodiversity as both a cause and consequence of resource availability: a study of reciprocal causality in a predator-prey system. **Journal of Animal Ecology**, v.75, n.2, 2006. p. 497-505.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas, v.5, 1^a edição. Embrapa: Brasília, DF, 2014.

CASTRO, T. da C.; CARVALHO, J. O. P. de. Dinâmica da população de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. durante 26 anos após a exploração florestal em uma área de terra firme na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, 2014. p. 161-169.

CAVALCANTE, Rogério. **Plantas da Amazônia**. Clube de Autores, 2011.

CHAMBERS, J. Q., DOS SANTOS, J., RIBEIRO, R. J., & HIGUCHI, N. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. **Forest ecology and management**, v.152, (1-3), 2001. p. 73-84.

CHAVE, J., RÉJOU-MÉCHAIN, M., BURQUEZ, A., CHIDUMAYO, E., COLGAN, M. S., DELITTI, W. B., VIEILLEDENT, G. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global change biology**, v. 20, n.10, 2014. p. 3177-3190.

CLARK, D. B.; FERRAZ, A.; CLARK, D. A.; KELLNER, J. R.; LETCHER, S. G.; SAATCHI, S. Diversity, distribution and dynamics of large trees across an old-growth lowland tropical rain forest landscape. **PLoS One**, v. 14, n. 11, 2019. e0224896.

CLARK, D. B., & CLARK, D. A. Abundance, growth and mortality of very large trees in neotropical lowland rain forest. **Forest Ecology and Management**, 80 (1-3), 1996. p. 235-244.

CLOKE, P.; JONES, O. **Tree cultures: the place of trees and trees in their place.** Routledge, 2020.

COSTA, D. H. M., CARVALHO, J. D., & Berg, E. V. D. Crescimento diamétrico de maçaranduba (*Manilkara huberi* Chevalier) após a colheita da madeira. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 3, n.5, 2007. p. 65-76.

CREWS, Keith I. Nonconventional timber construction. In: Nonconventional and Vernacular Construction Materials. **Science**, Woodhead Publishing, 2020. p. 437-466.

CRYZWACZ, A.; KECZYŃSKI, A.; SZCZEKPÓWSKI, A.; BIELAK, K.; BOLIBOK, L.; BURACZYK, W.; DROZDOWSKI, S.; GAWRON, L.; SZELIGOWSKI, H.; ZAJĄCZKOWSKI, J.; BRZEZIECKI, B. Monumental trees in the Strict Reserve of the Białowieża National Park. **Sylwan**, v.162, n.11, 2018. p. 915-926.

DAS, A. J.; STEPHENSON, N. L.; DAVIS, K. P. Why do trees die? Characterizing the drivers of background tree mortality. **Ecology**, v. 97, n.10, 2016. p. 2616-2627.

DAS CHAGAS, R. S., GOMES, J. M., DE CARVALHO, J. O. P., FERREIRA, J. E. R. Sobrevivência e crescimento de plântulas de *Manilkara huberi* Chevalier durante cinco anos em clareiras causadas pela exploração de impacto reduzido na Amazônia brasileira. **Scientia Forestalis**, v.40, 2012. p.417-424.

DEAN, W. R. J.; MILTON, S. J.; JELTSCH, F. Large trees, fertile islands, and birds in arid savanna. **Journal of Arid Environments**, v. 41, n. 1, p. 61-78, 1999.

DEARMOND, D.; EMMERT, F.; PINTO, A. C.; LIMA, A. J.; HIGUCHI, N. (2023). A systematic review of logging impacts in the Amazon biome. **Forests**, v. 14, n.1, 2023. p. 81.

DE SOUZA, A. L.; JARDIM, F. C. S. **Sistemas silviculturais aplicados às florestas tropicais.** UFV/Sociedade de Investigações Florestais, 1993.

DE SOUZA, M. A. S., DE AZEVEDO, C. P., DE SOUZA, C. R., FRANÇA, M., & VASCONCELOS NETO, E. L. Dinâmica e produção de uma floresta sob regime de manejo sustentável na Amazônia central. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, 2017. p. 55 – 63.

DE CARVALHO, J. O. P. **Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal.** Embrapa: Belém, PA, 1999.

DE GRAAF, N. R.; VAN ELDIK, T. Chapter 10 – Precious Woods, Brazil. **Sustainable Management of Tropical Rainforests**, 2011. p. 186 – 200.

