



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ANTONIA SANDRA OLIVEIRA DA SILVA

**DINÂMICA DE *Eschweilera amazonica* R. Knuth (MATAMATA-CI) EM UMA ÁREA
DE FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**BELÉM – PA
2022**

ANTONIA SANDRA OLIVEIRA DA SILVA

**DINÂMICA DE *Eschweilera amazonica* R. Knuth (MATAMATA-CI) EM UMA ÁREA
DE FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: João Olegário Pereira de Carvalho
Coorientador: Luiz Fernandes Silva Dionisio
Coorientador: Ademir Roberto Ruschel

**BELÉM – PA
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S586d Silva, Antonia Sandra Oliveira da
Dinâmica de *Eschweilera amazonica* R. Knuth (matamata-ci) em uma área de floresta de terra firme na Amazônia oriental / Antonia Sandra Oliveira da Silva. - 2022.
53 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais (PPGCF), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2022.
Orientador: Prof. Dr. João Olegário Pereira de Carvalho
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Fernandes Silva Dionisio; Prof. Dr. Ademir Roberto Ruschel.
1. Dinâmica de floresta natural. 2. Distribuição diamétrica de árvores. 3. Floresta amazônica. 4. Mortalidade de árvores, recrutamento de árvores, crescimento de árvores. I. Carvalho, João Olegário Pereira de. *orient.* II. Título
-

CDD

ANTONIA SANDRA OLIVEIRA DA SILVA

DINÂMICA DE *Eschweilera amazonica* R. Knuth (MATAMATA-CI) EM UMA ÁREA DE FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA ORIENTAL

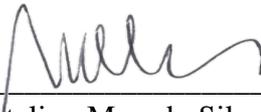
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Belém, como parte da exigência do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração Manejo Florestal, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 30 de abril de 2022

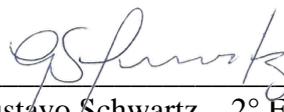
BANCA EXAMINADORA



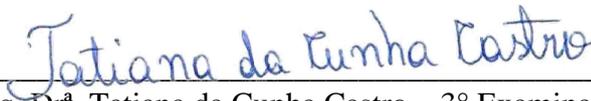
Prof. Dr. João Olegário Pereira de Carvalho - Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Prof. Dr. José Natalino Macedo Silva – 1º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Pesq. Dr. Gustavo Schwartz – 2º Examinador
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa



Pesq. Dr.ª Tatiana da Cunha Castro – 3º Examinador
Universidade Federal do Pará - UFPA

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela formação científica e acadêmica.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela oportunidade de mestrado.

À Embrapa Amazônia Oriental pela concessão dos dados e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de pós-graduação.

Aos professores Dr. João Olegário Pereira de Carvalho, Dr. Luiz Fernandes Silva Dionisio e Dr. Ademir Roberto Ruschel pelos ensinamentos e confiança em mim depositada.

RESUMO

Eschweilera amazonica R. Knuth é uma espécie com alto potencial para comercialização, porém, pouco utilizada por falta de conhecimento sobre suas populações. A fim de aumentar o conhecimento sobre a espécie, avaliou-se a sua dinâmica em uma área experimental à altura do km-114 da BR 163, Floresta Nacional do Tapajós (03° 18' 32'' S - 03° 19' 21'' S e 54° 56' 28'' W - 54° 56' 15'' W), onde foi realizada uma exploração madeireira e foram aplicados tratamentos silviculturais. Os dados foram coletados em 60 parcelas permanentes de 0,25 ha localizadas em área explorada e não explorada, em um período de 31 anos. Nesse período avaliou-se a estrutura da população da espécie, as taxas de mortalidade, recrutamento e crescimento de indivíduos com DAP $\geq 5,0$ cm. Os resultados do estudo revelaram que a espécie apresenta distribuição diamétrica na forma de J-invertido que não foi alterada pela exploração florestal, embora não tenha se mostrado balanceada, de acordo com o quociente "q" de De Liocourt. A exploração florestal não afetou significativamente a estrutura da população, apresentando densidade de 11,08 ind. ha⁻¹ após 31 anos de monitoramento. Por outro lado, a espécie não ultrapassa o diâmetro mínimo de corte de 50 cm como estabelecido na legislação vigente. Deste modo, para a espécie ser explorada, é necessária uma aprovação especial do órgão licenciador para sua extração. *E. amazonica* apresentou estabilidade entre mortalidade e recrutamento, no entanto com a maior taxa de mortalidade (6,1% ano⁻¹) logo após a exploração, o que pode estar ligado não apenas à retirada da madeira, mas também aos danos causados pela atividade na vegetação remanescente. O incremento diamétrico foi significativo apenas aos sete anos após a exploração permanecendo semelhante entre a área explorada e não explorada nos demais períodos. Conclui-se que a espécie não necessita de formação de grandes clareiras para estabelecimento e crescimento, no entanto se beneficia com a abertura do dossel da floresta, confirmando a natureza ecológica da espécie de tolerância à sombra.

Palavras-chaves: Dinâmica de floresta natural. Distribuição diamétrica de árvores. Floresta amazônica. Mortalidade de árvores, recrutamento de árvores, crescimento de árvores.

ABSTRACT

Eschweilera amazonica R. Knuth is a species with high potential for commercialization. However, little used due to lack of knowledge about its population. In order to improve the knowledge of the species, the dynamics of *E. amazonica* was evaluated in an experimental area at km 114 of the BR 163, Tapajós National Forest (03° 18'32" S - 03° 19' 21" S and 54° 56 ' 28" W - 54° 56' 15" W), where logging and silvicultural treatments were carried out. Data were collected in 60 permanent plots of 0.25 ha located in logged and unlogged areas, over a 31-year period. During this period, the population structure of the species, mortality, recruitment and growth rates of individuals with DBH \geq 5.0 cm were evaluated. The results of the study revealed that the species presents a J-reverse diameter distribution that was not altered by the logging, although it was not balanced, according to De Liocourt's "q" quotient.. Logging did not significantly affect the population structure, with a density of 11.08 ind. ha⁻¹ after 31 years of monitoring. On the other hand, the species does not exceed the minimum cut diameter of 50 cm as established by current legislation. Thus, for the species to be harvested, special approval from the environmental licensing agency is required for its extraction. *E. amazonica* showed stability between mortality and recruitment, however with the highest mortality rate (6.1% year⁻¹) right after logging, which may be due not only to the removal of wood, but also to the damage caused by the activity in remaining vegetation. The diameter increment was significant only at seven years after logging, remaining similar between the logged and unlogged area in the other periods. It is concluded that the species does not need large gaps for establishment and growth, however it benefits from the opening of the forest canopy, confirming the ecological nature of shade-tolerant species.

Keywords: Natural forest dynamics. Tree diameter distribution. Amazonian rainforest. Tree mortality. Tree recruitment. Tree growth.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Área experimental - km 114 da BR 163, FLONA do Tapajós.	25
Figura 2. Distribuição espacial das parcelas permanentes na área experimental, floresta explorada e área controle, do inventário florestal contínuo na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), estado do Pará.	28
Figura 3. Densidade (ind. ha ⁻¹) nas classes diamétricas por ano de monitoramento de <i>Eschweilera amazonica</i> na área experimental de 180 ha na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), estado do Pará.	34
Figura 4. Taxa média de mortalidade e recrutamento na explorada (A) e área não explorada (B) de indivíduos da espécie <i>Eschweilera amazonica</i> no km 114 na Floresta Nacional do Tapajós, PA, Brasil.	36
Figura 5. Taxa média de incremento periódico anual em diâmetro (IPAdap cm ano ⁻¹) de indivíduos da espécie arbórea <i>Eschweilera amazonica</i> no km 114, Floresta Nacional do Tapajós, PA, Brasil.	39
Figura 6. Taxa média de incremento periódico anual em diâmetro (IPAdap cm ano ⁻¹) por classes de diâmetro de indivíduos da espécie <i>Eschweilera amazonica</i> em um período de 31 anos na floresta explorada e 29 anos floresta não explorada no km 114, Floresta Nacional do Tapajós, PA, Brasil.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estudos na região amazônica com o “q” de De Liocourt.	18
Tabela 2. Histórico das atividades ocorridas na área experimental de 180 ha na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), estado do Pará.....	26
Tabela 3. Densidade, dominância e frequência de <i>Eschweilera amazonica</i> na área experimental de 180 ha na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), estado do Pará.	32
Tabela 4. Distribuição diamétrica observada e quociente de De Liocourt (“q”) de indivíduos da espécie <i>Eschweilera amazonica</i> na FLONA Tapajós em 2012.....	35
Tabela 5. Volume (m ³ ha ⁻¹) por classe diamétrica por ano de monitoramento de <i>Eschweilera amazonica</i> na área experimental de 180 ha na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), estado do Pará.	42
Tabela 6. Número de indivíduos por código de dano da espécie <i>Eschweilera amazonica</i> em um período de 31 anos na floresta explorada e 29 anos floresta não explorada no km 114, Floresta Nacional do Tapajós, PA, Brasil.	53
Tabela 7. Densidade de indivíduos mortos por hectare por código de dano da espécie <i>Eschweilera amazonica</i> no km 114, Floresta Nacional do Tapajós, PA, Brasil.	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 QUESTÕES CIENTÍFICAS, HIPÓTESES E OBJETIVOS	13
2.1 Questões Científicas	13
2.2 Hipóteses	13
2.3 Objetivo Geral	13
2.4 Objetivos Específicos	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 <i>Eschweilera amazonica</i>	14
3.2 Estrutura Populacional.....	16
3.2.1 Estrutura horizontal	16
3.2.2 Estrutura diamétrica.....	17
3.3 Processos dinâmicos	19
3.3.1 Avaliação do recrutamento e mortalidade	19
3.3.2 Mortalidade.....	19
3.3.3 Recrutamento.....	21
3.3.4 Crescimento	22
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1 Características da área de estudo	25
4.2 Amostragem e obtenção dos dados	26
4.3 Cálculos e análises.....	28
4.3.1. Estrutura da população	28
4.3.2 Mortalidade e recrutamento.....	30
4.3.3 Crescimento da população.....	31
4.3.4 Análise estatística	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6 CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICES	53

1 INTRODUÇÃO

A dinâmica florestal compreende os processos de mudanças de estágios de desenvolvimento estruturais e funcionais que ocorrem em uma floresta ao longo do tempo (ANDRADE et al., 2020; MOGNON et al., 2012). Assim, o estudo de dinâmica e da estrutura do ecossistema é fundamental para apoiar práticas de manejo sustentável, previsão de sua produção futura, conciliar produção e conservação de espécies raras e com baixa abundância, sendo um importante aliado no apoio às ações de restauração de uma floresta alterada (DIONISIO et al., 2018; SILVA et al., 2003; SILVA et al., 2015).

A análise da estrutura pode ser feita utilizando os parâmetros densidade, frequência e dominância (MORO; MARTINS, 2011). A análise da dinâmica florestal é realizada mediante estudos das taxas de crescimento, ingressos e mortalidade, além das mudanças ocorridas na distribuição diamétrica ao longo do tempo, possibilitando prever o desenvolvimento das comunidades e populações e contribuir com o manejo das espécies florestais (LIMA; LEÃO, 2013).

Em florestas manejadas as taxas de mortalidade permitem determinar se as populações estão sendo afetadas negativamente, enquanto a regeneração natural e recrutamento indicam se as populações estão sendo renovadas. De acordo com os processos ecológicos locais, as florestas podem estar em equilíbrio, com balanço entre mortalidade e recrutamento, ou seja, indivíduos são perdidos e repostos continuamente (SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987), como resultado das interações dos fatores biótico e abiótico (JARDIM, 2015).

O crescimento das árvores está entre os principais interesses dos silvicultores, sendo entendido como mudanças na forma e tamanho do tronco, com adição contínua de novas camadas de lenho ao longo de todo o material lenhoso existente (CAMPOS; LEITE, 2017). No entanto, diversas espécies da floresta amazônica não possui informações ecológicas suficientes para dar suporte à sua utilização de forma sustentável, tornando o estudo sobre a dinâmica de espécies muito importante (CRUZ et al., 2021; DIONISIO et al., 2022). Assim, a compreensão das taxas de recrutamento, mortalidade e crescimento ajuda no entendimento da capacidade regenerativa das espécies e detecção das pressões sobre os ecossistemas, causadas por distúrbios antrópicos, e são fundamentais para o planejamento da produção e determinação dos ciclos de corte em florestas tropicais (VATRAZ et al., 2012; VIANA; JARDIM, 2013).

As florestas tropicais são muito heterogêneas. Cada espécie pode apresentar comportamento diferenciado, e até mesmo de cada indivíduo em relação ao meio (LEWIS et al., 2004; SILVA et al., 2003; VIANA; JARDIM, 2013). Isso dificulta as avaliações dos parâmetros biológicos e torna o manejo sustentável de florestas naturais, destinado à produção madeireira, uma atividade complexa e desafiadora (TEIXEIRA et al, 2007; VATRAZ et al., 2012).

Diversos estudos de dinâmica de espécies florestais na Amazônia brasileira que avaliam estrutura, mortalidade, recrutamento, crescimento e regeneração natural (e.g., AMARAL et al., 2019; ANDRADE et al., 2020; CARVALHO et al., 2004; JARDIM, 2015; DIONISIO et al., 2017), destacam informações da comunidade como um todo. Em sua maioria, estes estudos não fornecem informações detalhadas sobre cada espécie, gênero e família botânica, devido à grande biodiversidade e complexidade de florestas tropicais, como é o caso da floresta amazônica (MARTINS et al., 2018; REIS P. et al., 2014; SILVA et al., 2003). Estudos que levem em consideração parâmetros individuais das espécies podem fornecer informações mais precisas para o manejo de florestas tropicais.

