



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

ANTONIO RENAN SALES DE CASTRO

**DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS
EM UMA ÁREA MANEJADA NA FLONA DO TAPAJÓS**

**BELÉM
2021**

ANTONIO RENAN SALES DE CASTRO

**DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS
EM UMA ÁREA MANEJADA NA FLONA DO TAPAJÓS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: João Olegário Pereira de Carvalho
Coorientadora: Vanessa Mayara Souza Pamplona

BELÉM

2021

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

C355d Castro, Antonio Renan Sales de
Dinâmica da distribuição diamétrica de três espécies arbóreas em uma área manejada na Flona do Tapajós. / Antonio Renan Sales de Castro. - 2021.
38 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais (PPGCF), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.
Orientador: Prof. Dr. João Olegário Pereira de Carvalho
Coorientadora: Profa. Dra. Vanessa Mayara Souza Pamplona.

1. Manejo de florestas naturais. 2. Função Weibull. 3. *Hymenaea courbaril*. 4. *Goupia glabra*. 5. *Caryocar glabrum*. I. Carvalho, João Olegário Pereira de, orient. II. Título

CDD - 634.9209811

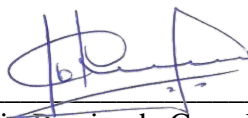
ANTONIO RENAN SALES DE CASTRO

**DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS
EM UMA ÁREA MANEJADA NA FLONA DO TAPAJÓS**

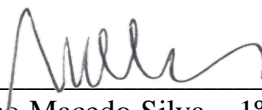
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Ciências Florestais, em área de concentração Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 8 de dezembro de 2020.

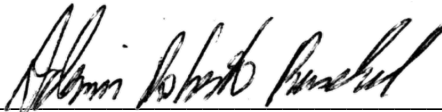
BANCA EXAMINADORA:



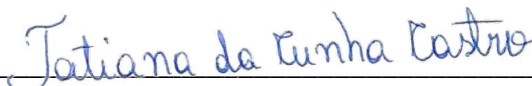
Dr. João Olegário Pereira de Carvalho - Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



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



Dr. Ademir Roberto Ruschel – 2º Examinador
Embrapa Amazônia Oriental



Dra. Tatiana da Cunha Castro – 3º Examinador
Universidade Federal do Pará - UFPA

AGRADECIMENTOS

“A Deus pelo dom da vida, saúde e às pessoas que foram postas nessa jornada, na qual pude concluir mais uma etapa de minha vida”.

“À Universidade Federal Rural da Amazônia -UFRA, por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, que proporcionou a oportunidade de eu obter o título de Mestre”.

“À Embrapa Amazônia Oriental por ter disponibilizado os dados para a pesquisa.”

“À CAPES e ao CNPq pelos anos de bolsa concedidos”.

“Ao meu orientador, Dr. João Olegário Pereira de Carvalho, do qual tive a honra de ser aluno nessa fase acadêmica, por ter me acolhido no Programa de Pós-graduação e me apoiado durante toda a pesquisa”.

“À professora Dr^a. Vanessa Mayara Souza Pamplona, minha coorientadora nessa dissertação, que me ajudou muito nesta pesquisa e sempre sendo muito solícita e atenciosa”.

“Aos meus pais, Antonia Alcivone Cruz de Sales e Antonio Ricardo Guimarães de Castro, por sempre estarem ao meu lado durante toda a minha vida e por terem investido sem medir esforços nos meus estudos”.

“Aos amigos Luan Felipe Feitosa da Silva, pelo apoio que me deu para que eu conseguisse entrar no programa de pós-graduação, Rafaely Pantoja Oliveira e Amanda Pinheiro Fortaleza, pela parceria e apoio durante o curso”.

“Quando o discípulo está pronto, aparece o mestre”
Provérbio Budista

RESUMO

Para planejar de forma eficiente o manejo e a conservação da flora nativa na Amazônia é indispensável conhecer a composição das espécies vegetais e a distribuição de seus indivíduos. A análise da distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro é uma ferramenta que pode ser utilizada para inferir sobre o passado e o futuro das comunidades vegetais. Neste trabalho foram utilizados dados de inventário florestal contínuo, coletados no período de 31 anos em parcelas permanentes, e dados de dois inventários florestais a 100% de intensidade, realizados com intervalo de 33 anos entre eles, com o intuito de analisar as distribuições diamétricas das espécies *Hymenaea courbaril* L., *Goupia glabra* Aubl, e *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers., após extração da madeira e aplicação de tratamentos silviculturais. Para analisar as distribuições diamétricas dos números de indivíduos das espécies, foram estabelecidas classes de diâmetros com a amplitude de 10,0 cm. A função de densidade de probabilidade (fdp) de Weibull de três parâmetros (3P) foi utilizada para projetar a distribuição diamétrica, por ser um dos modelos de distribuição mais populares em estudos florestais. A aderência dos dados à distribuição Weibull 3P foi avaliada por meio do teste Kolmogorov-Smirnov (KS). Foi utilizado também o teste de Kruskal-Wallis para verificar a diferença de diâmetro entre os anos estudados para cada espécie. Como resultado, ocorreu aderência dos valores estimados pelas funções Weibull 3P para as três espécies analisadas, ou seja, as frequências esperadas e observadas foram similares do ponto de vista estatístico. Constatou-se que as três espécies estudadas podem ser utilizadas em sistema de manejo policíclico, pois possuem número suficiente de árvores para produção contínua de madeira. A população de *H. courbaril* possui distribuição decrescente no número de árvores na floresta antes de ser explorada e durante todo o período (32 anos) avaliado após a colheita da madeira, o que pode garantir a sua produção contínua. A população de *C. glabrum* também teve distribuição decrescente, embora com número de indivíduos reduzido, mas suficiente para manter a produção contínua. *G. glabra* não apresentou a distribuição decrescente, porém após a colheita da madeira os indivíduos foram constantes em todo o período avaliado, inclusive com alta abundância de árvores jovens no final do ciclo, 32 anos após a colheita da madeira, garantindo a sua permanência na área com produção contínua.