DE OLIVEIRA, L. C., DO COUTO, H. T. Z., SILVA, J. N. M., & DE CARVALHO, J. O. P. Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, **Scientia Forestalis**, n. 69, 2005. p.62-76.

DE OLIVEIRA, A. C., MAR, J. M., CORREA, R. F., SANCHES, E. A., CAMPELO, P. H., DA SILVA RAMOS, A., & DE ARAÚJO BEZERRA, J. Pouteria spp. fruits: Health benefits

of bioactive compounds and their potential for the food industry. **Food Research International**, v. 173, 2023. p. 113310.

DIONISIO, L. F. S. Efeitos a médio prazo da exploração seletiva no crescimento, mortalidade e recrutamento de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. em uma floresta amazônica. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 125, 2020. p. e3154.

DONATO, C. R., RIBEIRO, A. S., OLIVEIRA, D. G., & SOUTO, L. S. Análise de aspectos ecológicos da vegetação como ferramenta indicadora da conservação do entorno de cavernas em Laranjeiras, Sergipe. **Scientia Plena**, v. 14, n.12, 2019.

ENQUIST, B. J., ABRAHAM, A. J., HARFOOT, M. B., MALHI, Y., & DOUGHTY, C. E. The megabiota are disproportionately important for biosphere functioning. **Nature Communications**, v. 11, n.1, 2020. p. 699.

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Global Forest Resources Assessment 2020** (Roma: FAO) (<https://doi.org/10.4060/ca8753en>).

FALESI, I.C.; CRUZ, E. de S.; PEREIRA, F. B; LOPES, E. de C. **Solos da Área Manaus – Itacoatiara**. Estado do Amazonas: Secretaria de Estado da Produção em colaboração com o Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária Do Norte (IPEAN) Série Estudos e Ensaios, n.º 1 Edição do Setor de Relações Públicas, 1969.

FERREIRA, R. L.A. **Grandes árvores da Amazônia: relações entre os estoques de biomassa, a riqueza de espécies e os estoques madeireiros**. Tese de Doutorado. UFRA-Campus Belém, 2023.

FILHO, F. Z. C. **Distribuição vertical da diversidade de epífitas vasculares em uma área de manejo florestal na Amazônia central**. Dissertação (Mestrado – PPGCIFA: UFAM), Manaus, 2021.

FONSECA, T., CAMPOS, J., CONTENTE, F. D. S., & LEÃO, N. **Estudo comparativo da distribuição espacial de duas espécies arbóreas: macaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Cheval) e Tauari (*Couratari guianensis*) existentes no Jardim Botânico Bosque Rodrigues Alves**. Embrapa Amazônia Ocidental, 2002.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. D. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, Estado do Pará. **Ciência Florestal**, v. 13, n.2, p. 71-82, 2003.

GARDNER, T. A., BARLOW, J., ARAUJO, I. S., ÁVILA-PIRES, T. C., BONALDO, A. B., COSTA, J. E., ...; PERES, C. A. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology letters**, 11(2), 139-150, 2008.

GENTRY, A. H.; TERBORGH, J. Composition and dynamics of the Cocha Cashu" mature" floodplain forest. In: **A.H. Gentry (Editor)**, Four Neotropical Rainforests, Yale University Press, New Haven, CT, 1990. p. 542-564.

GONÇALVES, F. G.; SANTOS, J. R. dos. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Acta Amazonica**, v. 38, 2008. p. 229-244.

GORGENS, E. B.; NUNES, M. H.; JACKSON, T.; COOMES, D.; KELLER, M.; REIS, C. R.; VALBUENA, R.; ROSETTE, J.; DE ALMEIDA, D. R. A.; GIMENEZ, B.; CANTINHO, R.; MOTTA, A. Z.; ASSIS, M.; PEREIRA, F. R. DE S.; SPANNER, S.; GIBBONS, P.; LINDEMAYER, D. B. Tree Hollows and Wildlife Conservation in Australia. **CSIRO Publishing**, Melbourne, 2002.

HIGUCHI, N. Utilização e manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas. **Acta Amazonica**, v. 24, n. 3-4, 1994. p. 275-288.

HIGUCHI, F. G. **Dinâmica de volume e biomassa da floresta de terra firme do Amazonas**. (Tese Doutorado – UFPR) Curitiba, 2015.