O conhecimento da estrutura da população e do crescimento de cada espécie, assim como de suas características ecológicas, silviculturais e tecnológicas é necessário para determinar o seu ciclo de produção, o diâmetro mínimo de corte e o seu ciclo de corte (FREE et al., 2016; GROGAN et al., 2014; PINTO, 2021; SANQUETTA et al., 1996). Isso pode contribuir para aprimorar o atual Sistema Silvicultural Brasileiro para florestas de terra firme da Amazônia (BRASIL, 2006; YARED et al., 2000) proposto, testado e estudado desde 1989 (ALDER et al., 2012; SILVA, 1993). Nas últimas décadas esse sistema silvicultural vem sendo aprimorado especialmente após a adoção das técnicas de exploração de impacto reduzido (EIR) (PINARD et al, 1995; PUTZ; PINARD, 1993; SABOGAL et al., 2009; SCHWARTZ et al., 2016).

As espécies do gênero *Eschweilera* apresentam grande abundância na Amazônia brasileira (GIMENEZ et al., 2017; ter STEEGE et al., 2006;2013) e possuem madeiras com características anatômicas e tecnológicas que podem ser utilizadas para diversos fins (CARVALHO, 2001; REIS; REIS, 2016; MOUTINHO et al., 2011; MOUTINHO et al., 2012) e, por isso, podem apresentar grande potencial para serem incluídas em planos de manejo de florestas naturais para produção madeireira. Porém, são pouco utilizadas por falta de conhecimento sobre suas populações na floresta, em relação à estrutura, distribuição

espacial de indivíduos, dinâmica de crescimento, recrutamento e mortalidade, desenvolvimento nas fases da vida desde a regeneração natural, além de ausência de caracterização tecnológica adequada.

A inserção de novas espécies no mercado tende a diminuir a pressão exercida sobre um grupo restrito de espécies exploradas, possibilitando um sistema silvicultural mais sustentável, além de proporcionar mais alternativas de diversificação de usos dos recursos florestais (CARVALHO, 2001; DIONISIO, 2020). Com o intuito de contribuir para aumentar o conhecimento sobre o comportamento das populações dessas espécies em florestas naturais e avaliar a possibilidade de usos da madeira, em projetos de manejo florestal sustentável, esta pesquisa busca avaliar a dinâmica de *Eschweilera amazonica* R. Knuth em uma floresta manejada e monitorada pós exploração durante 31 anos na Amazônia oriental.

2 QUESTÕES CIENTÍFICAS, HIPÓTESES E OBJETIVOS

2.1 Questões Científicas

As seguintes questões foram abordadas nesta dissertação:

(a) A abertura de clareiras causadas pela exploração florestal influencia a dinâmica de crescimento e a estrutura da população de *Eschweilera amazonica*?

(b) A população de *E. amazonica* possui características dendrométricas que possibilitem a sua inclusão em um sistema silvicultural policíclico?

2.2 Hipóteses

Para a questão (a) será testada a hipótese H1 e para a questão (b) será testada a hipótese H2.

H1: A abertura de clareiras não têm impacto significativo sobre a dinâmica de crescimento e na estrutura na população de *E. amazonica*.

H2: *Eschweilera amazonica* apresenta distribuição diamétrica na forma de J-invertido, e indivíduos dentro do diâmetro mínimo de corte $DMC \geq 50$ cm especificado para espécies florestais amazônicas brasileiras.

Para responder à essas questões científicas, a pesquisa terá como principais objetivos:

2.3 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da abertura da exploração na dinâmica e estrutura de *Eschweilera amazonica* em uma floresta de terra firme manejada na Amazônia Oriental.

2.4 Objetivos Específicos

- Avaliar a abundância, frequência, dominância e distribuição diamétrica de *E. amazonica* em um o período de 31 anos na Amazônia Oriental;
- Avaliar as taxas de recrutamento e mortalidade de *E. amazonica* no período de 31 anos na Amazônia Oriental;
- Avaliar a dinâmica do crescimento de *E. amazonica* no período de 31 anos na Amazônia Oriental.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Eschweilera amazonica*

A família botânica Lecythidaceae é uma das famílias mais importantes na composição florística das florestas na bacia amazônica brasileira (REIS P. et al., 2014). É encontrada em florestas tropicais nas Américas, desde o extremo norte do México ao extremo sul do Paraguai, sendo em maior diversidade na Amazônia (MORI, 1990). Possui três subfamílias: Foetidioideae e Planchonioideae com ocorrência nos trópicos africanos e asiáticos, e Lecythidoideae exclusiva dos trópicos americanos (MORI et al., 2007).

A maior parte das espécies de Lecythidaceae são árvores de terra firme, e não se desenvolvem bem em ambientes com grandes perturbações, principalmente em áreas com desmatamento em grande escala e com interferência de fogo, sendo suas espécies um indicador de florestas com pouca ou nenhuma alteração. Em vista disso, para um bom desenvolvimento de suas espécies é necessário à proteção de grandes extensões de florestas (MORI, 1990; MORI et al., 2007).

A família Lecythidaceae possui 22 gêneros e 325 espécies (PRANCE, 2012), sendo *Eschweilera* o maior gênero da família, com aproximadamente 100 espécies, porém com maior dificuldade de identificação, devido a muitas características vegetativas semelhantes e à falta de coletas botânicas adequadas (MORI, 1990; SOUZA; LORENZI, 2012; MATTA, SCUDELLER, 2012). No Brasil ocorrem 10 gêneros da família Lecythidaceae e cerca de 120 espécies, com maior distribuição na floresta amazônica (SOUZA; LORENZI, 2012). O gênero *Eschweilera* apresenta 13 espécies endêmicas da região amazônica, entre elas a *Eschweilera amazonica* (SMITH; MORI; PRANCE, 2015).

Grande parte das espécies do gênero é característica de terra firme, no entanto existem espécies tanto em altas altitudes como em regiões de várzeas e até no cerrado (MORI, 1990). As espécies do gênero *Eschweilera* em geral apresentam copa densa, tamanho de médio a grande, fuste cilíndrico, folhas simples com disposição alternada, penínérvea e superfície lisa e glabra. O alburno é distinto do cerne, textura fina, brilho moderado e grã direita (MOUTINHO et al., 2012). As espécies do gênero são tolerantes à sombra, ou seja, percorrem todo o seu ciclo de vida em condições de sombra, no entanto se beneficiam da abertura do dossel (HEINSDIJK; BASTOS, 1963; OLIVEIRA et al., 2005).

Eschweilera, além de ser o gênero mais abundante e com grande número de espécies

hiperdominantes (GIMENEZ et al., 2017; ter STEEGE et al., 2006; 2013), possui potencial significativo para ser incluído em projetos de manejo florestal na região amazônica, pois fornece uma diversidade de produtos de madeira e biomassa para carvão vegetal (GIMENEZ et al., 2017; MOUTINHO et al., 2011).

Eschweilera amazonica R. Knuth é uma espécie amplamente distribuída na região amazônica (MORI, 1990), também conhecida popularmente como matama-ci. Apresenta floema róseo, coloração da madeira marrom, gosto desagradável e cheiro semelhante ao de esterco (MOUTINHO et al., 2012). As árvores podem atingir 25 m de altura, as folhas são pequenas (6-11 cm de comprimento) com face adaxial ligeiramente brilhante e margens lisas, o tronco tem base cilíndrica, o ritidoma é liso nas plantas jovens e fissurado em plantas mais velhas e a casca interna é amarelo-avermelhada (MATTA; SCUDELLER, 2012). A madeira de *E. amazonica* apresenta densidade alta (0,90 g cm⁻³) (FEARNSIDE, 1997), dura, grã direita, textura grossa, parênquima axial paratraqueal vasicêntrico e em linhas, raios não estratificados, arranjo dos poros diagonal, vasos/poros solitários, camadas de crescimento indistintas, indicada para construção civil no uso de pontes, dormentes, postes etc. (REIS; REIS, 2016).

A espécie foi considerada importante de acordo com seu índice de importância dentro da estrutura da Floresta Nacional do Tapajós antes da exploração e após a exploração, destacando que a mesma não foi explorada (CARVALHO, 2001). *E. amazonica* é tida como espécie com potencial para comercialização já com especificação de uso de acordo com suas características físico-mecânicas, no entanto de acordo com Carvalho (2001) a falta de conhecimento do mercado sobre sua madeira inviabiliza sua exploração. O mesmo salienta para necessidade de marketing para a inserir no mercado. Informações sobre autoecologia e dinâmica das espécies comerciais são fundamentais para que práticas silviculturais e de conservação adequadas ao manejo sejam adotadas, uma vez que esses estudos ainda são incipientes na Amazônia brasileira (CRUZ et al., 2021).

3.2 Estrutura Populacional

3.2.1 Estrutura horizontal

A estrutura populacional de uma espécie é resultado da ação de fatores bióticos e abióticos, se referindo ao modo como os indivíduos da espécie se relacionam com o meio no qual estão inseridos, e esses fatores afetam o arranjo espacial e a estrutura etária do componente arbóreo (HUTCHINGS, 1997). A estrutura da floresta pode ser avaliada por meio de cálculos de densidade/abundância (quantidades de indivíduos de cada espécie por unidade de área), frequência (maneira como cada espécie está distribuída na área) e dominância (espaço ocupado por cada espécie) (MORO; MARTINS, 2011; MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

A densidade absoluta é definida como o número total de indivíduos que pertencem a uma determinada espécie por unidade de área, enquanto a densidade relativa é definida como sendo a participação de cada espécie em relação ao número total (100%) do número de indivíduos registrados na área (MORO; MARTINS, 2011; MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

A frequência representa a regularidade da distribuição horizontal de cada espécie. A frequência absoluta de uma espécie é expressa em valor percentual das parcelas em que essa espécie ocorre, enquanto a frequência relativa é a porcentagem de frequência de cada espécie, em relação à somatória da frequência absoluta de todas as espécies (MORO; MARTINS, 2011; MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

Dominância se refere a estimativa de área basal de uma espécie ou comunidade por área, portanto mede o grau de ocupação da espécie no ambiente (MORO; MARTINS, 2011). Dominância absoluta consiste na soma da área basal de todos os indivíduos de uma mesma espécie presente na amostra, e dominância relativa corresponde à participação da cada espécie em relação à área basal total expressa em porcentagem (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

Densidade, dominância e frequência são parâmetros usados para descrever do ponto de vista estrutural uma comunidade vegetal por meio da ocorrência por unidade de área, ou seja, como cada espécie ocupa o espaço em que está inserida e sua característica demográfica, além de como essas espécies se distribuem na área (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG,

1974).

3.2.2 Estrutura diamétrica

A distribuição diamétrica é um histograma de frequência do diâmetro das árvores (ROBINSON, 2004). A análise da distribuição diamétrica ao longo do tempo possibilita determinar a intensidade de alteração ocorrida na comunidade arbórea ou população e, assim, facilitar o entendimento dos processos de ingresso, mortalidade e crescimento de uma determinada espécie, além de fornecer informação sobre o estágio sucessional da vegetação, tornando-se ferramenta útil para o planejamento da sua exploração e uso sustentável (DURIGAN, 2012; REIS L. et al., 2014; SANTOS et al., 2018a).

No planejamento da colheita da madeira, deve-se considerar a distribuição diamétrica por espécie para determinar a intensidade de indivíduos a serem explorados de forma que não prejudique a capacidade de recuperação da população (REIS L. et al., 2014). A garantia de permanência de determinada espécie em uma floresta está diretamente relacionada ao número de indivíduos e à sua distribuição em classes diamétricas, em que a baixa densidade de indivíduos adultos e regenerantes comprometerá a manutenção da espécie na floresta (VIANA; JARDIM, 2013).

Em geral a distribuição diamétrica pode ser decrescente ou conhecida como exponencial negativa (J-invertido), unimodal ou irregular, dependendo da estrutura da floresta, de populações e de grupos ecológicos distintos (ROBINSON, 2004). Espécies tolerantes à sombra tendem a apresentar distribuição J-invertido e espécies heliófilas não possuem indivíduos nas classes de tamanho menores ou distribuição descontínua (CRUZ, et al., 2021; JARDIM, 2015; SANTOS et al., 2018b).

A maior parte dos estudos sobre distribuição diamétrica é em nível de comunidade, essa quase sempre em forma de J-invertido, todavia, quando se analisa em nível de espécie, a distribuição pode divergir da distribuição em J-invertido, relacionado ao comportamento ecológico da espécie de mudanças ocorridas ao longo do tempo (ABREU et al., 2014; CARVALHO; NASCIMENTO, 2009; REIS L. et al., 2014), devido à ação humana (CRUZ, et al., 2021; MEYER, 1952; SOUZA; SOUZA 2005), ou a causas naturais (SANTOS et al., 2018b).

As comunidades ou populações vegetais naturais que possuem distribuição

diamétrica na forma J-invertido, ou seja, maior quantidade de indivíduos nas classes de tamanhos menores, são consideradas estáveis, ou auto regenerantes (DURIGAN, 2012; LIMA; LEÃO, 2013), porém essa forma pode ser alterada por ações antrópicas (CARVALHO; NASCIMENTO, 2009). A distribuição em exponencial negativa indica que se estas comunidades ou populações forem exploradas, terão capacidade de suportar e recuperar o estoque de madeira retirado (REIS et al., 2010).

O quociente “q” de De Liocourt (1898) é uma das ferramentas utilizadas para avaliar a estrutura balanceada da floresta através da distribuição diamétrica da população ou comunidade arbórea. O quociente “q” consiste no resultado da divisão do número de indivíduos em uma classe de diâmetro pelo número de indivíduos da classe seguinte. Quanto maior for o quociente “q” médio da população, maior será as consequências para a perpetuação da espécie, uma vez que altos valores de quociente “q” médio significa que há baixa taxa de recrutamento de novos indivíduos (CARVALHO; NASCIMENTO, 2009).