Palavras-chave: Manejo de florestas naturais; Função Weibull; *Hymenaea courbaril*; *Goupia glabra*; *Caryocar glabrum*.

ABSTRACT

Knowledge of the composition of tree species and the distribution of their individuals is essential to efficiently plan the management and conservation of native Amazonian flora. The analysis of the distribution of individuals in diameter classes is a tool that can be used to infer about the past and future of plant communities. In this work we used data from a continuous forest inventory, collected for 31 years in permanent plots, and data from two forest inventories at 100% intensity, in order to analyze the diameter distributions of the species *Hymenaea courbaril* L., *Goupia glabra* Aubl. and *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers., after logging and applying silvicultural treatments. Diameter classes with an interval of 10 cm between them were established to analyze the diameter distributions of the numbers of trees of these three species. Weibull's probability density function of three parameters (3P) was used to project the diameter distribution, as it is one of the distribution models most used in forestry studies. Data adherence to the Weibull 3P distribution was assessed using the Kolmogorov-Smirnov (KS) test. The Kruskal-Wallis test was also used to find the difference in DBH between the years studied. As a result, there was adherence of the values estimated by the Weibull 3P functions for the three analyzed species, that is, the expected and observed frequencies were statistically similar. It was found that the three species studied can be used in a polycyclic management system, as they have sufficient numbers of trees for continuous timber production. The *H. courbaril* population has a decreasing diameter distribution of the number of trees in the forest before logging and during the entire period (32 years) evaluated after logging, which can guarantee its continuous production. The *C. glabrum* population also had a decreasing diameter distribution, although with a reduced number of individuals, but sufficient to maintain continuous production. *G. glabra* did not present a decreasing diameter distribution, however, after logging, the individuals were constant throughout the evaluated period, including a high abundance of young trees at the end of the cycle, 32 years after logging, guaranteeing their permanence in the area with continuous production.

Keywords: Management of natural forests; Weibull function; *Hymenaea courbaril*; *Goupia glabra*; *Caryocar glabrum*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Localização da área experimental - km 114 da BR 163, Flona do Tapajós..... 18
- Figura 2** - Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) observada e estimada pela função de Weibull 3P em cada ano estudado nas parcelas permanentes, na área experimental do Km 114 da BR 163 na Floresta Nacional do Tapajós, considerando árvores com diâmetro $\geq 5,0$ 25
- Figura 4** - Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (piquiarana) observada e estimada pela função de Weibull 3P, em cada ano estudado nas parcelas permanentes, na área experimental do Km 114 da BR 163, na Floresta Nacional do Tapajós, considerando árvores com DAP $\geq 5,0$ cm..... 27
- Figura 3** - Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba) observada e estimada pela função de Weibull 3P, em cada ano estudado nas parcelas permanentes, na área experimental do Km 114 da BR 163, na Floresta Nacional do Tapajós, considerando árvores com DAP ≥ 5 cm.....29
- Figura 5** - Distribuição diamétrica dos indivíduos das espécies *Hymenaea courbaril*, *Caryocar glabrum* e *Goupia glabra*, a partir dos censos florestais dos anos de 1981 e 2014 na área experimental (144 ha) do Km 114 da BR 163, na Floresta Nacional do Tapajós.....30