HIGUCHI, N.; OMETTO, J. P. Resource availability and disturbance shape maximum tree height across the Amazon. **Global Change Biology**, v. 27 n.1, 2021. p. 177-189.

HIRAI, E. H.; de CARVALHO, J. O. P.; Pinheiro, K. A. O. Comportamento populacional de cupiúba (Gouania glabra Aubl.) em floresta de terra firme na fazenda rio capim, Paragominas (PA). **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 47, n. 1, 2007. p. 89-102.

HOOPER, D. U.; CHAPIN III, F. S.; EWEL, J. J.; HECTOR, A.; INCHAUSTI, P.; LAVOREL, S.; LAWTON, J. H.; LODGE, D. M.; LOREAU, M.; NAEEM, S.; SCHMID, B.; SETALA, H.; SYMSTAD, A. J.; VANDERMEER, J.; WARDLE, D. A. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. **Ecological monographs**, v.75, n.1, 2005. p.3-35.

HOSOKAWA, R.T.; MOURA, J.B. de.; CUNHA, U.S. **Introdução ao Manejo e Economia de Florestas**. Curitiba: Editora da UFPR. 1997.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**, 2012.

IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Amazônia Legal, 2020**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geologia/15819-amazonia-legal> > Acesso em: 03/06/2022.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa nº 28, de 11 de dezembro de 2024. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 13 dez. 2024. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-ibama-n-28-de-11-de-dezembro-de-2024-601443686> >. Acesso em: 01/07/2025.

IMAI, N., SUGAU, J. B., PEREIRA, J. T., TITIN, J., KITAYAMA, K. Impacts of selective logging on spatial structure of tree species composition in Bornean tropical rain forests. **Journal of Forest Research**, v.24, n.6, 2019. p.335-340.

IMAÑA E., J.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. 2005.

INSTITUTO FLORESTA TROPICAL. **Manejo de florestas naturais da Amazônia: corte, traçamento e segurança** / Marlei M. Nogueira; Valderez Vieira; Arivaldo de Souza; Marco W. Lentini. – Belém, PA: IFT, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Nota Técnica**: Estimativa da Taxa de Desmatamento na Amazônia Legal para 2023. São José dos Campos: INPE. Disponível em <https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/estimativa-de-desmatamento-na-amazonia-legal-para-2023-e-de-9-001km2/2023_1020_Nota_tecnica_Estimativa_Taxa_2023_SEI.pdf>. Acesso em: 26/09/2023.

JABR, F. The social life of forests. **New York Times Magazine**, 2020. p. 32-41.

JOHNSON, N. C., HOEKSEMA, J. D., BEVER, J. D., CHAUDHARY, V. B., GEHRING, C., KLIRONOMOS, J., ... & ZABINSKI, C. From Lilliput to Brobdingnag: extending models of mycorrhizal function across scales. **Bioscience**, v.56, n.11, 2006. p.889-900.

KEETON W. S. e FRANKLIN J. F. Do remnant old-growth trees accelerate rates of succession in mature Douglas-fir forests?. **Ecological Monographs**. Feb; v. 75, n. 1, 2005. p. 103-18.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie. – **Gebrüder Bornträger**, v.1, 1936. p. 1-44, part C.Berlim,

KRUSKAL, W. H. e WALLIS, W. A. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. **Journal of the American Statistical Association**, v. 47, n. 260, 1952. p. 583-621.

LAMEIRA, M. K. D. S. **Análise da estrutura horizontal e composição de uma floresta tropical como subsídio à ampliação do seu potencial produtivo para o manejo florestal**. PPGCIFA (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023.

LAMPRECHT, D.R. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LEVENE, H. **Robust Test for Equality of Variances**. In Olkin, I. et al. (ed). Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling. California: Stanford University Press, United States, 1960. p. 278-292.

LENTINI, M.; ANDRADE, M.; NUNES, F.; SANTOS, H. Amazonas, o Gigante Florestal Brasileiro: desafios e oportunidades para o uso e a conservação das florestas naturais de produção. Timberflow. **IMAFLORA**, v.5, n.1, 2021. p.20.

LIMA, A. J. N. **Avaliação de um sistema de Inventário Florestal Contínuo em áreas manejadas e não manejadas do Estado do Amazonas (AM)**. Tese (Doutorado) PIPBTRN, Manaus, AM: 2010.