De acordo com Meyer (1952) o quociente "q" de De Liocourt" variam de 1,13 a 1,56 em florestas inequianas balanceadas. A maior parte dos estudos sobre distribuição diamétrica em florestas tropicais brasileiras descrevem apenas o formato da distribuição diamétrica, J-invertido por exemplo, e poucos utilizam o “q” de De Liocourt (REIS L. et al., 2014), como os apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Estudos na região amazônica com o “q” de De Liocourt.

Município/região	Descrição	Autor e ano	Valor “q”
Santana, Amapá	Floresta com exploração florestal	Costa et al. (2019)	1,22
Afuá, Pará	Várzea amazônica	Gama et al. (2005)	1,74
Paragominas, Pará	Floresta com exploração florestal	Oliveira et al. (2019)	1,68 a 1,72
Mojú, Pará	Floresta com exploração florestal	Reis L. et al. (2014)	1,85 a 1,98
Macapá, Amapá	Floresta com exploração florestal	Santos et al. (2018a)	2,05
Dom Eliseu, Pará	Floresta intensamente explorada	Siviero et al. (2020)	2,30 a 2,70
Paragominas, Pará	Floresta com exploração florestal	Silva et al. (2018)	1,98

Com base no resultado da análise da distribuição diamétrica por meio do quociente “q”, é possível inferir sobre o estado de alteração da floresta, em que, se a taxa de recrutamento for similar à taxa de mortalidade, significa que a distribuição pode ser considerada regular ou equilibrada (ALVES JUNIOR et al., 2010).

3.3 Processos dinâmicos

3.3.1 Avaliação do recrutamento e mortalidade

A mortalidade e o recrutamento de árvores são eventos extremamente variáveis em pequenas escalas temporais. Entretanto, longos períodos de coleta de dados permitem assegurar confiabilidade às taxas de recrutamento e mortalidade da vegetação em florestas tropicais. Uma alternativa para a coleta contínua de dados são as medições repetidas em parcelas permanentes em longo prazo (DE AVILA et al., 2015; SHEIL; MAY, 1996).

Em florestas não alteradas, considerando um longo período, qualquer método consistente de avaliação produzirá resultados mostrando um equilíbrio dinâmico entre mortalidade e recrutamento (SHEIL; MAY, 1996). Esse equilíbrio entre mortalidade e recrutamento indica a flutuação na densidade populacional das espécies e é a principal informação obtida no estudo da dinâmica de populações ou comunidades, pois resulta da interação de todos os fatores bióticos e abióticos (JARDIM, 2015).

As estimativas de taxas de recrutamento e mortalidade podem ser diretamente afetadas pelo intervalo de tempo entre inventários. Levando em consideração populações heterogêneas, e diferentes fases de crescimento, por exemplo, a taxa de mortalidade diminuirá com o aumento do intervalo entre inventários (LEWIS et al, 2004). Isto ocorre pelo fato de que indivíduos mais jovens têm maior probabilidade de morte que indivíduos adultos (SHEIL; MAY, 1996). Estudos realizados em florestas tropicais têm demonstrado que diversos fatores influenciam nas taxas de mortalidade e recrutamento, como pluviosidade, solo saturado, ventos fortes, topografia íngreme (DIONISIO et al., 2017; LIEBERMAN; LIEBERMAN, 1987) e distúrbios antrópicos como exemplo a abertura de clareiras causadas pela exploração florestal (DIONISIO, 2020; JARDIM, 2015).

3.3.2 Mortalidade

De acordo com Jardim (2015), a mortalidade refere-se ao número de plantas que morreram entre duas amostragens estáticas, por causas naturais como pragas, doenças, queda natural, competição ou por causas artificiais, como a exploração de madeira. Compreender os processos de mortalidade de árvores contribui para o entendimento dos ecossistemas naturais, pois a mortalidade das árvores representa um importante papel ecológico nesses ecossistemas

(LEWIS et al, 2004).

A mortalidade é resultado de características ecofisiológicas específicas de cada espécie e influenciada por diversos fatores ambientais, tais como: estrutura e textura do solo, clima, vento, secas, altas temperaturas, dimensão e número de clareiras, haja vista que clareiras de grandes dimensões afetará a sobrevivência do indivíduo (CARVALHO, 1997; DIONISIO et al., 2017; HURST et al., 2011). Além dos fatores ambientais, a taxa de mortalidade em florestas tropicais está associado ao maior tempo de vida das árvores, distribuição nas classes de tamanho e abundância relativa das espécies (CARVALHO, 1997).

A mortalidade de indivíduos pode ocasionar alteração nas condições do microambiente e, conseqüentemente, na taxa de crescimento de árvores vizinhas, além disso, a mortalidade de um indivíduo pode aumentar ou diminuir a probabilidade de morte de outros indivíduos no seu entorno (SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987).

As estimativas da taxa de mortalidade frequentemente usadas em florestas tropicais são baseadas em modelos que assumem uma população homogênea, na qual cada membro tem igual e constante probabilidade de morrer por qualquer unidade de tempo, assumindo um declínio exponencial (SHEIL; BURSLEM; ALDER, 1995; SHEIL; MAY, 1996).

Além de causas naturais, a mortalidade em situações pós-colheita também é pouco conhecida. Compreender os padrões de mortalidade das árvores em áreas manejadas é uma tarefa desafiadora, pois exige estudos de longo prazo. A compreensão desses padrões pode fornecer estratégias favoráveis à sobrevivência como, por exemplo, a adoção de técnicas de impacto reduzido, e indicar possibilidades de utilização de árvores mortas ou de alto risco de morte (DIONISIO et al., 2017).

A taxa de mortalidade das árvores declina com o aumento da distância da borda da clareira, e o oposto ocorre: árvores mais próximas à clareira têm maior risco de morte (GRAY; SPIES; PABST, 2012), uma vez que essas aberturas podem ser ocasionadas pela atividade de exploração florestal (derruba e arraste de toras abatidas e pátios de estocagem). Em florestas naturais, em estado de equilíbrio dinâmico, as taxas de mortalidade são constantes nas classes acima de 10 cm de DAP, indicando que não há correlação direta com a idade da árvore. Entretanto há correlação direta com os grupos ecológicos (SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987; LIEBERMAN; LIEBERMAN, 1987).

Para estudar a mortalidade de comunidades ou populações, vários modelos foram propostos. Os que levam em consideração o número de indivíduos mortos ao invés do número

de indivíduos sobreviventes e também os que levam em consideração o tempo de amostragem e a análise feita por meio dos sobreviventes (NAKAGAWA et al., 2000; NEPSTAD et al., 2007; PRIMACK et al., 1985; SHEIL; BURSLEM; ALDER, 1995). Para análise de população total, o modelo proposto por Sheil e May (1996) é um dos mais indicados, pois basear-se no somatório das mortalidades das subpopulações. Uma subpopulação poderia ser, por exemplo, uma classe de tamanho.

As medidas mais simples empregam contagens de mortalidade para populações pré-determinadas em um intervalo de tempo definido entre inventários, e formulações mais complexas são necessárias para permitir a comparação de taxas de mortalidade obtidas em intervalos de tempo variados (SHEIL; BURSLEM; ALDER, 1995). No que se refere à análises homogêneas com intervalo de tempo de um ano, as equações de Primack et al. (1985) e Sheil et al. (1995) apresentam o mesmo resultado, entretanto para avaliação de populações heterogêneas esses modelos são indicados para avaliar cada subpopulação separadamente (SHEIL; MAY, 1996).

A taxa anual de mortalidade varia de 1% a 2% em florestas tropicais naturais (DIONISIO et al., 2017; LIEBERMAN; LIEBERMAN, 1987; SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987; TOLEDO et al. 2011). As espécies pioneiras apresentam taxas mais altas de mortalidade, por atingirem mais cedo a senescência e por serem mais susceptíveis à seca, competição, ação de fungos e bactérias ou a combinação desses fatores (DIONISIO et al., 2017; LEWIS et al., 2004).

3.3.3 Recrutamento

O recrutamento se refere à entrada de novos indivíduos nos limites de inclusão no processo de amostragem em uma determinada população ou comunidade, muitas vezes considerado como sinônimo de ingresso, sendo o ingresso plântulas a entrada de um indivíduo jovem pela primeira vez na amostra (CARVALHO, 1997; COSTA; SILVA; CARVALHO, 2002). A taxa de recrutamento de uma população é uma manifestação da fecundidade da espécie e, do crescimento e sobrevivência dos indivíduos juvenis. Um estudo adequado da dinâmica populacional deve, portanto, incluir os indivíduos juvenis (SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987). O crescimento de cada indivíduo influencia no número de indivíduos que alcançaram as classes seguintes de tamanho (JARDIM, 2015).

Para se analisar o recrutamento, a divisão da população em subpopulações que possuam estágios de vida similares é mais adequada, devido às diferenças no crescimento dos indivíduos em determinando estágio. Além disso, a forma e a intensidade com que os fatores afetam cada indivíduo são diferentes, o que influencia no tempo que o indivíduo permanece em determinado estágio (SHEIL; MAY, 1996). Portanto, o recrutamento depende do intervalo de tempo entre os levantamentos (SHEIL; MAY, 1996).

A abertura de clareiras proporciona um aumento na regeneração natural e, por conseguinte, no recrutamento de novos indivíduos (SANQUETTA et al., 1996). O recrutamento é influenciado pela sobrevivência das árvores após a morte de outras, uma vez que disponibiliza espaço e recursos para indivíduos já existentes e novos crescerem (SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987). De acordo Swaine, Lieberman e Putz (1987) estudando a dinâmica das florestas tropicais observou que a taxa de recrutamento das árvores a um DAP mínimo de inclusão está intimamente ligada à taxa de mortalidade, mantendo a densidade de árvores com $DAP > 10$ cm mais ou menos constante.

Indivíduos recrutados podem morrer antes de terem sido contabilizados no levantamento subsequente, os quais são como “luzes que piscam - se acendem e desligam - enquanto estamos fora da sala”. Por não serem contados diretamente nas determinações de recrutamento ou mortalidade, têm influência nos resultados das taxas de mortalidade e recrutamento, principalmente quando os intervalos de tempo não são constantes, ou para grandes intervalos de tempo (SHEIL; MAY, 1996).

Tal como para mortalidade as taxas de recrutamento podem ser obtidas por diversos modelos, como o uso de fórmulas para intervalo regular de medição/levantamento (CONDIT et al., 1999, NAKAGAWA et al., 2000; NEPSTAD et al., 2007). Sheil e May (1996) propuseram um modelo para estimar a taxa anual de recrutamento, que leva em consideração a influência do intervalo de tempo na quantificação do recrutamento. Esse modelo pressupõe que as populações estão em equilíbrio, onde o número de indivíduos inicial representa o número de indivíduos constante, portanto esse modelo diminui o efeito dos intervalos irregulares.

3.3.4 Crescimento

O principal interesse da silvicultura é o crescimento das árvores, mensurado pelo aumento do diâmetro, altura, área basal e volume (JARDIM, 2015; SWAINE;

LIEBERMAN; PUTZ, 1987). É caracterizado pelo acréscimo contínuo de camadas de lenho em todo o tronco da árvore (CAMPOS; LEITE, 2017). Conhecer o crescimento da população de uma espécie é fundamental para o seu manejo adequado (DIONISIO, 2020; PINTO, 2021). Por meio da instalação de parcelas amostrais permanentes é possível avaliar o crescimento e toda a dinâmica de regeneração natural da floresta, que é uma prática muito utilizada em florestas tropicais (SILVA et al., 2001).

A extração de madeira provoca aberturas na floresta e ocasiona maior penetração de luz e diminuição momentânea da competição das espécies por nutrientes, logo estimula o crescimento da floresta (SILVA et al., 2001). As árvores que recebem maior radiação solar apresentam melhor desenvolvimento e conseqüentemente maior incremento em diâmetro (DIONISIO, 2020; JARDIM, 2015; SANTOS et al., 2018b; SILVA et al., 2001).

As espécies pioneiras apresentam altas taxas de crescimento, pois necessitam ocupar rapidamente o dossel da floresta para obter maior radiação solar para sua sobrevivência. Espécies do sub-bosque podem passar toda a sua existência à sombra, e seu crescimento e mortalidade podem ou não se correlacionar tão claramente com a posição no dossel (SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987).

No trabalho de Reis P. et al. (2014), o aumento da radiação solar proporcionada pela exploração florestal estimulou a regeneração das espécies de Lecythydaceae, e em maior parte favoreceu o crescimento das árvores e, conseqüentemente, aumentou a densidade e a área basal das árvores remanescentes da família.

As florestas naturais exploradas apresentam maior crescimento em relação às não exploradas (MARTINS et al., 2018), e a taxa de crescimento dos indivíduos que receberam tratamentos silviculturais pode dobrar em relação à floresta explorada e não tratada (SILVA et al., 2001; SILVA et al., 2018). O efeito de tratamentos é melhor observado quando avaliado a partir da regeneração, dado que árvores de menores diâmetros apresentam respostas mais rápidas de crescimento devido ao aumento da radiação solar, uma vez que árvores grandes raramente ficam no interior de uma clareira (CASTRO et al., 2021; DIONISIO, 2020). Árvores grandes têm maior crescimento em diâmetro e espécies intolerantes à sombra têm rápido crescimento em diâmetro (CARVALHO et al., 1997).

As florestas tropicais são muito heterogêneas, o que dificulta avaliações de variáveis biológicas, principalmente as relacionadas ao crescimento e à produção florestal, e torna o manejo sustentável de florestas naturais destinado à produção madeireira uma atividade

complexa e desafiadora devido à grande diversidade de espécies (VATRAZ et al., 2012; VIANA; JARDIM, 2013). Além do mais, grande parte dos estudos referentes ao crescimento das florestas tropicais não considera o padrão de crescimento individual (SILVA et al., 2003), fato que dificulta a avaliação da dinâmica por espécies.