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Estimativa dos coeficientes da função densidade de probabilidade de Weibull 3P para distribuição diamétrica de árvores das espécies <i>Hymenaea courbaril</i> L., <i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers. e <i>Goupia glabra</i> Aubl., estudadas na Floresta Nacional do Tapajós. | 22 |
| Tabela 2 – Estatísticas descritivas do DAP dos indivíduos de <i>Hymenaea courbaril</i> L. (jatobá), no período de 31 anos na Floresta Nacional do Tapajós..... | 24 |
| Tabela 3 – Estatísticas descritivas do DAP dos indivíduos de <i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers. (piquiarana), em cada ano estudado, na Floresta Nacional do Tapajós..... | 26 |
| Tabela 4 – Estatísticas descritivas do DAP dos indivíduos de <i>Goupia glabra</i> Aubl. (cupiúba), em cada ano estudado, na Floresta Nacional do Tapajós..... | 28 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1.1. Hipótese | 13 |
| 2. OBJETIVOS..... | 13 |
| 2.1. Objetivo geral | 13 |
| 2.2. Objetivos específicos: | 13 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 14 |
| 3.1. Manejo Florestal..... | 14 |
| 3.2. Distribuição diamétrica..... | 15 |
| 3.3. Espécies estudadas..... | 16 |
| 3.3.1. <i>Hymenaea courbaril</i> L. (Jatobá)..... | 16 |
| 3.3.2. <i>Goupia glabra</i> Aubl. (Cupiúba)..... | 17 |
| 3.3.3. <i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers. (Piquiarana) | 17 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 18 |
| 4.1. Área de estudo | 18 |
| 4.2. Histórico da área experimental..... | 19 |
| 4.3. Coleta e obtenção de dados | 20 |
| 4.4. Seleção das espécies | 21 |
| 4.5. Análise de dados | 21 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 23 |
| 5.1. Estimativa dos coeficientes da função Weibull 3P..... | 23 |
| 5.2. Dinâmica da estrutura diamétrica das espécies..... | 24 |
| 5.2.1. <i>Hymenaea courbaril</i> L. (Jatobá)..... | 24 |
| 5.2.2. <i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers. (Piquiarana). | 27 |
| 5.2.3 <i>Goupia glabra</i> Aubl. (Cupiúba)..... | 29 |
| 5.3. Alterações na distribuição diamétrica das espécies em 33 anos após a exploração..... | 31 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 32 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 33 |

1. INTRODUÇÃO

Para planejar de forma eficiente o manejo e a conservação da flora nativa na Amazônia, é indispensável conhecer a composição das espécies vegetais; distribuição e regeneração de seus indivíduos (OLIVEIRA et al., 2008). O entendimento sobre os processos de regeneração natural é importante para o sucesso do manejo das florestas (DANIEL; JANKAUSKIS, 1989). Portanto, devido à extensão da região e à dificuldade para realizar inventários florestais, grande parte do bioma ainda necessita de estudos que possibilitem melhor planejamento para manejar adequadamente as florestas naturais, visando à sua conservação (ANDRADE et al., 2015).

No estado do Pará, nos anos de 2017 e 2018, cerca de 38.573 ha de florestas foram explorados para extração de madeira, sendo que desse total somente 30% (11.634 ha) utilizaram técnicas de manejo florestal sustentável e 70% (26.938 ha) não possuíam autorização do órgão competente, ou seja, não utilizaram técnicas de manejo sustentável na extração das árvores (CARDOSO; SOUZA JR., 2020). Em 2019 a situação de uso sustentável da floresta piorou, pois ocorreu uma redução de áreas autorizadas para o manejo florestal sustentável, ao mesmo tempo em que aumentou o número de áreas desmatadas sem autorização de órgão competente (COSTA et al., 2019).

A exploração florestal clandestina no Pará resulta em grandes danos à floresta, ocasionados pela extração de madeira e de outros produtos, sem uso de critérios técnicos. Isso resulta em mudanças significativas no habitat, na dinâmica do crescimento, no processo sucessional e na fenologia das espécies ao longo do tempo, podendo dificultar inclusive o processo de regeneração e manutenção da floresta (LIMA; LEÃO, 2013; FRANCEZ et al., 2013; DIONÍSIO et al., 2016; MARTINS et al., 2018). Portanto, o manejo da floresta deve ser realizado de tal forma que, ao longo dos anos, as espécies exploradas consigam recuperar o estoque de indivíduos e de volume que foi retirado durante a exploração, para garantir a continuidade da produção florestal (SOUZA et al., 2015).

Sob o ponto de vista de produção, a estrutura diamétrica de uma floresta permite caracterizar o estoque de madeira disponível antes de uma exploração e sob o contexto do manejo florestal, ela permite estabelecer as estratégias de conservação da espécie (SCOLFORO; PULZ; MELLO, 1998; SCOLFORO, 2006). Estudos conduzidos por Arce (2004) e Trautenmüller et al. (2019) revelam que a análise da distribuição diamétrica mostra-se ser uma ferramenta eficiente e simples para caracterizar e elaborar conclusões sobre a estrutura da floresta.

As florestas naturais tropicais são caracterizadas, de modo geral, por uma distribuição diamétrica de forma decrescente, conhecida como J-invertido (TÉO et al., 2015; CYSNEIROS et al., 2017). Esta forma ocorre devido à maioria dos indivíduos se situarem nas classes diamétricas iniciais que é onde estão localizadas as plantas mais jovens; e com o aumento dos diâmetros o número de indivíduos vai diminuindo. Assim, supõe-se que em florestas naturais tropicais, as espécies arbóreas cujas populações possuem distribuição diamétrica na forma de J-invertido, têm estoque garantido para produção contínua de madeira. E segundo Jardim e Quadros (2016) o estudo e acompanhamento da composição florística e estrutura da floresta é o que dá base para um bom manejo com produção sustentável.