LIMA, K. L. S., FURTADO, A., DE SOUZA, F. I. B., DA COSTA, P. A., & XAVIER JUNIOR, S. R. **Espécies de valor comercial madeireiro na xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental: Sapotaceae juss.** VII Congresso Florestal Latino-Americano, Vitória, ES, 2018.

LIMA, P. A. F.; PACHÊCO, B. S.; DE SOUSA, S. R.; GATTO, A.; AQUINO, F. D. G.; DE ALBUQUERQUE, L. B. **Indicadores ecológicos: ferramentas para o monitoramento do processo de restauração ecológica.** DF: Embrapa Cerrados, 2015.

LINDENMAYER, D. B. Conserving large old trees as small natural features. **Biological Conservation**, v. 211, 2017. p. 51-59.

LINDENMAYER, D. B.; LAURANCE, W. F. The ecology, distribution, conservation and management of large old trees. **Biological Reviews**, v. 92, n. 3, 2016. p. 1434-1458.

LINDO, Z.; WHITELEY, J. A. Old trees contribute bio-available nitrogen through canopy bryophytes. **Plant and Soil**, v. 342, 2011. p. 141-148.

LIRA, L. P. DE. **Agrupamento Ecológico e Funcional de Espécies Florestais da Amazônia Central.** (Dissertação Pós-graduação), PPGCIFA: Manaus/AM, 2011.

LOWE, R. G. Experience with the tropical shelterwood system of regeneration in natural forest in Nigeria. **Forest Ecology and Management**, v. 1, 1976. p. 193-212.

LUGO, Ariel E.; BROWN, Sandra. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. **Forest Ecology and Management**, v. 54, n. 1-4, 1992. p. 239-255.

LUTZ, J. A., FURNISS, T. J., JOHNSON, D. J., DAVIES, S. J., ALLEN, D., ALONSO, A., ZIMMERMAN, J. K. Global importance of large-diameter trees. **Global Ecology and Biogeography**, v. 27, n. 7, 2018. p. 849-864.

MACHADO, S. D. A., SANTOS, A. A. P. D., ZAMIN, N. T., & NASCIMENTO, R. G. M. Distribuição espacial de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana. **Ciência Rural**, v. 42, n.6, 2012.

MAGALHÃES, N. dos S.; MARENCO, R. A.; MENDES, K. R. Aclimatação de mudas de acariquara à alta irradiação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, 2009. p. 687-694.

MAIA, M. A. M., MARMO, J. L. **Geodiversidade do Estado do Amazonas.** Manaus: CPRM. 2010. 275 p.

MANN, H.B. e WHITNEY, D.R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Annals of Mathematical Statistics**, v. 18, 1947. p. 50-60.

MAPBIOMAS. Destaques do mapeamento anual de cobertura e uso da terra entre 1985 a 2021. Disponível em: < https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/11/MapBiomas_AMAZONIA_Setembro_2022_03092022.pdf > Acesso em: 27/09/2024.

MARTINS, R. L.; GRIBEL, R. Polinização de *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. (Caryocaraceae) uma árvore emergente da Amazônia Central. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, p. 37-45, 2007.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; DA SILVA, A. S. L.; FERNANDES, M. M.; MARGALHO, L. F. **Noções morfológicas e taxonômicas para identificação botânica. 1ª edição.** Brasília, DF: Embrapa Cerrado, 2014.

MATHYS, A. S., BRANG, P., STILLHARD, J., BUGMANN, H., & HOBI, M. L. Long-term tree species population dynamics in Swiss forest reserves influenced by forest structure and climate. **Forest Ecology and Management**, v. 481, 2021, 118666.

MAZZEI, L.; SIST, P.; RUSCHEL, A.; PUTZ, F. E.; MARCO, P.; PENA, W.; FERREIRA, J. E. R. Above-ground biomass dynamics after reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest ecology and management**, v.259, n.3, 2010. p. 367-373.

Mil Madeiras Preciosas Ltda. **Plano de Manejo Florestal Sustentável da Mil Madeiras Preciosas/PWA.** VI Reformulação. Amazonas, Itacoatiara, 2013.

Mil Madeiras Preciosas Ltda. **Resumo Público** – Manejo Florestal Sustentável. Amazonas, Itacoatiara, 2021. Disponível em: <https://www.preciouswoods.com/domains/preciouswoods_com/data/free_docs/RESUMO%20PÚBLICO%20MIL%20MADEIRAS%202020%20_v1.pdf> Acesso em: 08/2022.