As árvores diferem substancialmente em sua taxa de crescimento entre e dentro das populações de espécies de acordo com a idade, estações do ano e condições climáticas (SILVA et al., 2003; SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987). Espécies de florestas tropicais apresentam comportamentos diferenciados sob diferentes condições ambientais, com respostas individualizadas de cada espécie, cada família, ou até mesmo de cada indivíduo em relação ao meio (SILVA et al., 2003).

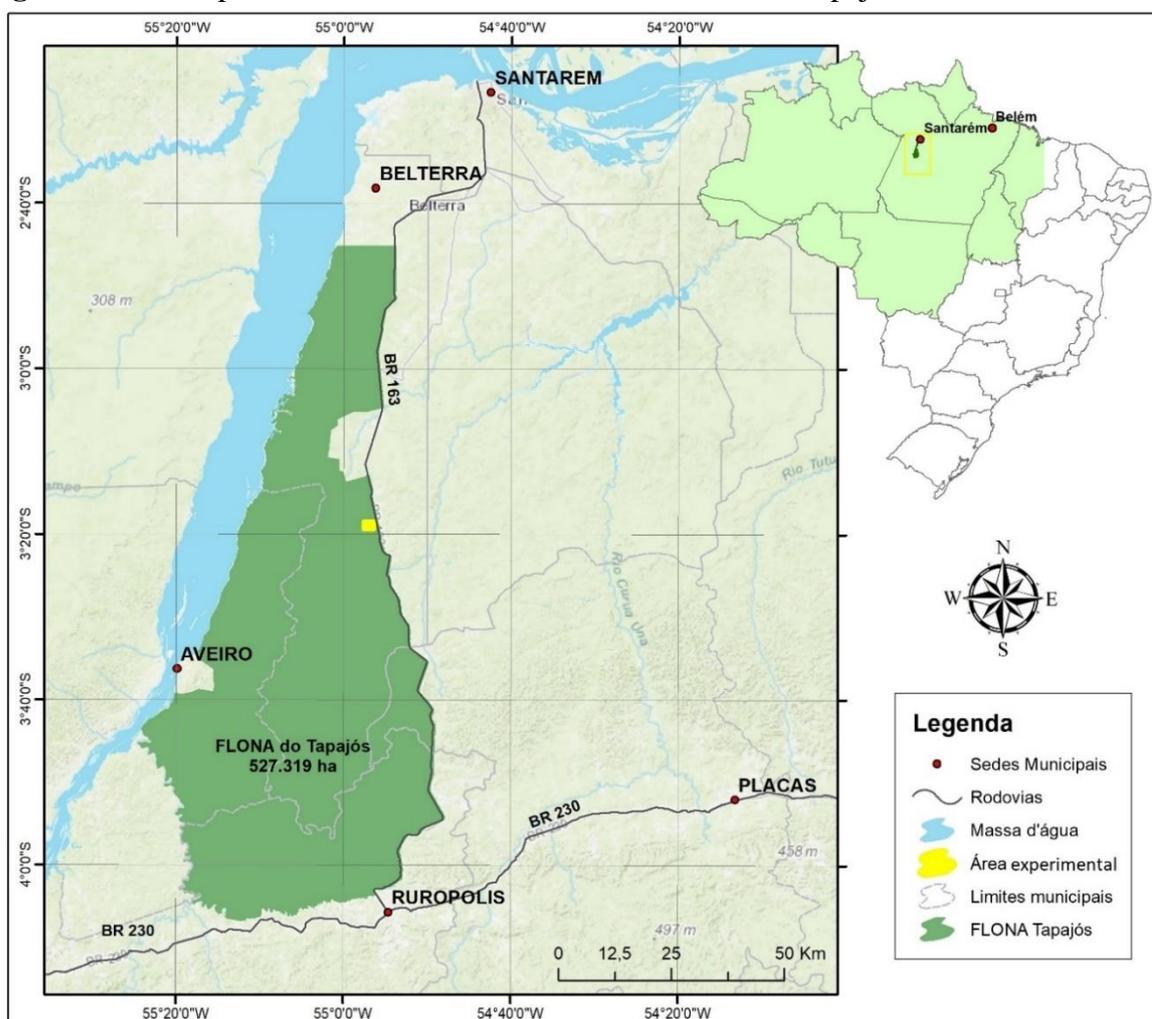
A dinâmica de crescimento de espécies arbóreas pode ser analisada por meio do Incremento Periódico Anual (IPA) em diâmetro, em volume e em área basal (VATRAZ et al., 2012). O IPA é a diferença de produção entre duas idades dividida pelo período, em anos (CAMPOS; LEITE, 2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características da área de estudo

A área de estudo situa-se na Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós (03° 18' 32'' S - 03° 19' 21'' S e 54° 56' 28'' W - 54° 56' 15'' W) no município de Belterra, no estado do Pará. São 180 hectares localizados à altura do km 114 da BR 163, Rodovia Santarém-Cuiabá (Figura 1).

Figura 1. Área experimental - km 114 da BR 163, FLONA do Tapajós.



Fonte: Adaptado de IBGE, 2021 e MMA, 2020.

Elaboração: A autora, 2022.

O clima da região é Am, segundo a classificação de Köppen, ou seja, tropical úmido com temperaturas média anual de 27 °C e umidade relativa em torno de 87% e precipitação

média anual 1.877 mm com chuvas mais intensas no período de dezembro a maio (ALVARES et al., 2013; INMET, 2019). A cobertura vegetal é do tipo Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012). Os solos predominantes na FLONA do Tapajós são; Argissolo vermelho-amarelado distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico, textura média a muito argilosa (IBGE, 2021), pobre em nutrientes, seguindo o padrão geral para solos de florestas amazônicas de terra firme, com topografia da área variando de plano a levemente ondulado (CARVALHO; SILVA; LOPES, 2004; IBGE, 2021).

4.2 Amostragem e obtenção dos dados

Os dados analisados provêm do inventário florestal contínuo realizado na área experimental em parcelas permanentes no período de 1981 a 2012 (31 anos). São 144 hectares de área explorada e 36 hectares de área não explorada (OLIVEIRA et al., 2005). Na Tabela 2 estão descritas as atividades ocorridas na área estabelecida do experimento silvicultural.

Tabela 2. Histórico das atividades ocorridas na área experimental de 180 ha na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), estado do Pará.

Ano	Descrição
1981	<ul style="list-style-type: none"> • Inventário 100% em 144 ha (área experimental – Fig. 2) das árvores com (DAP\geq45) e corte de cipós; • Instalação e medição de 48 parcelas permanentes (PP) em 144 ha das árvores com DAP\geq5 cm;
1982	<ul style="list-style-type: none"> • Exploração de 38 espécies totalizando, em média, 12 árvores ha⁻¹ ou 90 m³ ha⁻¹;
1983	<ul style="list-style-type: none"> • Primeira medição pós colheita florestal em 48 PP. Instalação e medição de 12 parcelas permanentes na área controle (36 ha – Fig. 2);
1987	<ul style="list-style-type: none"> • Medição das 48 PP na área experimental e 12 na área controle;
1989	<ul style="list-style-type: none"> • Medição das 48 PP na área experimental e 12 na área controle;
1993	<ul style="list-style-type: none"> • Início dos tratamentos silviculturais;
1994	<ul style="list-style-type: none"> • Término dos tratamentos silviculturais;
1995	<ul style="list-style-type: none"> • Medição das 48 PP na área experimental e 12 na área controle;
1997	<ul style="list-style-type: none"> • Incêndio que atingiu 13 PP na área explorada e seis PP na área não explorada;
2003	<ul style="list-style-type: none"> • Medição das 48 PP na área experimental e 12 na área controle. Devido ao fogo as parcelas que foram atingidas não foram medidas;
2008	<ul style="list-style-type: none"> • Medição das 48 PP na área experimental e 12 na área controle;
2012	<ul style="list-style-type: none"> • Medição das 48 PP na área experimental e 12 na área controle.

Fonte: Adaptado de Alder et al., 2012; Carvalho; Silva; Lopes, 2004; Castro et al., 2021; Oliveira et al., 2005.

A colheita florestal foi três vezes maior do que o corte anual permitido ($30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) pela legislação florestal vigente (CASTRO et al., 2021). Os tratamentos silviculturais consistiram em refinamento, isto é, desvitalização¹ de indivíduos com $\text{DAP} \geq 15 \text{ cm}$ visando favorecer as espécies comerciais com a diminuição de competição (DE AVILA, 2017; COSTA; SILVA; SILVA, 2001; OLIVEIRA et al., 2005). A intensidade de desbaste foi determinada pelo somatório da área basal da maior para a menor classe de diâmetro, até obter um valor aproximado ao da área basal a ser reduzida, considerando espécies não comerciais e potencialmente comerciais. Os desbastes aplicados sobre a área explorada reduziram a área basal original de 20% a 60% aproximadamente, incluído o impacto da extração florestal (COSTA; SILVA; SILVA, 2001).

O incêndio acidental de 1997 após uma longa seca em um período de El Niño (DE AVILA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2005) (Figura 2), não trouxe prejuízos à riqueza, estrutura e diversidade de espécies (ANDRADE et al., 2019; 2020). Devido à esse incêndio, optou-se pela não utilização da medição de 2003 para evitar qualquer interferência nas análises.

O delineamento estatístico do experimento silvicultural foi inteiramente casualizado (DIC). Na área de 144 ha ($1200 \text{ m} \times 1200 \text{ m}$) (Figura 2), foram estabelecidas de forma aleatória 60 parcelas permanentes de 0,25 ha ($50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$), sendo 48 parcelas na área explorada e 12 parcelas na área não explorada (testemunha) (DE AVILA et al., 2017; SILVA et al., 2005). Para melhor controlar a coleta de dados, cada parcela permanente foi subdividida em 25 subparcelas de $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$, sendo estas numeradas de 01 a 25 (Figura 2), onde foram mensuradas todas as árvores com $\text{DAP} \geq 5,0 \text{ cm}$, marcadas com tinta à altura do ponto de medição do DAP e identificadas com uma plaqueta de alumínio, conforme a metodologia descrita em Silva et al. (2005).

¹ Por anelagem com entalhes + Tordon 5% em óleo diesel

Frequência Relativa (FR) e Dominância Absoluta (DoA); Dominância Relativa (DoR) foram calculadas seguindo os procedimentos de Mueller-Dombois e Ellenberg (1974).

Densidade - número de árvores por hectare

Densidade Absoluta (DA) é o número de indivíduos da espécie por hectare; e Densidade Relativa (DR) é a porcentagem de indivíduos da espécie registrados em relação ao número total de indivíduos na amostra:

$$DA_{sp} = n/A$$

$$DR = (DA_{sp}/\sum DA).100$$

DA_{sp} = densidade absoluta da espécie (ár.v.ha⁻¹)

n = número de indivíduos amostrados da espécie

A = área amostrada em hectares

DR = densidade relativa (%)

$\sum DA$ = somatório da densidade de todas as espécies

Frequência (porcentagem de ocorrência da espécie nas amostras)

Frequência absoluta (FA) é a proporção do número de unidades amostrais com presença da espécie em relação ao número total de unidades amostrais; e frequência relativa (FR) é a proporção da frequência absoluta da espécie em relação à somatória das frequências absolutas de todas as espécies:

$$FA = (n/N).100$$

$$FR = (F/\sum F).100$$

FA = frequência absoluta da espécie (%)

n = número de amostras (parcelas) em que a espécie ocorre

N = número total de amostras (parcelas)

FR = frequência relativa (%)

$\sum F$ = somatório da frequência absoluta de todas as espécies

Dominância (área basal da espécie)

Dominância absoluta (DoA) é a soma das áreas transversais de todas as árvores da espécie, medidas a 1,30 m do solo; e Dominância relativa (DoR) é a proporção da área basal

da espécie em relação à área basal total da comunidade:

$$DoA_{sp} = G_{sp}/A$$

$$DoR = (DoA_{sp}/\sum DoA).100$$

G_{sp} = área basal da espécie em m^2 , na área amostrada, ($G = \sum g$ (por espécie); $g = \pi \times DAP^2/4$)

A = área amostrada em hectare

$\sum DoA$ = somatório da dominância absoluta de todas as espécies

Distribuição diamétrica

Analisou-se a distribuição diamétrica a partir do $DAP \geq 5$ cm com amplitude de classes de 10 cm de diâmetro para efeito comparativo. Para o cálculo do quociente “q” de Liocourt (1898), ferramenta para avaliação da estabilidade de distribuição de frequência dos indivíduos por classe de diâmetro da população, utilizou-se a distribuição de frequência pela regra de Sturges (1926) para $DAP \geq 5$ cm:

$$q = N_i/N_{i+1}$$

q = constante de De Liocourt

N_i = diâmetro correspondente ao centro da classe de DAP

N_{i+1} = diâmetro correspondente ao centro da classe de dap imediatamente acima

4.3.2 Mortalidade e recrutamento

A taxa anual de recrutamento foi calculada pela fórmula de Sheil e May (1996):

$$r = \{(1 - [1 - (N_r/N_1)]^{1/t})100\}$$

r = taxa de recrutamento (% ano⁻¹)

N_r = número de indivíduos recrutados no intervalo de tempo t

N_1 = número de indivíduos vivos na segunda ocasião

t = intervalo de tempo entre as amostragens, medido em anos

A taxa anual de mortalidade foi calculada por meio da fórmula de Sheil et al. (1995):

$$m = (1 - (N_1/N_0)^{1/t}).100$$

m = taxa de mortalidade (% ano⁻¹)

N_0 = número de indivíduos vivos no levantamento inicial

N_1 = número de indivíduos vivos na segunda ocasião
 t = tempo

4.3.3 Crescimento da população

O processo dinâmico de crescimento da população foi analisado por meio do cálculo do incremento periódico anual (IPA) em diâmetro, de acordo com Campos e Leite (2017):

$$\text{IPA}_{\text{Diâmetro}} = (D_2 - D_1)/t$$

Em que:

D_1 é o diâmetro da árvore na primeira ocasião;

D_2 é o diâmetro na segunda ocasião;

t é o tempo.