Nesse contexto, é importante entender a dinâmica da população de cada espécie, pois na floresta natural de terra firme da Amazônia há uma grande variedade de espécies arbóreas, cujas populações podem apresentar dinâmicas diferentes, de acordo com o ambiente em que se estabelecem. Então, no presente trabalho, procurou-se responder à questão: as espécies *Hymenaea courbaril* L. (jatobá); *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba) e *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (piquiarana) terão número de árvores suficiente para produção contínua em sistema de manejo policíclico?

1.1. Hipótese

As espécies escolhidas para o estudo não terão número suficiente de árvores para colheitas futuras de madeira, por não possuírem características de distribuição diamétrica regular de seus indivíduos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a dinâmica da distribuição diamétrica das espécies *Hymenaea courbaril*; *Goupia glabra* e *Caryocar glabrum*, no período de 33 anos, em uma área de floresta natural explorada com técnicas de impacto reduzido e tratada com a aplicação de tratamentos silviculturais (refinamentos).

2.2. Objetivos específicos:

i) Avaliar a dinâmica do número de indivíduos por classe diamétrica das populações das três espécies no período de 30 anos (1982-2012), por meio de inventário contínuo; e

ii) Comparar o número de árvores por classe diamétrica das populações das três espécies, utilizando dados de dois censos florestais realizados na área, sendo um em 1981 (um ano antes da exploração) e o outro em 2014 (32 anos após a exploração e 20 anos após aplicação de tratamentos silviculturais).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Manejo Florestal

Segundo a definição do Ministério do Meio Ambiente (MMA):

“Manejo florestal sustentável é a administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não-madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços florestais” (BRASIL, 2006).

A eficiência do manejo florestal nas florestas naturais tropicais está vinculada à qualidade das operações de colheita, dos critérios de conservação das espécies exploradas e tratamentos silviculturais, bem como à conservação da base de recursos florestais que lhes dão sustentação ecológica. Na Amazônia brasileira, o sistema silvicultural policíclico é utilizado para obtenção da madeira proveniente das florestas manejadas, para manter a perpetuação das espécies dos indivíduos retirados (YARED et al., 2000; ALDER et al., 2012; SCHWARTZ et al., 2016). Porém, a eficiência deste sistema, para manutenção da produtividade, ocorre quando a colheita da madeira é feita de forma responsável e quando há um compromisso efetivo com a sustentabilidade dos recursos naturais (JARDIM; SOARES, 2010).

O Brasil possui a segunda maior área de florestas naturais do mundo (FAO, 2020), e para manter a biodiversidade desta vegetação, deve-se utilizar os recursos florestais de forma planejada para garantir a conservação das florestas. Por isso, a exploração seletiva de madeira, dentro de um sistema de manejo florestal adequado, mantém substancialmente a biodiversidade em cerca de 85 a 100%, além de estoques de madeira após a colheita (PUTZ et al., 2012). Reis et al. (2018) comentam que a sustentabilidade do manejo florestal não é comprometida se a intensidade de corte não ultrapassar a capacidade de recuperação do estoque remanescente em um determinado tempo planejado.

3.2. Distribuição diamétrica

Devido à grande heterogeneidade da floresta natural amazônica, o estudo da sua dinâmica é um desafio. Porém, existem parâmetros florestais tais como a área basal e o volume que auxiliam na determinação do crescimento das florestas e podem ser facilmente calculados a partir do número de árvores em cada classe de diâmetro e por isso são de grande valia para os gerentes florestais (SANQUETTA et al., 1996). O aumento desses parâmetros pode ser estimado por meio de alterações que ocorrem na frequência dos indivíduos, como resultado do seu movimento de uma classe de diâmetro para outra (SANQUETTA et al., 1999).

Segundo Bunyavejchewin et al. (2001), a distribuição diamétrica por espécie pode, frequentemente, prover informações adicionais a respeito das florestas como, por exemplo, as alterações ocorridas no passado, principalmente se forem conhecidas as informações sobre tolerância à luz e padrões de estabelecimento das espécies.

A distribuição do número de árvores em classes de diâmetro auxilia tecnicamente no planejamento da colheita da madeira e na escolha das espécies a serem colhidas. Por meio dessa distribuição é possível conhecer parte da estrutura horizontal da floresta, a quantidade de árvores passíveis para a colheita, a capacidade de regeneração natural e a sustentabilidade de determinada espécie após a colheita (HANSON et al., 2012). Para se efetuar o manejo da floresta, com vistas à sustentabilidade em longo prazo, é necessário conhecer a sua estrutura, incluindo a distribuição do número de indivíduos e da área basal ou volume, por classe diamétrica (REIS et al., 2016).