Mil Madeiras Preciosas Ltda. **Resumo Público** – Manejo Florestal Sustentável. Amazonas, Itacoatiara, 2025. Disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/1ZZPaHdAZyWSLihK86rZV_XDiESYR57n> Acesso em: 08/2025.

MIRANDA, R. L. de; MARTINS, E. M.; LOPES, K. A potencialidade energética da biomassa no Brasil. **Desenvolvimento Socioeconômico em Debate**. v. 5, n. 1, 2019. p. 94-106.

MONTEIRO, F., FRANCEZ, L. D. B., BATISTA, F. D. J., OLIVEIRA, T., FERREIRA, T., NOBREGA, J., ...; RUSCHEL, A. Regeneração natural do gênero *Protium* burm. F.(Burseraceae) antes e após exploração de impacto reduzido, Paragominas, PA. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE BOTÂNICA, 11.; CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 65.; ENCONTRO REGIONAL DE BOTÂNICOS-MG, BA, ES, 34., 2014, Salvador. **Botânica na América Latina: conhecimento, interação e difusão.** Brasília, DF: SBS, 2014.

MORI, Scott A. A família da castanha-do-Pará: símbolo do Rio Negro. **Florestas do Rio Negro**, 2001. p. 119-142.

NEPSTAD, D. C., DE CARVALHO, C. R., DAVIDSON, E. A., JIPP, P. H., LEFEBVRE, P. A., NEGREIROS, G. H.; SILVA, E.D.; STONE, T. A.; TRUMBORE, S. E; VIEIRA, S. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. **Nature**, 372, n. 6507, 1994. p. 666-669.

NOGUEIRA, W. L. P., FERREIRA, M. J., DE ALMEIDA MARTINS, N. O. Estágio inicial da regeneração natural de espécies arbóreas em área alterada no Estado do Amazonas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018.

OLIVEIRA, C. D. **O efeito da idade da floresta na disponibilidade de cavidades para aves não escavadoras nas reservas do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais, Amazônia Central.** (Dissertação Mestrado PPDB: UFAM) 2015.

PERES, C. A.; GARDNER, T. A.; BARLOW, J.; ZUANON, J.; MICHALSKI, F.; LEES, A. C.; ...; E FEELEY, K. J. Biodiversity conservation in human-modified Amazonian forest landscapes. **Biological conservation**, v.143, n.10, 2010. p.2314-2327.

PERLIN, J. A forest journey: The story of wood and civilization. **The Countryman Press**, 2005.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. **Journal of Theoretical Biology**, v. 13, 1966. p. 131–144.

PINTO, A. C. M.; Souza, A. L. D.; Souza, A. P. D.; Machado, C. C.; Minette, L. J.; Vale, A. B. D. Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime de manejo florestal sustentado na Amazônia Ocidental. **Revista Árvore**, v. 26, 2002. p. 459-466.

PIVA, L. R DE O.; SANQUETTA, C. R.; WOJCIECHOWSKI, J.; PAULA, A.; CORTE, D. Estoques de biomassa e carbono na Amazônia brasileira: uma nova abordagem. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2021. Supl. 2, p. 1-20.

PROJETO MapBiomas - **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil - Coleção 9.** Acesso em: 08/2025 através do link: < https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/10/Factsheet-Amazonia_C9_01.10_v2.pdf>”.

PUNCHI-MANAGE, R.; WIEGAND, T.; WIEGAND, K.; GETZIN, S.; HUTH, A.; GUNATILLEKE, C. S.; GUNATILLEKE, I. N. Neighborhood diversity of large trees shows independent species patterns in a mixed dipterocarp forest in Sri Lanka. **Ecology**, v. 96, n. 7, 2015. p. 1823-1834.

QUESADA, C. A., LLOYD, J., ANDERSON, L. O., FYLLAS, N. M., SCHWARZ, M., & CZIMCZIK, C. I. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. **Biogeosciences**, v.8, n.6, 2011. p.1415-1440.

REIS, L. P., RUSCHEL, A. R., SOARES, M., CRUZ, E., & LEONARDO PEQUENO REIS, D. U. **Sapotaceae em uma floresta de terra firme no município de Moju, Embrapa Amazônia Oriental**, Pará, 2015.

RIBEIRO, A. C. F., DA FONSECA, L. C., & PEREIRA, C. M. P. O plano de manejo florestal como instrumento de desenvolvimento sustentável na Amazônia. **Direito e Desenvolvimento**, v.11, n.1, 2020. p. 264-276.