O volume será calculado em função do DAP (cm) utilizando as fórmulas: $V = -0,0994 + 9,1941 \times 10^{-4} \times \text{DAP}^2$ para árvores com $15 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 45,0 \text{ cm}$ (SILVA; ARAÚJO, 1984); e $V = -7,62812 + 2,1809 \times \ln(\text{DAP})$ para árvores com $\text{DAP} \geq 45 \text{ cm}$ (SILVA et al., 1984), em que: V = volume (m^3), DAP = Diâmetro a 1,30 cm do solo e \ln = logaritmo natural. O volume não será calculado para as árvores com $\text{DAP} < 15 \text{ cm}$, por não existir equações que contemplem árvores com esses diâmetros e por não ter sido medida a altura das árvores, que poderia possibilitar o uso de um fator de forma.

4.3.4 Análise estatística

Antes de cada análise estatística foram verificados os pressupostos da análise de variância (ANOVA), quanto a: a) normalidade com o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), e b) homocedasticidade pelo teste de Bartlett ($p > 0,05$). Uma vez atendidos esses pressupostos, os dados foram submetidos às análises de medidas repetidas no tempo (ANOVA). Em caso de diferença significativa entre tratamentos (área explorada e não explorada, e anos de avaliação), foi utilizado o teste post-hoc de Tukey para comparação das médias. Todos os parâmetros de dinâmica e análises estatísticas foram realizados no programa R versão 4.0.2 (R Development Core Team, 2020), ao nível de $p < 0.05$ de significância.

As análises incluem modelos estatísticos lineares e mistos com ANOVA de medidas repetidas e testes paramétricos (quando atendido os pressupostos da ANOVA) e não paramétricos (quando não atendidos os pressupostos da ANOVA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura populacional

Na primeira avaliação (1981) foram registrados 171 indivíduos (14,3 ind. ha⁻¹) de *E. amazonica* com DAP \geq 5 cm na área explorada e 32 indivíduos (10,7 ind. ha⁻¹) na área não explorada. Em todo o monitoramento não houve diferença significativa ($p>0,05$) das densidades entre as áreas e períodos avaliados (Tabela 3).

Tabela 3. Densidade, dominância e frequência de *Eschweilera amazonica* na área experimental de 180 ha na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), estado do Pará.

Floresta	Anos	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR
Explorada	1981	14,25	1,29	0,27	0,88	56	0,62
	1983	13,33	1,40	0,25	1,04	58	0,69
	1987	13,33	1,12	0,26	1,00	60	0,63
	1989	13,83	1,12	0,27	0,99	63	0,64
	1995	13,25	1,12	0,26	0,98	65	0,65
	2008	11,42	0,96	0,22	0,76	58	0,57
	2012	11,08	0,92	0,22	0,76	58	0,56
Não explorada	1983	10,67	0,95	0,18	0,61	75	0,69
	1987	12,00	1,06	0,20	0,64	83	0,76
	1989	12,33	1,09	0,20	0,65	92	0,83
	1995	12,67	1,13	0,20	0,65	92	0,82
	2008	13,00	1,21	0,16	0,48	92	0,83
	2012	12,67	0,97	0,16	0,48	92	0,82

Legenda: DA=densidade absoluta; DR=densidade relativa; DoA=dominância absoluta; DoR=dominância relativa; FA=frequência absoluta; FR=frequência relativa.

A densidade de *E. amazonica* nas duas áreas foi substancialmente maior do que a encontrada em estudos no estado Pará que chegou à 2,64 ind. ha⁻¹ sem a exploração da espécie, em áreas experimentais da Embrapa Amazônia Oriental, 11 ha no município de Moju e de 9 ha no município de Paragominas (FRANCEZ et al., 2009; REIS P. et al., 2014; REIS et al., 2016c). Este resultado pode estar relacionado ao diâmetro de inclusão considerado nesta pesquisa, o qual foi considerado DAP \geq 5 enquanto os respectivos trabalhos apresentam diâmetro de inclusão \geq 10 cm. No entanto foi encontrado por REIS et al. (2010) densidade para a espécie de 0,2 ind. ha⁻¹ com o mesmo diâmetro de inclusão do presente trabalho em 9 ha da área experimental no km 67 na FLONA Tapajós, estado do Pará.

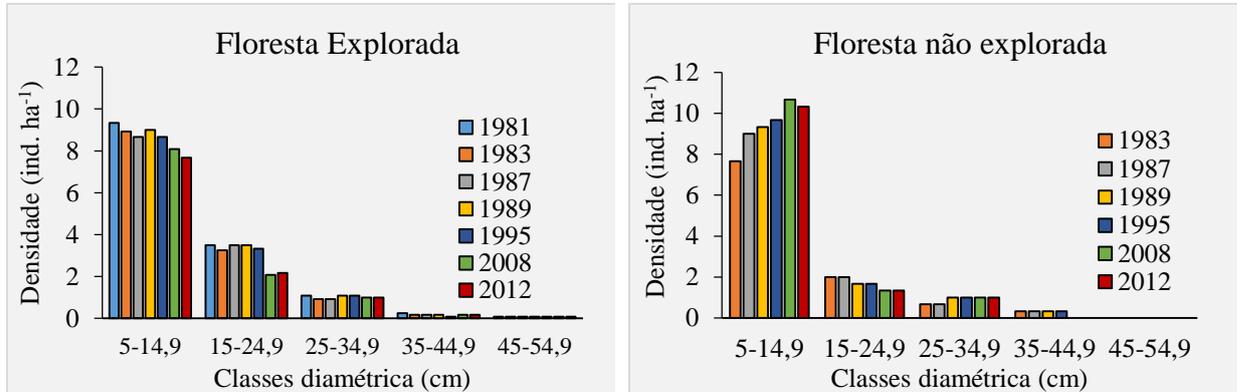
Na floresta não explorada, houve aumento do número de indivíduos, elevando a densidade inicial em 18,8% no final do monitoramento. Ainda que a espécie *E. amazonica* não tenha sido colhida durante a exploração florestal, foi observada a redução de 6,4% na densidade logo após a exploração, chegando à 22,2% ao final do monitoramento. A redução de indivíduos não colhidos em área de exploração pode estar relacionado com a danos provocados pela atividade de derrubada e arraste das árvores explorada (CARVALHO, 2001), e relacionada aos impactos causados pela alta intensidade de exploração realizado na área, neste trabalho três vezes superior ao volume permitido atualmente pela legislação ($30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (CASTRO et al., 2021).

A exploração florestal não afetou a frequência dos indivíduos de *E. amazonica* entre os períodos avaliados ($p > 0,05$). No entanto a dominância na floresta explorada caiu 19% ao fim do monitoramento em relação a dominância inicial de $0,27 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, enquanto na área não explorada teve redução para 11% da dominância inicial. Efeito semelhante foi observado por Reis et al. (2010) e Reis P. et al (2014), em que a *E. amazonica*, não colhida, teve sua densidade e área basal reduzidas pelo impacto da colheita em área de manejo florestal. A dominância crescente até o ano de 1989 na área explora e 1995 na não explorada e decrescente nos períodos seguintes, sugere que a exploração não apresentou grandes impactos na dominância, uma vez que as duas áreas apresentam o mesmo padrão. Essa diminuição temporal contínua da dominância de *E. amazonica* está relacionada a maior mortalidade de indivíduos em relação ao recrutamento nesse período.

E. amazonica apresentou dominância relativa 2,29% e frequência de 100% nas parcelas, entre 186 espécies registradas em estudo realizado na FLONA Tapajós em 9 ha de área amostral e com diâmetro de inclusão de 10 cm (GONÇALVES; SANTOS, 2008).

A distribuição do número de indivíduos arbóreos por classe de diâmetro segue o padrão J-invertido, sugerindo uma tendência de distribuição estável, ou auto regenerante devido à alta densidade de indivíduos nas menores classes de diâmetro. O estrato auto regenerante se refere às árvores menores, que compõem a base para a manutenção da futura população de árvores maiores (SANTOS et al., 2018b). Ao longo de todo o período de observação a distribuição em J-invertido se manteve, não sendo influenciada pela exploração nem pelos tratamentos silviculturais aplicados na área (Figura 3).

Figura 3. Densidade (ind. ha⁻¹) nas classes diamétricas por ano de monitoramento de *Eschweilera amazonica* na área experimental de 180 ha na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), estado do Pará.



O padrão J-invertido é característica das espécies tolerantes à sombra (JARDIM, 2015), a exemplo *Lecythis idatimon* Aubl., *Eschweilera grandiflora* (Aubl.) Sandwith (MARTINS et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019). Além de *Eschweilera ovata* (Cambess.) Mart. ex Miers e *Eschweilera coriácea*, em que mesmo após ação da exploração florestal mantiveram esse padrão (CRUZ, et al., 2021; SANTOS et al., 2018b), corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

A dinâmica na menor classe diamétrica é nitidamente perceptível nos períodos avaliados, mostrando que a abertura de clareiras reduziu a densidade de indivíduos de *E. amazonica* na área explorada, provavelmente pela mortalidade provocada pela intervenção realizada. No entanto, na área não explorada *E. amazonica*, aumentou gradualmente o número de indivíduos nessa classe. Padrão semelhante foi observado em *Eschweilera ovata* onde a espécie não foi extraída durante a colheita de madeira, porém foi afetada por esta atividade (SANTOS et al., 2018b).

As atividades de exploração florestal podem causar mesmo que minimamente impacto sobre a floresta principalmente nas árvores mais jovens (SANTOS et al., 2018b), que têm maior suscetibilidade à morte por competição (HURST et al., 2011), como mostrado no atual estudo. Nesse sentido *E. amazonica* não necessita de grandes intervenções para a regeneração de seus indivíduos.

Apesar da distribuição diamétrica apresentar o padrão J-invertido, não se mostra balanceada, ou seja, a constante “q” de De Liocourt não permanece constante nas classes

diamétricas (Tabela 4). As flutuações nas taxas de “q” entre as classes diamétricas indicam taxas de mortalidade e recrutamento variáveis.

Tabela 4. Distribuição diamétrica observada e quociente de De Liocourt (“q”) de indivíduos da espécie *Eschweilera amazonica* na FLONA Tapajós em 2012.

Centro da Classes de DAP	Floresta explorada		Floresta não explorada	
	Nº de Indivíduos	q	Nº de Indivíduos	q
7	59	1,79	22	2,44
12	33	2,20	9	3,00
17	15	1,36	3	3,00
22	11	1,57	1	0,33
27	7	1,40	3	-
32	5	2,50		-
37	2	2,00		-
42	0	0,00		-
47	1	-		-
q média		1,6		1,7

Altos valores dos quocientes “q” de De Liocourt indicam elevado recrutamento de indivíduos na classe anterior, e altos valores de “q” nas menores classes significa alta regeneração. As variações do quociente é resultado de interferência na estrutura diamétrica em consequência das constantes intervenções antrópicas no passado (Alves Junior et al., 2010).

O tratamento silvicultural, aplicado em 1994, não influenciou a densidade dos indivíduos de *E. amazonica*, uma vez que não alterou o perfil de sua distribuição diamétrica. Nesse sentido, notou-se que a espécie apresentou poucos indivíduos com grandes diâmetros, já que nas maiores classes de diâmetro ($DAP \geq 35$ cm) foram encontradas as menores densidades. Reis et al. (2016c) encontrou diâmetro máximo para a espécie de 30,2 cm em seu estudo 15 anos após exploração florestal na área. A alta densidade de árvores pequenas e a ausência de indivíduos em classes de diâmetro maiores podem refletir um estágio inicial de sucessão para a espécie (SILVA et al., 2018). A ausência de indivíduos de *E. amazonica* na maior classe diamétrica na área não explorada, pode revelar que o ciclo de vida dos indivíduos que alcançariam diâmetros maiores não estaria se completando.

Entretanto a espécie na área experimental do Km 114 na FLONA do Tapajós apresenta diâmetros abaixo do diâmetro mínimo de corte (DMC) ≥ 50 cm para espécies

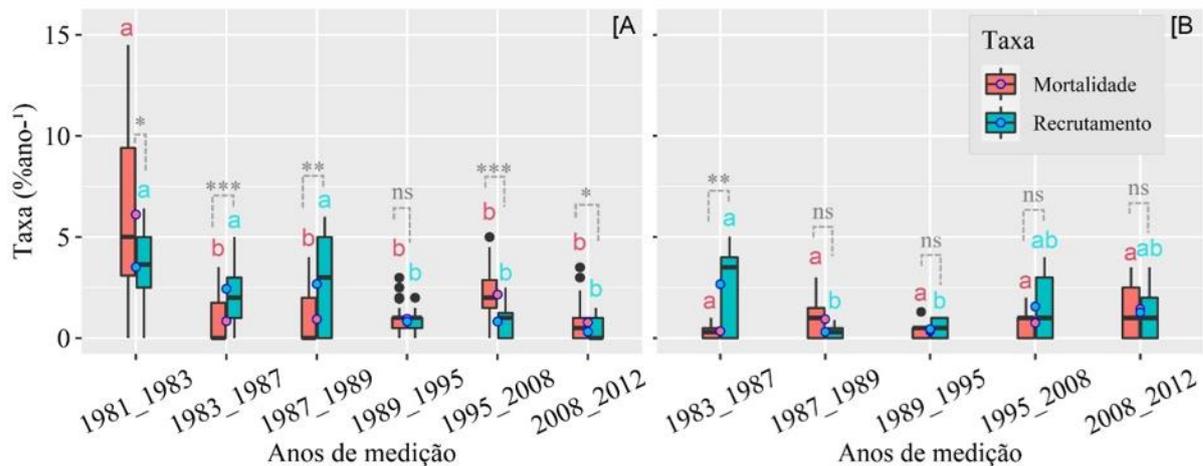
florestais na Amazônia brasileira. Em estudo realizado por Reis et al. (2010), *E. amazonica* estava entre as espécies que não alcançaram grandes diâmetro, o que por sua vez restringe sua exploração. Muitas espécies da família Sapotaceae classificadas como tolerante à sombra não atingem diâmetro para fins madeireiros por apresentarem seu desenvolvimento praticamente todo no sub-bosque (REIS L. et al., 2014). Segundo os mesmos autores há a necessidade de estudos de populações e de tecnologia da madeira, visando contribuir para seu uso com tamanhos abaixo do diâmetro mínimo de corte estipulado pela legislação florestal.