Segundo Loetsch et al. (1973) e Scolforo (2006), há três principais tipos de distribuição diamétrica nas florestas: unimodal; decrescente; e multimodal. A distribuição unimodal é característica de povoamentos florestais jovens e equiâneos; a distribuição decrescente ocorre principalmente em florestas naturais, e é conhecida também como distribuição J-invertido. Caracteriza-se pelo grande número de indivíduos jovens (diâmetros pequenos), ocorrendo uma diminuição à medida em que o diâmetro aumenta; e finalmente a distribuição multimodal apresenta mais de um ponto de maior frequência, podendo ser resultado de espécies de diferentes desempenhos ou idades, diferentes qualidades de sítio na floresta, ou ainda resultado de tratos silviculturais (SCOLFRO, 2006; HERRERA et al., 2009).

A maneira mais adequada para entender o desenvolvimento da distribuição diamétrica de uma floresta é por meio do monitoramento sistêmico durante longos períodos (SCHAAF, 2006). Segundo Imaña-Encinas et al. (2013), pela distribuição dos indivíduos em

classes de diâmetro, é possível deduzir o comportamento presente como um provável comportamento futuro da floresta em observação. Portanto, estudos sobre distribuição de diâmetro podem permitir inferências sobre o crescimento das espécies na floresta.

Se a distribuição dos diâmetros em classes permite a caracterização do número de árvores por unidade de área e diâmetro ao longo do tempo, então torna-se uma ferramenta essencial para subsidiar o conhecimento sobre a dinâmica e a estrutura populacional e de uma comunidade de árvores, auxiliando na elaboração de planos de manejo florestal (BRUKAS; SALLNÄS, 2012).

3.3. Espécies estudadas

3.3.1. *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá)

H. courbaril popularmente conhecida como jatobá, jutaí-açu ou jutaí, é uma espécie da família Fabaceae e subfamília Caesalpinioideae (LORENZI, 2000). Ocorre do litoral sul brasileiro à costa ocidental da região central do México, ocupando a maior parte da Bacia Amazônica e do Planalto Central Brasileiro (LARCERDA; KANASHIRO; SEBNENN, 2008). Possui árvores perenifólias de médio a grande porte, atingindo até 25 m de altura com diâmetros superiores a 120 cm e troncos retos e cilíndricos, de súber liso e de coloração cinza (CIPRIANO et al., 2014; COSTA et al. 2019). Ocorre principalmente em florestas primárias, em várzea alta e em áreas de terra firme, estabelecendo-se com frequência em solos argilosos e pobres (SILVA et al., 2014; COSTA et al., 2019).

Várias partes da árvore desta espécie são aproveitadas como, por exemplo, resina, casca, seiva, sementes, frutos e folhas, além da madeira. Podem ser empregadas em fitoterapia e culinária. É muito utilizada por populações tradicionais devido às suas diversas utilidades (SHANLEY; MEDINA, 2005; SILVA et al., 2019). O principal produto da espécie é a madeira, que possui alto valor comercial com grande aceitação no mercado local e externo. Sua densidade básica é de 800 kg/m³, é uma madeira pesada com baixa retratibilidade e alta resistência mecânica. Muito utilizada na construção civil, carroçarias, postes, dormentes, construções variadas, móveis, laminados, entre outros usos (TONINI; ARCO-VERDE, 2003; ALVINO; SILVA; RAYOL, 2005; COSTA; SOUZA; SOUZA, 2011; IPT, 2013).

H. courbaril é considerada uma espécie intolerante à sombra, porém na fase juvenil se beneficia de sombra leve, sendo, portanto, considerada semi-heliófila (TONINI; ARCO-VERDE, 2003). Tem crescimento lento sob sombra, necessitando de luz vertical ou quase plena para acelerar seu crescimento (TONINI; ARCO-VERDE, 2003).

3.3.2. *Goupia glabra* Aubl. (Cupiúba).

A espécie ocorre na região amazônica (Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela) e no Panamá. No Brasil, é encontrada nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Roraima, Rondônia e Mato Grosso. Habita a floresta tropical de terra firme, em platôs, e está presente tanto em solos arenosos quanto argilosos bem drenados. Apresenta alta densidade de mudas de regeneração natural em áreas desmatadas e clareiras, suas árvores são semidecíduas. Os frutos e as sementes são dispersados por zoocoria, sendo os pássaros e algumas espécies de macacos seus principais agentes dispersores (LOUREIRO; SILVA; ALENCAR, 1979; SCHWENGBER; SMIDERLE, 2005).

A árvore desta espécie pode alcançar altura de 40 m, seu tronco é retilíneo e cilíndrico podendo alcançar 130 cm de diâmetro; a base é reta a acanalada. Tem casca externa áspera com cor acinzentada e apresenta algumas rachaduras, com 1 cm de espessura, e desprende-se em lâminas largas. Os ramos e folhas novas são cobertos por pelos, tornando-se glabros nos indivíduos mais maduros. As folhas são simples, pecioladas, com disposição alterna e medem de 5 cm a 13 cm de comprimento e de 1,5 cm a 4 cm de largura, sua consistência é coriácea e a forma é elíptica ou ovulada-lanceolada. As flores hermafroditas são muito pequenas reunidas em umbelas axilares pedunculadas (TONINI, OLIVEIRA JUNIOR; SCHWENGBER, 2008; GURGEL et al., 2015).