RODE, R., FIGUEIREDO FILHO, A., DO AMARAL MACHADO, S., & GALVÃO, F. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* e em uma Floresta Ombrófila Mista no centro-sul do Paraná. **Floresta**, v. 40, n.2, 2010.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEM, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal.**

LERF/ESALQ: SP, 2009. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd/5da841_f47ee6a4872540ee8c532166fb7e7b0.pdf> Acesso em: 09 de maio de 2023.

ROQUE, W. V. **Mapeamento geoambiental da área urbana de Manaus-AM**. Dissertação (Pós-Graduação) PPGCASA: Manaus, 2006.

ROQUE LUNA, E., DE FREITAS, F. C., DE AZEVEDO, C. P., DE SOUZA, C. R. Carbon Stock And Dynamics In Natural Regeneration In Managed Forest In The Central Amazon. **Floresta**, v. 54, n.1, 2024.

ROQUETTE, J. G. Distribuição da biomassa no Cerrado e a sua importância na armazenagem do carbono. **Ciência Florestal** (01039954), v. 28, n. 3, 2018.

SCHIETTI, J.; MARTINS, D.; EMILIO, T.; SOUZA, P. F.; LEVIS, C.; BACCARO, F. B.; PINTO, J. L. P. DA V.; MOULATLET, G. M.; STARK, S. C.; SARMENTO, K.; ARAÚJO, R. N. O.; COSTA, F. R. C.; SCHÖNGART, J.; QUESADA, C. A.; SALESKA, S. R.; TOMASELLA, J.; MAGNUSSON, W. E. Forest structure along a 600 km transect of natural disturbances and seasonality gradients in central-southern Amazonia. **Journal of Ecology**, v.104, n.5, 2016. p.1335-1346.

SCHÖNGART, Jochen. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 1-2, 2008. p. 46-58.

SHANNON, C.E.; WIENER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

SHAPIRO, S. S. e WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete sample). **Biometrika, Great Britain**, v. 52, n. 3, 1965. p. 591-611.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. Distribuição espacial de árvores na Floresta Nacional do Tapajós. Belém: EMBRAPA-CPATU, **Circular Técnica** n. 26, 1982.

SILVA, J. N. M. e LOPES, J. do C. A. Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia utilizada pela EMBRAPN-CPATU na Amazônia brasileira. In: **Anais do II Simpósio sobre Inventário Florestal**. Piracicaba, 1984. p. 65-79

SILVA, J. A experiência do manejo sob rendimento sustentado em florestas tropicais. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7. Curitiba. **Floresta para o Desenvolvimento: Política, Ambiente, Tecnologia e Mercado: anais**. São Paulo: SBS;[SI]: SBEF, 1993.

SILVA, J. N. M. **Manejo florestal**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1996.

SILVA, J. N. N. Manejo de florestas de terra-firme da Amazônia brasileira. EMBRAPA-CNPF. **Documentos**, v. 34, 1997.

SILVA, R. P. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)**. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007. 152 p.

SILVA, K. E. da; DE SOUZA, C. R.; DE AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Dinâmica florestal, estoque de carbono e fitossociologia de uma floresta densa de terra-firme na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, 2015. p. 193-201.

SIMARD, S. **Finding the mother tree: Uncovering the wisdom and intelligence of the forest**. Penguin UK, 2021.

SIMEX – Sistema de Monitoramento da Exploração Madeireira. **Mapeamento da Exploração Madeireira no Amazonas – Agosto de 2022 a Julho de 2023**. Disponível em: < <https://amazon.org.br/categorias/simex/> > Acesso em: 01/09/2025.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. *Nature*, v. 163, p. 688, 1949. SIST, P.; NOLAN, T.; BERTAULT, J. G.; DYKSTRA, D. Harvesting intensity versus sustainability in Indonesia. **Forest ecology and management**, v.108, n.3, 1998. p.251-260.

SIST, P., MAZZEI, L., BLANC, L., & RUTISHAUSER, E. Large trees as key elements of carbon storage and dynamics after selective logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v.318, 2014. p.103-109.

SLIK, J. F., PAOLI, G., MCGUIRE, K., AMARAL, I., BARROSO, J., BASTIAN, M., ... & ZWEIFEL, N. Large trees drive forest aboveground biomass variation in moist lowland forests across the tropics. **Global ecology and biogeography**, v. 22, n. 12, 2013. p. 1261-1271.