Portanto aceita-se a hipótese que *E. amazonica* apresentem uma distribuição diamétrica na forma de J-invertido. No entanto necessita de estudos para definição de um DMC específico para a espécie para a sua inclusão em um sistema silvicultural policíclico, visto que a mesma não atinge grandes diâmetros.

Mortalidade e Recrutamento

A mortalidade foi diretamente relacionada à exploração florestal, uma vez que a maior taxa é no período pós-exploração (1981-1983), significativamente superior aos demais períodos (6,1% ano⁻¹, $p < 0,05$), reduzindo para 0,8% ano⁻¹ cinco anos após exploração. As taxas de mortalidade não diferiram significativamente ($p > 0,05$) após cinco anos, 0,9% ano⁻¹ aos 7 e 13 anos, 2,2% ano⁻¹ aos 16 anos e 0,8% ano⁻¹ aos 30 anos pós exploração (Figura 4).

Figura 4. Taxa média de mortalidade e recrutamento na explorada (A) e área não explorada (B) de indivíduos da espécie *Eschweilera amazonica* no km 114 na Floresta Nacional do Tapajós, PA, Brasil.



Nota: A linha horizontal mais grossa representa a mediana, o ponto a média, a caixa o intervalo interquartil e as linhas contínuas na vertical os valores extremos. Letras indicam diferenças estatísticas

significativas ($p < 0,05$) em ANOVA com o teste post-hoc de Tukey no tempo. *indica diferenças entre recrutamento e mortalidade dentro de cada tempo e ns = não significativo entre recrutamento e mortalidade dentro de cada tempo.

Mesmo que *E. amazonica* não tenha sido colhida, as interferências ocasionadas pela exploração afetaram suas taxas de mortalidade e recrutamento. Em florestas exploradas, a mortalidade é marcadamente alta logo após a exploração, entretanto, as taxas tendem a diminuir ao longo do tempo (AZEVEDO et al., 2008; DIONISIO et al., 2017; SANQUETTA et al., 1996).

Na floresta não explorada a taxa de mortalidade ficou abaixo de $1,5\% \text{ ano}^{-1}$ não diferindo entres os períodos avaliados ($p > 0,05$) (Figura 4). A taxa anual de mortalidade varia de 1% a 2% em florestas tropicais naturais (DIONISIO et al., 2017; LIEBERMAN; LIEBERMAN, 1987; SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987; TOLEDO et al. 2011).

Em circunstâncias de tratamentos silviculturais 18 indivíduos de *E. amazonica* foram anelados, em vista da espécie não ter sido considerada comercial e alguns de seus indivíduos estarem dentro do diâmetro de inclusão para redução de área basal (COSTA; SILVA; SILVA, 2001). 33,3% dos indivíduos anelados morreram um ano após o anelamento, 50% estavam mortos após 9 anos, e todos os indivíduos estavam mortos após 14 anos. Mortalidade inferior pode ser observado para *Eschweilera ovata* que apresentou 10% de mortalidade um ano após o anelamento na mesma área e tipo de tratamento (COSTA, SILVA e SILVA, 2001).

A taxa de recrutamento na floresta explorada foi significativamente superior um ano ($3,5\% \text{ ano}^{-1}$, $p < 0,05$), aos cinco anos ($2,4\% \text{ ano}^{-1}$, $p < 0,05$) e aos sete anos ($2,7\% \text{ ano}^{-1}$, $p < 0,05$) após a exploração florestal (Figura 4). Em florestas manejadas na região amazônica, as taxas de recrutamento variam de acordo com a intensidade de alterações ocorridas $1,45\% \text{ ano}^{-1}$ a $2,64\% \text{ ano}^{-1}$ (AZEVEDO et al., 2008; DE AVILA et al., 2017).

O recrutamento apresentou tendência de queda à medida que aumentou o período de avaliação, indicando que o recrutamento diminuiu à medida que o dossel da floresta foi fechando. Após a exploração florestal há aumento do recrutamento temporariamente, principalmente aumento substancial de indivíduos de menores diâmetros em relação à floresta não explorada (DE AVILA et al., 2017).

Espécies tolerantes à sombra são caracterizadas pelo recrutamento contínuo devido à grande disponibilidade de sementes com curto período de viabilidade, impedindo a formação de um banco de sementes, e alta mortalidade principalmente nas classes de menores diâmetros, devido à menor vantagem competitiva em relação às classes superiores (MORY;

JARDIM, 2001). Em área exploradas espécies tolerantes à sombra apresentam as maiores taxas de mortalidade em relação a outros grupos ecológico, relacionado ao favorecimento da competição de outros grupos ecológicos, apesar de se beneficiarem com a abertura do dossel da floresta (DE AVILA et al., 2017).

As taxas de recrutamento na área não explorada variaram entre os períodos avaliados ficando superior apenas aos quatro anos de avaliação (2,7% ano⁻¹), ficando a cima da taxa de mortalidade (Figura 4). Essas variações são resultado da dinâmica natural da floresta, uma vez que não houve exploração madeireira na área controle. Espécies tolerantes a sombra com $5 \leq \text{DAP} < 15$ cm na mesma área de estudo do presente trabalho tiveram as menores taxas de recrutamento ficando abaixo de 2% ano⁻¹ em área controle, no entanto com a abertura do dossel aumentou suas taxas ficando superior a 2% ano⁻¹ e inferior a 5% ano⁻¹ de acordo com o corte e intensidade de desbaste (DE AVILA et al., 2017).

Eschweilera amazonica se beneficiou com abertura do dossel, obtendo maiores taxas de recrutamento até sete anos (1987-1989) após a exploração florestal, e em todos os períodos as taxas de recrutamento e mortalidade se mostraram significativamente ($p > 0,05$) diferentes, exceto 1987-1989 que não foi significativo ($p < 0,05$), apresentando-se mais dinâmica na floresta explorada. Enquanto na floresta não explorada, observou-se semelhança entre as taxas de recrutamento e mortalidade, exceto o período 1983-1987, no entanto as taxas entre as duas florestas são estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$) para os períodos posteriores a 1983.

A mortalidade superior ao recrutamento em áreas de exploração florestal madeireira nos primeiros anos após a colheita florestal pode estar ligada não apenas à retirada da madeira, mas também aos danos causados pela atividade na vegetação remanescente (SANTOS et al., 2018b). No entanto 11% dos indivíduos classificados como mortos já apresentavam sinais de danos de causas naturais antes da exploração. Apenas 16% apresentaram danos direto ocasionados pela exploração florestal (vide apêndices).

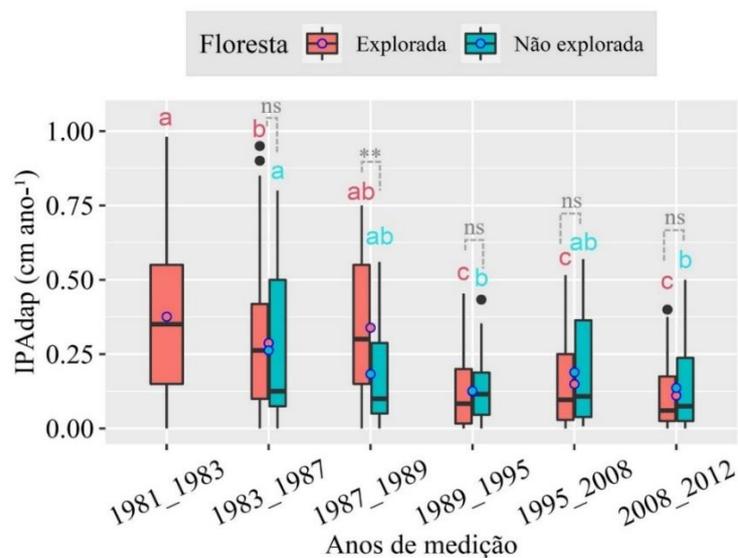
Os tratamentos silviculturais não apresentam influência direta nas taxas de mortalidade e recrutamento de *E. amazonica*, uma vez que não alterou estatisticamente as taxas após sua implementação. O incêndio florestal em 1997 também não apresentou influência direta nas taxas de mortalidade e recrutamento da espécie. De acordo com Andrade et al. (2019; 2020), o incêndio não comprometeu a capacidade de recuperação do ecossistema, não ocasionou prejuízos na riqueza, estrutura e diversidade de espécies, mas influenciou nas taxas de mortalidade e recrutamento no período 1995 a 2008 de indivíduos com menores

diâmetros (DAP < 30 cm) na área não explorada.

Crescimento

Os indivíduos de *E. amazonica* apresentaram incremento médio em diâmetro na floresta explorada de 0,38 cm ano⁻¹ no primeiro período da análise logo após exploração (1981-1983), diminuindo e tendendo a estabilidade ao longo dos anos mesmo após a aplicação dos tratamentos silviculturais em 1994. Logo, o tratamento silvicultural não demonstra influência positiva no incremento após sua implementação (Figura 5). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os períodos para floresta explorada e não explorada à exceção do período de 1987-1989 ($p < 0,01$). O maior incremento apresentado pela espécie em todo o período de monitoramento, possivelmente está relacionado a maior disponibilidade de radiação solar e sua diminuição relacionada ao fechamento gradativo do dossel da floresta.

Figura 5. Taxa média de incremento periódico anual em diâmetro (IPAdap cm ano⁻¹) de indivíduos da espécie arbórea *Eschweilera amazonica* no km 114, Floresta Nacional do Tapajós, PA, Brasil.



Nota: A linha horizontal mais grossa representa a mediana, o ponto a média, a caixa o intervalo interquartil e as linhas contínuas na vertical os valores extremos. Letras indicam diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) em ANOVA com o teste post-hoc de Tukey no tempo. *indica diferenças entre floresta explorada e floresta não explorada dentro de cada tempo e ns = não significativo entre floresta explorada e floresta não explorada dentro de cada tempo.

Estudos têm avaliado o crescimento de espécies arbóreas, em florestas de terra firme, mostrando resultados que podem ser considerados em análises de novas pesquisas na região.

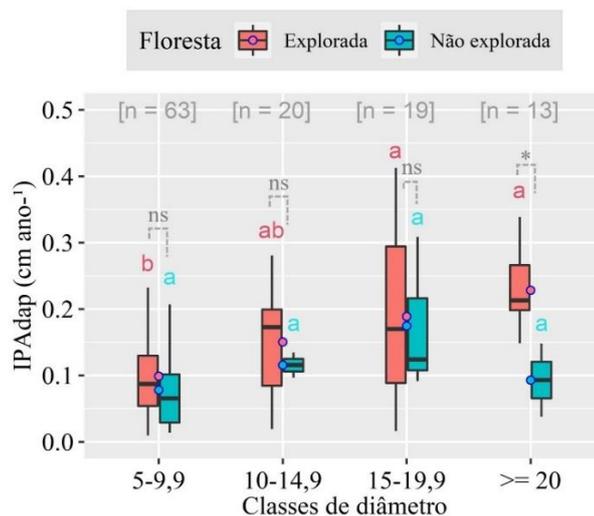
Entre esses, está o estudo de Costa, Silva e Carvalho (2008), que encontraram incremento de 0,2 cm ano⁻¹ para espécies tolerantes a sombra, valor semelhante ao encontrado no presente trabalho para *E. amazonica* na floresta não explorada. Incremento inferior pode ser observado por Reis et al. (2016c), 0,17 cm ano⁻¹, para *E. amazonica* com DAP \geq 10 em 15 anos de monitoramento em área de exploração florestal em 11 ha de amostragem. De Avila et al. (2017) obteve incremento de 0,4 cm ano⁻¹ para espécies tolerantes a sombra na mesma área do presente estudo em período de monitoramento de 30 anos.

Lecythis idatimon espécie tolerante a sombra, chegou a apresentar crescimento 80% superior em relação a indivíduos que não estavam em área de exploração florestal e tratamentos silviculturais na mesma área e diâmetro de inclusão do presente trabalho (MARTINS et al., 2018). *Eschweilera coriacea* também tolerante a sombra com DAP \geq 10 demonstrou crescimento de 0,2 cm ano⁻¹, duas vezes maior que indivíduos que não estavam em área de exploração floresta após quatros anos de monitoramento em 9 ha da área experimental da Embrapa Amazônia Oriental no município de Paragominas, estado do Pará (SILVA et al., 2018).

As taxas de crescimento nas regiões do Tapajós e Jari monitoradas pela Embrapa Amazônia Oriental em florestas exploradas variam de 0,2 cm ano⁻¹ a 0,4 cm ano⁻¹, enquanto que em florestas não exploradas as taxas ficam em torno de 0,1 a 0,2 cm ano⁻¹ (SILVA et al., 2001).

O crescimento em diâmetro se concentrou nas classes intermediárias tanto na floresta explorada quanto na não explorada no período de 31 anos e 29 anos respectivamente. Logo apresentam padrão de crescimento nas classes diamétricas semelhantes (Figura 6).

Figura 6. Taxa média de incremento periódico anual em diâmetro (IPAdap cm ano⁻¹) por classes de diâmetro de indivíduos da espécie *Eschweilera amazonica* em um período de 31 anos na floresta explorada e 29 anos floresta não explorada no km 114, Floresta Nacional do Tapajós, PA, Brasil.