A madeira de *G. glabra* é muito utilizada no segmento da construção naval, civil e indústria moveleira, tendo utilidade para produção de vigas, caibros, ripas, batentes de porta e janelas, tábuas (para assoalhos e rodapés), móveis, estacas etc. (MORY; JARDIM, 2001; TONINI; FERREIRA, 2004). A densidade da madeira é em torno de 710 kg/m³, com propriedades de resistência e rigidez adequadas ao uso estrutural (OLIVEIRA; SALES, 2002; IPT, 2013).

Esta espécie é classificada ecologicamente como pioneira (SWAINE; WHITMORE, 1988; WHITMORE, 1990), necessitando de luz, tanto para germinação quanto para o seu desenvolvimento. É frequente em áreas de clareiras grandes e capoeiras em regeneração, oriundas de corte e abandono, onde geralmente persistem até a fase madura da floresta (LEAL FILHO, 2000; MORY; JARDIM, 2001).

3.3.3. *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (Piquiarana)

C. glabrum pertence à família Caryocaraceae (CRONQUIST, 1981) e faz parte do grupo ecológico das climácicas (LIRA; AZEVEDO, 2012). O gênero *Caryocar* é encontrado

no Brasil, Bolívia, Colômbia, Guiana e Suriname. No Brasil, a espécie é incidente no Pará, Maranhão, Amazonas, Bahia, Ceará, Piauí, Goiás e, em menor proporção, em São Paulo e Minas Gerais (NISGOSKI; MUIIIZ; KLOCK, 1998).

Nas florestas amazônicas ocorrem outras espécies do gênero como, por exemplo, a (*Caryocar microcarpum* e *Caryocar villosum*) que possuem características próximas que podem confundi-las com as características da *C. glabrum*. Elas são tão semelhantes que para fazer a diferenciação entre elas tem que realizar a análise do diâmetro dos poros e parênquimas (NISGOSKI; MUÑIZ; KLOCK, 1998).

Possui árvores de grande porte, atingindo 40 m de altura, possui o tronco ereto e cilíndrico com sapopemas de até 50 cm de altura, algumas prolongando-se formando raízes superficiais e lenhosas (PRANCE; SILVA, 2006). As folhas são do tipo compostas, opostas, pecioladas, estipuladas com três folíolos peciolulados com ou sem estipelas; a margem da folha é denteada, raramente inteira, glabros ou com pequenos tufo de pelos nas axilas das nervuras secundárias; inflorescência apical com flores amarelas; estames numerosos, vermelhos ou avermelhados; fruto globoso ou elipsoidal; mesocarpo escasso amarelado, gorduroso; endocarpo duro, recoberto por longos espinhos (RIBEIRO et al., 2000).

A madeira de *C. glabrum* é amplamente utilizada na construção civil (IPT, 2013). Sua madeira é pesada (densidade 0,81 g/cm³); possui o cerne branco levemente amarelado e alburno levemente mais claro; tem textura grossa; grã diagonal a revessa, o que a torna difícil de ser trabalhada; superfície irregularmente lustrosa e áspera ao tato; boa resistência ao ataque de organismos xilófagos, baixa permeabilidade às soluções preservantes (NISGOSKI; MUIZ; KLOCK, 1998). Além disso, ela é usada na medicina tradicional para o tratamento de problemas de pele (MAGID et al., 2007).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida na Floresta Nacional do Tapajós (Flona do Tapajós) (Figura 1), em uma área experimental de 144 ha, à altura do km 114 da BR 163, rodovia Santarém-Cuiabá, entre as coordenadas 03° 18'31,84364" – 03° 19' 21,48821" S e 54° 56' 27,96367" – 54° 56' 15,13091" W, no município de Belterra (Figura 1).

Figura 1- Localização da área experimental - km 114 da BR 163, Flona do Tapajós.



Fonte: Oliveira et al. (2005)

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo “Am”, caracterizado como clima tropical (KOTTEK et al., 2006). A precipitação anual total em 2019 foi de 3226 mm, com um período chuvoso de janeiro a maio e período seco ou pouco chuvoso de julho a dezembro. A média anual de temperatura é de 27°C, com umidade relativa do ar de 87% (INMET, 2019). O relevo é plano a levemente ondulado e a altitude situa-se em torno de 175 m acima do nível do mar (OLIVEIRA et al., 2005).

Nessa região há predominância de Latossolo Amarelo Distrófico, caracterizado por diferentes texturas, geralmente profundo, ácido, friável e revestido por florestas densas (ESPÍRITO-SANTO et al., 2005). O relevo da área experimental é plano a suavemente ondulado (CARVALHO; SILVA; LOPES, 2004) e a vegetação é do tipo Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012) de terra firme.

4.2. Histórico da área experimental

Em 1981, um experimento silvicultural foi instalado pela Embrapa Amazônia Oriental em uma área de 144 ha. Neste mesmo ano foram realizadas as atividades de: inventário pré-exploratório a 100% de intensidade (censo florestal), medindo-se todas as árvores com DAP (diâmetro a 1,30 m do solo) $\geq 45,0$ cm; corte de cipós em toda a área; estabelecimento de 48 parcelas permanentes e foi feita a primeira medição das parcelas permanentes (antes da exploração) (CARVALHO, 1987).