SMITH, V. G. Compatible basal area growth and yield models consistent with forest growth theory. **Forest Science**, v. 29, n. 2, 1983. p. 279-288.

SOUZA, D. R. D.; SOUZA, A. L. D.; SILVA, M. L. D.; RODRIGUES, F. L. Ciclo de corte econômico ótimo em floresta ombrófila densa de terra firme sob manejo florestal sustentável, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, v. 28, 2004. p. 681-689.

SOUZA, C. R. D.; AZEVEDO, C. P. D.; ROSSI, L. M. B.; SILVA, K. E. D.; SANTOS, J. D.; HIGUCHI, N. Dinâmica e estoque de carbono em floresta primária na região de Manaus/AM. **Acta Amazônica**, v. 42, 2012. p. 501-506.

SOUZA, A. L. de; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013.

SOUZA, M. A. S de. **Dinâmica e produção de uma floresta sob regime de manejo sustentável na Amazônia Central**. Dissertação (Pós-graduação) PPGCIFA: Manaus/AM, 2014.

SOUZA, F. D. de. **Dinâmica fluvial do rio Amazonas e implicações socioeconômicas para a cidade de Itacoatiara–AM**. Dissertação (Pós-graduação) PPGG: Manaus/AM, 2022.

TANAKA, A.; TSUCHIYA, A.; HIGUCHI, N. Short-Term Responses of Tree Growth Rings in Natural Gaps for Forest Management. In **Estudos Dendrológicos E Ecológicos Na**

Amazônia: Oportunidades E Experiências (Vol. 1). Editora Científica Digital, 2022. pp. 66-86.

TANG, H.; DUBAYAH, R. Light-driven growth in Amazon Evergreen forests explained by seasonal variations of vertical canopy structure. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, 2017. p. 2640-2644.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M. C.; SCHWAGER, M.; JELTSCH, F. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of biogeography**, v.31, n.1, 2004. p.79-92.

VAN BODEGOM, A. J.; DE GRAAF, N. R. **Sistema CELOS de manejo**. Manual preliminar. In: Werkdocument IKC natuurbeheer nr. 65. IKC/NBLF, 1994. p.58.

VAN GARDINGEN, P. R.; VALLE, D.; THOMPSON, I. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajos National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 231, n. 1-3, 2006. p. 184-195.

VELOSO, L. C., BOÁS, B. B., SILVA, J. N. M., DE FREITAS, L. J. M., & NASCIMENTO, R. G. M. Impacto da exploração madeireira sobre a mortalidade de árvores remanescentes em uma floresta manejada no município de Parago-minas, Pará. **Ciência Florestal**, 2025. e67880-e67880.

VIDAL, E.; VIANA, V. M.; BATISTA, J. L. F. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental. **Scientia forestalis**, n. 61, 2002. p. 133-143.

VILELA, E. F.; CALLEGARO, G. M.; FERNANDES, G. W. **Biomas e agricultura: oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019.

WEGER, M. J. A. **Sustainable Management of Tropical Rainforests: the CELOS Management System**. (ed) Tropenbos International, Paramaribo, Suriname, 2011.

WENDT, A. L., CHAZDON, R. L., & VARGAS RAMIREZ, O. Successional trajectories of seed dispersal mode and seed size of canopy tree species in wet tropical forests. **Frontiers in Forests and Global Change**, v.5, 2022, p. 946541.

WINFREE, R., W. FOX, J., WILLIAMS, N. M., REILLY, J. R., & CARIVEAU, D. P. Abundance of common species, not species richness, drives delivery of a real-world ecosystem service. **Ecology letters**, v.18, n.7, 2015. p.626-635.

WINKLER, N. Environmentally sound forest harvesting: testing the applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 1997.

ZANETTI, E. A. Mudanças climáticas globais, florestas e mercado de carbono. **Dia de Campo**, Curitiba, 2013.

ZIEMBOWICZ, M. M., LIESENBERG, V., DE FARIAS, J. A., DE SOUZA, P. D., BERNARDY, D., DE SOUZA, M. V. R., ... & PEREIRA, A. E. S. Fitossociologia de áreas de

floresta de terra firme na Floresta Nacional do Jamari (RO) submetidas à exploração florestal na Amazônia Tropical. **Revista Delos**, v. 18, n. 67, 2025. p. e4986-e4986.