Nota: A linha horizontal mais grossa representa a mediana, o ponto a média, a caixa o intervalo interquartil e as linhas contínuas na vertical os valores extremos. Letras indicam diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) em ANOVA com o teste post-hoc de Tukey no tempo. *indica diferenças entre floresta explora e floresta não explorada dentro de cada tempo e ns = não significativo entre floresta explora e floresta não explorada dentro de cada tempo.

Quando comparadas as taxas de crescimento entre a floresta explorada e não explorada as mesmas não são diferentes ($p > 0,05$), à exceção da classe de diâmetro ≥ 20 , uma vez que a floresta explorada apresenta indivíduos de até 45 cm de diâmetro, enquanto que a floresta não explorada não chega a 30 cm de DAP. Assim, a abertura de clareiras não afetou a dinâmica de crescimento de *E. amazonica* continuamente, apenas à favoreceu nos primeiros setes anos após exploração.

O volume de *E. amazonica* com DAP ≥ 15 cm foi de 1,918 m³ ha⁻¹ antes das intervenções ocasionada pela exploração florestal. Após 31 anos este volume caiu para 1,580 m³ ha⁻¹. Ainda assim esses valores foram superiores à floresta não explorada (1,367 m³ ha⁻¹ início e 0,948 m³ ha⁻¹ ao final do monitoramento). A diferença de volume está relacionada a densidade de indivíduos entre as áreas e sua distribuição nas classes de diâmetros, uma vez que a área explorada apresenta maior densidade e indivíduos nas maiores classes de DAP (Tabela 5).

Tabela 5. Volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) por classe diamétrica por ano de monitoramento de *Eschweilera amazonica* na área experimental de 180 ha na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), estado do Pará.

Floresta	Ano	Classes de diâmetro (cm)			
		15,0-24,9	25,0-34,9	35,0-44,9	45,0-54,9
Explorada	1981	0,762	0,750	0,348	0,058
	1983	0,727	0,653	0,239	0,058
	1987	0,823	0,638	0,257	0,059
	1989	0,830	0,748	0,257	0,061
	1995	0,854	0,801	0,142	0,066
	2008	0,521	0,728	0,182	0,065
	2012	0,569	0,761	0,185	0,066
Não explorada	1981	-	-	-	-
	1983	0,494	0,527	0,347	-
	1987	0,534	0,538	0,368	-
	1989	0,394	0,697	0,377	-
	1995	0,352	0,715	0,380	-
	2008	0,279	0,641	-	-
	2012	0,283	0,665	-	-

Até 1995, na floresta explorada, a menor classe de diâmetro apresentava o maior volume. Após a exploração florestal *E. amazonica* não recuperou seu estoque inicial em densidade e volume. Castro et al. (2021), menciona que em florestas manejadas, a recuperação da abundância é mais rápida do que a recuperação da área basal e do volume, pois é mais rápido o recrutamento de novos indivíduos, mas esses não influenciam na área basal e consequentemente em volume devido aos seus pequenos diâmetros.

Pelos resultados obtidos no presente trabalho aceitou-se a hipótese de que a abertura de clareiras causadas pela exploração florestal não teve impacto significativo na dinâmica de crescimento e da estrutura da população de *Eschweilera amazonica*, uma vez que os efeitos não se mantiveram constantes e não diferiram da área não explorada. A espécie não é dependente da formação de clareiras para o seu desenvolvimento, confirmando à natureza tolerante a sombra da espécie, entretanto se beneficia da abertura do dossel para recrutamento de seus indivíduos.

6 CONCLUSÕES

A exploração florestal teve impacto positivo na dinâmica de *Eschweilera amazonica* até sete anos após a exploração, demonstrou recrutamento maior que mortalidade. No entanto, a espécie não necessita de formação de clareiras para seu crescimento, pois apresentou comportamento semelhante entre as áreas, porém de forma geral se beneficia com a abertura do dossel da floresta, confirmando a sua natureza de tolerância à sombra.

Eschweilera amazonica tende a ter estrutura balanceada mesmo após a exploração, indicando que apesar das alterações ambientais ocasionadas pela exploração florestal a espécie se manteve com maior densidade de indivíduos regenerantes. No entanto, suas árvores não alcançam grandes diâmetros na área experimental do Km 114 na FLONA do Tapajós, estando abaixo do diâmetro mínimo de corte ($DMC \geq 50$ cm). Devido a esse fato, há necessidade de mais estudos sobre tecnologia da madeira, processamento industrial, estoque volumétrico e de mercado, para justificar a classificação da espécie como comercial, mesmo não atingindo o DAP de corte estipulado na legislação florestal vigente.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. C. de; GUEDES, M. C.; GUEDES, A. C. L.; BATISTA, E. das M. Estrutura e distribuição espacial de andirobeiras (*Carapa* spp.) em floresta de várzea do estuário amazônico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 1009-1019, 2014.

ALDER, D.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J.C.; RUSCHEL, A.R. The cohort-empirical modelling strategy and its application to forest management for Tapajos Forest, Para, Brazilian Amazon. **Bois et forêts des tropiques**, v. 314, n. 4, p.17-23. 2012.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES JUNIOR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; COSTA JÚNIOR, R. F.; SILVA, S. O. Utilização do quociente de De Liocourt na avaliação da distribuição diamétrica em Fragmentos de Floresta Ombrófila Aberta em Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 307-319, 2010.

AMARAL, M. R. M.; LIMA, A. J. N.; HIGUCHI, F. G.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Dynamics of Tropical Forest Twenty-Five Years after Experimental Logging in Central Amazon Mature Forest. **Forest**, v.10, n.89, 2019.

ANDRADE, D. F.C. de; GAMA, J. R. V.; RUSCHEL, A. R.; MELO, L. O.; DE AVILA, A. L.; CARVALHO, J. O. P. DE. Post-fire recovery of a dense ombrophylous forest in Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 91, n. 2, e20170840, 2019.

ANDRADE, D. F. C. de; RUSCHEL, A. R.; DE AVILA, A. L.; GAMA, J. R. V. Composição e estrutura de uma floresta primária atingida por incêndio florestal na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 145-160, 2020.

AZEVEDO, C. P. de; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. do A. Efeito de diferentes níveis de exploração e de tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da floresta remanescente. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 277-293, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa MMA nº 5 de 11 de dezembro de 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável - PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 13 dez. 2006.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e resposta**. 5ed. Viçosa: UFV, 2017. 635p.

CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de um remanescente de Floresta Atlântica Submontana (Silva Jardim-RJ, Brasil). **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 327-337, 2009.

CARVALHO, J. O. P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo

florestal. In: Curso de Manejo Florestal Sustentável. Colombo: EMBRAPA. 1997. 250 p.

CARVALHO, J. O. P. de. Estrutura de matas altas sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. (Org.). **A Silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa/ DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p. 277-290.

CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. Growth rate of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, n. 2, p. 209-217, 2004.

CASTRO, T. da C.; CARVALHO, J. O. P. de; SCHWARTZ, G.; SILVA, J. N. M.; RUSCHEL, A. R.; FREITAS, L. J. M. de; GOMES, J. M.; PINTO, R. de S. The continuous timber production over cutting cycles in the Brazilian Amazon depends on volumes of species not harvested in previous cuts. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 490, 119124, 2021.

CONDIT, R.; ASHTON, P. S.; MANOKARAN, N.; LAFRANKIE, J. C.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B. Dynamics of the forest communities at Pasoh and Barro Colorado: comparing two 50-ha plots. **Philosophical Transactions of Society London**, v. 354, p. 1739 - 1748, 1999.

COSTA, D. H. M.; SILVA, S. M. A.; SILVA, J. N. M. Efetividade e custo do desbaste com aplicação de arboricida em floresta natural na região do Tapajós, Pará e Jari, Amapá. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. (Org.). **A silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa/ DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p. 338-352.

COSTA, D.H.M.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J. O. P. Ingresso e mortalidade de árvores após a colheita de madeira em áreas de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós (PA). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n.38, p. 119-126, 2002.

COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de. Crescimento de arvores em uma área de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós após a colheita de madeira. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 50, p. 63-76, 2008.

COSTA, S. N. da; RABELO, F. G.; LIMA, R. B. de; SILVA, D. A. S. da; LIMA, C. W. P. de; SANTOS, S. M. dos. Estrutura populacional de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. e *Dinizia excelsa* Ducke em floresta de terra firme no Amapá. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 4, p. 445-451, 2019.

CRUZ, L. L.; NAKAJIMA, N. Y.; SILVA, R. M. da; HOSOKAWA, R. T.; JARDIM, F. C. da S.; CORTE, A. P. D. Distribuição diamétrica de três espécies de Lecythidaceae após exploração de impacto reduzido na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 171-190, 2021.

DE AVILA, A. L. de; RUSCHEL, A. R.; CARVALHO, J. O. P. de; MAZZEI, L.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C.; ARAUJO, M. M.; DORMANN, C. F.; BAUHUS, J. Medium-term dynamics of tree species composition in response to silvicultural intervention intensities in a tropical rain forest. **Biological Conservation**, v. 191, p. 577–586, 2015.

DE AVILA, A. L. de; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A. R.; LOPES, J. do C.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; DORMANN, C. F.; MAZZEI, L.; SOARES, M. H. M.; BAUHUS, J. Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30 years following logging and thinning in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 385, p. 225–235, 2017.

DE LIOCOURT, F. De l'amenagement des Sapinières. Société Forestière de Franche-Comté et Belfort. **Bulletin trimestriel**, v. 4, n. 6, p. 396-409, 1898. Disponível em: <https://infodoc.agroparistech.fr/index.php?lvl=notice_display&id=181924>. Acesso em: 27 nov. 2020.

DIONISIO, L. F. S.; SCHWARTZ, G.; MAZZEI, L.; LOPES, J. do C.; SANTOS, G. G. A. dos; OLIVEIRA, F. de A. Mortality of stocking commercial trees after reduced impact logging in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 401, p. 1-7, 2017.

DIONISIO, L. F. S.; CARVALHO, J. O. P. de; SCHWARTZ, G.; LEÃO, F. M.; CASTRO, T. C. Incremento, recrutamento e mortalidade pós-colheita de *Duguetia* spp. na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 46, n. 119, p. 377-386, 2018.

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**, Piracicaba, v. 48, n.125, e3154, 2020.

DIONISIO, L. F. S.; CHAVES, G. A. S. L.; BRANDÃO, A. D. de S.; NEVES, R. L. P.; SOUSA, M. A. R. de; ORRILLO, H. M. Effects of reduced impact logging on population dynamics of *Pseudopiptadenia suaveolens* in Eastern Amazon, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.17, n.1, e1648, 2022.

DURIGAN, G. Estrutura e diversidade de comunidades florestais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 2 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 371 p.

FEARNSIDE, P. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 90, n. 1, p. 59-87, 1997.

MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Método de levantamento de componente arbóreo-arbustivo. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. v. 01, Viçosa: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 2011. p.174-2012.

FRANCEZ, L. M. de B.; CARVALHO, J. O. P. de; JARDIM, F. C. da S.; QUANZ, B.; PINHEIRO, K. A. O. Efeito de duas intensidades de colheita de madeira na estrutura de uma floresta natural na região de Paragominas, Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 851-864, 2009.

FREE, C. M.; GROGAN, J.; SCHULZE, M. D.; LANDIS, R. M.; BRIENEN, R. J. W. Current Brazilian forest management guidelines are unsustainable for *Swietenia*, *Cedrela*, *Amburana*, and *Copaifera*: A response to da Cunha and colleagues. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 386, p. 81–83, 2016.

GAMA, J. R. V.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Manejo sustentado para Floresta de Várzea na Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 719-729, 2005.

GIMENEZ, B. O.; SANTOS, L. T. dos; GEBARA, J.; CELES, C. H. S.; DURGANTE, F. M.; LIMA, A. J. N.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Tree Climbing Techniques and Volume Equations for *Eschweilera* (Matá-Matá), a Hyperdominant Genus in the Amazon Forest. **Forests**, v. 8, n. 154, 2017.

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**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 229-244, 2008.

GRAY, A.N.; SPIES, T.A.; PABST, R.J. Canopy gaps affect long-term patterns of tree growth and mortality in mature and old-growth forests in the Pacific Northwest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 281, p. 111–120, 2012.

GROGAN, J.; LANDIS, R. M.; FREE, C. M.; SCHULZE, M. D.; LENTINI, M.; ASHTON, M. S. Big-leaf mahogany *Swietenia macrophylla* population dynamics and implications for sustainable management. **Journal of Applied Ecology**, Londres, v. 51, p. 664–674, 2014.

HEINSDIJK, D.; BASTOS, A.M. **Inventários florestais na Amazônia**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. Boletim do Setor de Inventários florestais, 1963. 100p. (Boletim nº 06).

HURST, J.M., ALLEN, R.B., COOMES, D.A., DUNCAN, R.P. Size-specific tree mortality varies with neighbourhood crowding and disturbance in a Montane *Nothofagus* forest. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 6, ed. 10, 2011.

HUTCHINGS, M.J. The structure of plant populations. In: CRAWLEY, M. J. (ed.). **Plant Ecology**. 2ª ed. Londres: Blackwell Science, 1997. p.325-358.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: 2012. 65 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 1).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal, 2020**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html>>. Acesso em 25 out. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados de Informações Ambientais – BDIA**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>>. Acesso em 25 out. 2021.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2019. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 27 nov. 2020.

JARDIM, F. C. S. Natural regeneration in tropical forests. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 58, n. 1, p. 105-113, 2015.

LEWIS, S. M.; PHILLIPS, O. L.; SHEIL, D.; VINCETI, V.; BAKER, T. R.; BROWN, S.; GRAHAM, A.W.; HIGUCHI, N.; HILBERT, D. W.; LAURANCE, W. F.; LEJOLY, J.; MALHI, Y.; MONTEAGUDO, A.; VARGAS, P. N.; SONKÉ, B.; NUR SUPARDI M. N.; TERBORGH, J. W.; MARTÍNEZ, R. V. Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 92, n. 6, p. 929–944, 2004.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 3, p. 347-358, 1987.