Em 1982 foi realizada a exploração florestal planejada nos 144 ha, colhendo árvores de 38 espécies, escolhidas com base na abundância e volume presentes na área, e por serem comercializadas no mercado regional de Santarém (CARVALHO; SILVA; LOPES, 2004). Foi uma colheita considerada de alta intensidade (GOMES et al., 2018), com extração média de 12 árvores ha⁻¹, o equivalente a 90 m³ ha⁻¹ (CASTRO et al., 2019). Em 1983, um ano após a exploração, ocorreu a segunda medição das 48 parcelas permanentes. Em 1987 e 1989 foram realizadas a terceira e quarta medições das parcelas na floresta explorada (CARVALHO; SILVA; LOPES, 2004).

Nos anos de 1993 e 1994, doze anos após a exploração florestal, foram realizados tratamentos silviculturais na floresta explorada, eliminando-se árvores preferencialmente de espécies consideradas não comerciais. A finalidade foi reduzir a área basal do povoamento e, com isso, reduzir a competição entre árvores por luz, espaço e nutrientes, proporcionando o aumento da sobrevivência, crescimento e estabelecimento da regeneração natural das espécies de valor comercial (OLIVEIRA et al., 2005).

O tipo de tratamento silvicultural aplicado foi o refinamento (anelagem com a aplicação de arboricida Tordon 2,4 D), para eliminar árvores de espécies não comerciais a partir de um diâmetro mínimo de 15 cm, até atingir a redução de área basal planejada em cada tratamento. Utilizou-se a técnica de anelagem com entalhes, que consiste em um anel feito com golpes de machadinha em torno do fuste da árvore, sem a retirada da casca. Em seguida aplicou-se, no local do anel, o arboricida diluído em óleo diesel, a uma concentração de 5% (COSTA et al., 2001). Outras medições foram realizadas nas parcelas permanentes após a aplicação dos tratamentos silviculturais em 1995, 2003, 2008 e 2012 (AVILA et al., 2018), perfazendo 31 anos de monitoramento (1981 a 2012).

Em 2014 foi realizado o segundo inventário a 100% de intensidade na área (144 ha), portanto aos 33 anos após o primeiro inventário e 32 anos após a exploração florestal. Todas as árvores com DAP \geq 25 cm foram inventariadas (CASTRO et al., 2019). Nesse censo as árvores com Diâmetro Mínimo de Corte (DMC) \geq 50 cm, além de serem georreferenciadas, foram identificadas quanto à espécie botânica, foi realizada avaliação da qualidade do fuste, e também receberam uma plaqueta de alumínio com uma numeração única da árvore, visando o planejamento da próxima colheita na área.

4.3. Coleta e obtenção de dados

Os dados analisados provêm de um inventário florestal contínuo realizado em parcelas permanentes no período de 1981 a 2012 (31 anos) e de dois censos (inventário a 100% de intensidade), sendo o primeiro realizado em 1981 e o segundo em 2014 (33 anos

após o primeiro). Na área de 144 ha (1200 m x 1200 m) (Figura 2), foram estabelecidas de forma aleatória 48 parcelas permanentes de 50 m x 50 m (0,25 ha). Para facilitar a coleta de dados, cada parcela permanente de 50 m x 50 m foi subdividida em 25 subparcelas de 10 m x 10 m, sendo estas numeradas de 01 a 25 (Figura 2), onde foram mensuradas todas as árvores com DAP \geq 5,0 cm, marcadas com tinta à altura do DAP e identificadas com uma plaqueta de alumínio, conforme a metodologia descrita em Silva et al. (2005).

O primeiro censo, realizado em 1981 (um ano antes da exploração), incluiu árvores com DAP \geq 45 cm (SILVA; CARVALHO; LOPES, 1985), enquanto que o segundo censo, realizado em 2014 (32 anos após a exploração e 20 anos após os tratamentos silviculturais), incluiu árvores com DAP \geq 25 cm (CASTRO et al., 2019). Na presente pesquisa foram avaliadas árvores desde 5 cm de DAP, desta forma, os dados dos censos foram complementados com dados obtidos nas parcelas permanentes. Portanto, o censo de 1981 foi complementado com os dados de árvores com DAP de 5 cm até 44,9 cm, medidas nas 48 parcelas permanentes em 1981, e o censo de 2014 foi complementado com dados de árvores com DAP de 5 cm até 24,9 cm, medidas nas parcelas permanentes no ano de 2012.

4.4. Seleção das espécies

Na exploração florestal realizada em 1982 foram colhidas 38 espécies de valor comercial de interesse na região (CARVALHO; SILVA; LOPES, 2004; AVILA et al., 2017). Dentre estas, foram selecionadas três espécies para o estudo (*Hymenaea courbaril* L., *Goupia glabra* Aubl. e *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers), por não apresentarem distribuição diamétrica na forma de J-invertido bem definida, no censo realizado em 1981 (antes da exploração florestal).