LIMA, J. P. C.; LEÃO, J. R. A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos florestais na amazonia sul ocidental. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 1, p. 70-79, 2013.

MARTINS, W. B. R.; PINTO, A. R. G.; COSTA, J. S. da; CARVALHO, J. O. P. de; CASTRO, T. da C.; RUSCHEL, A. R. Dinâmica da população de *Lecythis idatimon* Aubl. no período de 30 anos em uma floresta de terra firme manejada na Amazônia brasileira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.46, n. 120, p. 540-550, 2018.

MATTA, L. B. V.; SCUDELLER, V. V. Lecythidaceae Poit. in the Tupé Sustainable Development Reserve, Manaus, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 2, p. 195-217, 2012.

MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, v. 50, n. 2, p. 85-92, 1952.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Download de dados geográficos**, 2020. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em 25 out. 2021.

MOGNON, F.; DALLAGNOL, F.; SANQUETTA, C.; CORTE, A. P.; MASS, G. Uma década de dinâmica florística e fitossociológica em floresta ombrófila mista Montana no sul do Paraná. **Revista de estudos ambientais (online)**. Blumenau, v. 14, p. 43-59, 2012.

MORY, A.M.; JARDIM, F.C.S. Comportamento de *Eschweilera odora* (Popp.) Miers (Matamata-branco) em diferentes níveis de desbaste por anelamento. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 36, p. 29-53, 2001.

MORI, S. Diversificação e conservação das Lecythidaceae neotropicais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, n.1, p. 45-68, 1990.

MORI, S. A.; TSOU, C.; WU, C.; CRONHOLM, B.; ANDERBERG, A. A. Evolution of Lecythidaceae with an emphasis on the circumscription of neotropical genera: Information from combined *ndhF* and *trnL-F* sequence data. **American Journal of Botany**, v. 94, n. 3, p. 289–301, 2007.

MOUTINHO, V. H. P.; COUTO, A.M.; LIMA, J.T.; AGUIAR, O. J. R. de; NOGUEIRA, M. de O. G. Energetic characterization of Matá-matá wood from the Brazilian rainforest (*Eschweilera* Mart Ex Dc). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 457–461, 2011.

MOUTINHO, V. H. P.; LIMA, J. T.; ÁGUIAR, J. O. R. de; NOGUEIRA, M. G. de O.

Scientific determination and wood anatomical features of species know in Brazilian Amazonia as matá-matá (*Eschweilera* spp.) **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 55, n. 2, p. 134-141, 2012.

MUELLER-DOMBOIS, D.; H. ELLENBERG. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. New York: John Wiley & Sons. 1974, 547 p.

NAKAGAWA, M.; TANAKA, K.; NAKASHIZUKA, T.; OHKUBO, T.; KATO, T.; MAEDA, T.; SANTO, K.; MIGUCHI, H.; NAGAMASU, H.; OGINO, K.; TEO, S.; HAMID, A. A.; SENG, L. H. Impact of severe drought associated with the 1997–1998 El Nino in a tropical forest in Sarawak. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 16, n. 3, p. 355-367, 2000.

NEPSTAD, D.C.; TOHVER, I.M.; RAY, D.; MOUTINHO, P.; CARDINOT, G. Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an amazon forest. **Ecology**, v. 88, n. 9, 2007.

OLIVEIRA, E. K. B. de; REZENDE, A. V.; FREITAS, L. J. M. de; MURTA JÚNIOR, L. S.; BARROS, Q. S.; COSTA, L. S. da. Monitoramento da estrutura e caracterização ecológica em floresta tropical manejada na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 4, 2019.

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

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Extração e Movimentação de Toras de Madeira Nativa: 2006 a 2016. Disponível em: <<http://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>>. Acesso em: 15 de abr. 2022.

PINARD, M. A.; PUTZ, F. E.; TAY, J.; SULLIVAN, T. E. Creating Timber Harvest Guidelines for a Reduced-Impact Logging Project in Malaysia. **Journal of Forestry**, v. 93, n. 10, p. 41-45, 1995.

PINTO, L. A. de A. Forest Management Criteria for *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. (Sapotaceae) in Upland Forests of Central Amazon Based on Dendrochronological Study. **Environmetal Sciences Proceedings**, 3, 105, 2021.

PRANCE, G. T. A Revision of *Barringtonia* (Lecythidaceae). **Allertonia**, v. 12, p. 1-164, 2012.

PRIMACK, R. B.; ASHTON, P. S.; CHAI, P.; LEE, H. S. Growth rates and population structure of Moraceae trees in Sarawak, East Malasia. **Ecology**, v. 66, p. 577-588, 1985.

PUTZ, F. E.; PINARD, M. A. Reduced-impact Logging as a carbon-offset method. **Conservation Biology**, v.7, n. 4, p. 755-757, 1993.

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; COELHO, A. A.; LUZ, A. S.; MARTINS-DA-SILVA, R. C.

V. Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós após 28 anos da exploração florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Curitiba, v. 30, p. 265-281, 2010.

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; REIS, P. C. M.; CARVALHO, J. O. P.; SOARES, M. H. M. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 3, p.234 - 243, 2014.

REIS, P. C. M. dos R.; REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; QUEIROZ, W. T. de. Effect of timber harvesting on density and basal area of lecythidaceae species in the eastern amazon. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 2, p. 229-238, 2014.

REIS, P. C. M. dos R.; REIS, L. P. Caracterização anatômica macroscópica da madeira de quatro espécies de Lecythidaceae. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.13, n.24, p.176-185, 2016.

REIS, P. C. M. dos R.; RUSCHEL, A. R.; REIS, L.P.; SOARES, M. H. M.; CRUZ, E. D. **Lecythidaceae encontradas na floresta de Moju, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2016c, 33 p.

ROBINSON, A. Preserving correlation while modeling diameter distributions. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 34, p. 221-232, 2004.

SABOGAL, C.; POKORNY, B.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P; ZWEEDE, J.; PUERTA, R. **Diretrizes técnicas de manejo para produção madeireira mecanizada em florestas de terra firme na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 217 p.

SANQUETTA, C.R.; BRENNAN, D.A.; ANGELO, H.; MENDES, J.B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, p. 65-78, 1996.

SANTOS, R. O. dos; SOARES, R. N.; ROSÁRIO, B. C. do; LIMA, R. B. de; ABREU, J. C. de. Estrutura e dinâmica em uma floresta densa de terra firme, Sudeste do Amapá, Brasil. **Nativa**, Sinop, v. 6, p. 802-814, 2018a.

SANTOS, M. F. dos; COSTA, D. L.; MELO, L. O.; GAM, J. R.V. Estrutura, distribuição espacial e dinâmica florestal de duas espécies nativas após extração manejada de madeira na Flona do Tapajós. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 5, n. 2, p. 351-356, 2018b.

SCHWARTZ, G.; BAIS, A.L.S.; PEÑA-CLAROS, M.; HOOGSTRA-KLEIN, M.; MOHREN, G.M.J.; ARTS, B. J.M. Profitability of silvicultural treatments in logging gaps in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 28, p. 68–78. 2016.

SHEIL, D.; BURSLEM, D. F. R. P.; ALDER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 83, n. 2, p. 331-333, 1995.

SHEIL, D.; MAY, R.M. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 84, n. 1, 1996.

SILVA, J. N. M.; ARAÚJO, S. M. Equação de volume para árvores de pequeno diâmetro, na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 8/9, p. 16-25, 1984.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A.; CARVALHO, M. S. P. de. Equações de volume para Floresta Nacional de Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.8/9, p. 50-63, 1984.

SILVA, J. N. M. **Possibilidades para a produção sustentada de madeira em floresta densa de terra-firme da Amazônia brasileira**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1993. 36 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 23).

SILVA, J. N. M.; SILVA, S. M. A. da; COSTA, D. H. M.; BAIMA, A. M. V.; OLIVEIRA, L. C. de; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A. Crescimento, mortalidade e recrutamento em florestas de terra firme da Amazônia Oriental: observações nas regiões do Tapajós e Jari. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. **A Silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa/ DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p.291-308.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A.; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, S. M. A. da; CARVALHO, J. O. P. de; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para a instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa/ITTO, 2005. 68 p.

SILVA, J. O.; BATISTA, F. J.; FRANCEZ, L. M. B.; SILVA, J. L.; NOBREGA, J. M.; FERREIRA, T. M. C.; OLIVEIRA, T. M.; CARVALHO, J.O.P.; PAMPLONA, V. M. S.; RUSCHEL, A. R. The Effect of Logging on the *Eschweilera coriacea*(dc.) S.A. Mori Population. **Australian Journal Of Basic And Applied Sciences**, v. 12, p. 83-89, 2018.

SILVA, K. E. da; SOUZA, C. R. de; AZEVEDO, C. P. de; 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, p. 193-201, 2015.

SILVA, R. P; NAKAMURA, S.; AZEVEDO, C. P.; CHAMBERS, J. Q., ROCHA, R. M., PINTO, A.C.M.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da bacia do rio cuieiras. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, n. 1, p. 67-84, 2003.

SIVIERO, M. A.; RUSCHEL, A. R.; YARED, J. A. G.; VIEIRA, S. B.; SALES, A.; PEREIRA, J. F.; AGUIAR, O. J. R. de; BRIENZA JUNIOR, S.; PEREIRA, P. C. G.; BERBERIAN, G. A.; CONTINI, K. P. S. Manejo de florestas naturais degradadas na Amazônia: estudo de caso sobre critérios de colheita. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n.1, p. 43-59, 2020.

SMITH, N.P.; MORI, S.A.; PRANCE, G.T. Lecythidaceae. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB36647>>. Acesso em 12 jan. 2021.

SOUZA, D. R. de; SOUZA, A. L. de. Emprego do método BDq de seleção após a exploração florestal em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**,

Viçosa, v. 29, n. 4, p. 617 - 625, 2005.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 3 ed. São Paulo: Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2012, p. 546-548.

STURGES, H. A. The choice of a class interval. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 21, n. 153, p. 65-66, 1926.

SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F. E. The Dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 3, p. 359-366, 1987.

TEIXEIRA, L. M.; CHAMBERS, J. Q.; SILVA, A. R. e; LIMA, A. J. N.; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Projeção da dinâmica da floresta natural de TerraFirme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 377-384, 2007.

ter STEEGE, H.; PITMAN, N.C.A; PHILLIPS, O. L.; CHAVE, J.; SABATIER, D.; DUQUE, A.; MOLINO, J.; PRÉVOST, M.; SPICHIGER, R.; CASTELLANOS, H.; HILDEBRAND, P.; VÁSQUEZ, R. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. **Nature**, London, n. 443, p. 444-447, 2006.

ter STEEGE, H. et al. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. **Science**, v. 342, 2013.

TOLEDO, J. J. de; MAGNUSSON, W. E.; CASTILHO, C. V.; NASCIMENTO, H. E.M. How much variation in tree mortality is predicted by soil and topography in Central Amazonia? **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 262, p. 331–338, 2011.

VATRAZ, S.; CARVALHO, J. O. P. de; GOMES, J. M.; TAFFAREL, M.; FERREIRA, J. E. R. Efeitos de tratamentos silviculturais sobre o crescimento de *Laetia procera* (Poepp.) Eichler em Paragominas, PA, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 095-102, 2012.

VIANA, A. C. N.; JARDIM, F. C. da S. Natural regeneration dynamics of *Couratari guianensis* in a tropical forest selectively logged in Moju, state of Para, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 2, p. 112-119, 2013.

YARED, J. A. G.; CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, J. N. M.; KANASSHIRO, M.; MARQUES, L. C. T. **Contribuições do projeto Silvicultura Tropical - Cooperação Internacional Brasil/ Reino Unido**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental / DFID, 2000. 28p. (Embrapa Amazônia Oriental Documentos, 52).

APÊNDICES

Tabela 6. Número de indivíduos por código de dano da espécie *Eschweilera amazonica* em um período de 31 anos na floresta explorada e 29 anos floresta não explorada no km 114, Floresta Nacional do Tapajós, PA, Brasil.

Floresta	Ano	Nº de indivíduos	Código de dados						
			0	1	2	3	5	6	10
Explorada	1981	171	78	79	5	-	9	-	-
Explorada	1983	160	77	49	4	22	6	2	-
Explorada	1987	160	68	65	7	15	5	-	-
Explorada	1989	166	73	71	8	7	7	-	-
Explorada	1995	159	71	69	7	7	5	-	-
Explorada	2008	137	62	69	6	-	-	-	-
Explorada	2012	133	59	65	6	-	2	-	1
Explorada	1981	-	-	-	-	-	-	-	-
Não explorada	1983	32	20	11	-	-	1	-	-
Não explorada	1987	36	24	10	-	-	2	-	-
Não explorada	1989	37	23	12	-	-	2	-	-
Não explorada	1995	38	24	12	-	-	2	-	-
Não explorada	2008	39	25	14	-	-	-	-	-
Não explorada	2012	38	23	15	-	-	-	-	-

Legenda: 0. Não especificado; 1. Árvore sem dano; 2. Árvore com danos leves decorrentes de causa natural; 3. Árvore com danos leves decorrentes da exploração; 5. Árvore com danos severos decorrentes de causa natural; 6. Árvore com danos severos decorrentes da exploração; 10. Árvore cujo dano foi recuperado ou cicatrizado.

Tabela 7. Densidade de indivíduos mortos por hectare por código de dano da espécie *Eschweilera amazonica* no km 114, Floresta Nacional do Tapajós, PA, Brasil.

Código do dano	Densidade de indivíduos mortos ha ⁻¹	
	Floresta explorada	Floresta não explorada
1.Sem dano	2,00	-
2.Árvore com danos leves decorrentes de causa natural	0,17	-
3.Exploração	1,00	-
5. Árvore com danos severos decorrentes de causa natural	0,58	-
0.Não especificado	2,50	3,67
Total Geral	6,25	3,67