4.5. Análise de dados

Das oito medições realizadas nas parcelas permanentes, cinco foram selecionadas para as análises da distribuição diamétrica: 1981 (por ter sido antes da exploração, ou seja, em floresta não alterada); 1983 (um ano após a exploração); 1989 (a medição mais próxima antes da realização dos desbastes); 1995 (um ano após os desbastes); e 2012 (última medição realizada na área – aos 30 anos após a exploração e aos 18 anos após os desbastes).

Para análise das distribuições diamétricas dos números de indivíduos das espécies, foram estabelecidas classes de diâmetros com a amplitude de 10,0 cm. Para projetar a distribuição diamétrica, utilizou-se a função de densidade de probabilidade (FDP) de Weibull de três parâmetros (3P), por ser um dos modelos de distribuição mais popular em estudos florestais

(LEITE et al., 2013; LANA et al., 2013; ORELLANA et al., 2014; CIARNOSCHI et al., 2019), além de apresentar flexibilidade para assumir diferentes formas e assimetrias (WENDLING; EMERENCIANO; HOSOKAWA, 2011). As FDPs vêm sendo as principais ferramentas utilizadas na modelagem estrutural de plantios florestais e florestas multiâneas e heterogêneas (NASCIMENTO, 2012).

Existem três métodos para estimar os parâmetros da FDP de Weibull: método dos momentos; da máxima verossimilhança; e dos percentis. Quando se conhece a verdadeira distribuição para uma determinada população, qualquer um desses métodos pode ser utilizado para estimar a função, pois eles são equivalentes quanto à eficiência (BARRA et al., 2004).

No presente trabalho para a projeção da distribuição diamétrica foi empregada a FDP de Weibull (3P) (Equação 1), por meio do método dos percentis, tendo como base a metodologia proposta por Wendling; Emerenciano; Hosokawa, (2011), sendo sua função expressa como:

$$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} e \left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma} \right] \quad (1)$$

Em que: α = parâmetro de locação, no início da curva; β = parâmetro de escala da curva; γ = parâmetro de forma, que define o tipo de curva; e x = centro de classe de diâmetro.

Pelo processo de integração da função Weibull (Equação 2), obtém-se a função de distribuição cumulativa.

$$F(x) = 1 - e \left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma} \right] \quad (2)$$

Em que: α = parâmetro de locação, no início da curva; β = parâmetro de escala da curva; e x = centro de classe de diâmetro.

A aderência dos dados à distribuição Weibull 3P foi avaliada pelo emprego do teste Kolmogorov-Smirnov (KS) a 1% de probabilidade, em que foram consideradas as frequências acumuladas observada e esperada. A escolha dos valores dos parâmetros levou em consideração a menor divergência (D) entre as duas distribuições, isto é, o menor valor de D de KS.

Foi utilizado também o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com o objetivo de verificar a existência de diferença significativa entre os anos estudados, em relação ao DAP. As distribuições diamétricas do número de indivíduos obtidas a partir dos dados coletados no censo de 1981 (antes da exploração) foram comparadas com as distribuições obtidas a

partir dos dados coletados no censo de 2014 (32 anos após a exploração e 20 anos após os tratamentos silviculturais). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio de planilha eletrônica e do programa SPSS (versão 20).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Estimativa dos coeficientes da função Weibull 3P

Houve aderência dos valores estimados pelas funções Weibull 3P para as três espécies analisadas por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, ou seja, houve aceitação da hipótese de nulidade em que as frequências esperadas e observadas são similares do ponto de vista estatístico (Tabela 1).

Tabela 1: Estimativa dos coeficientes da função densidade de probabilidade de Weibull 3P para distribuição diamétrica de árvores das espécies *Hymenaea courbaril* L., *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. e *Goupia glabra* Aubl., estudadas na área experimental do Km 114 da BR 163 na Floresta Nacional do Tapajós, considerando árvores com DAP $\geq 5,0$ cm.

| Espécie | Ano | α | β | Υ | Dcal | Dtab |
|---------------------|------|----------|---------|------------|--------------------|------|
| <i>H. courbaril</i> | 1981 | 0,52 | 31,26 | 0,86 | 0,19 ^{ns} | 0,36 |
| | 1983 | 2,90 | 15,70 | 0,83 | 0,07 ^{ns} | 0,43 |
| | 1989 | 5,00 | 10,81 | 0,61 | 0,06 ^{ns} | 0,40 |
| | 1995 | 3,50 | 16,39 | 0,76 | 0,05 ^{ns} | 0,42 |
| | 2012 | 3,50 | 18,79 | 0,73 | 0,07 ^{ns} | 0,37 |
| <i>C. glabrum</i> | 1981 | 0,54 | 23,14 | 1,01 | 0,09 ^{ns} | 0,47 |
| | 1983 | 0,57 | 10,85 | 2,14 | 0,24 ^{ns} | 0,49 |
| | 1989 | 0,59 | 12,82 | 2,42 | 0,18 ^{ns} | 0,51 |
| | 1995 | 0,57 | 13,22 | 2,30 | 0,33 ^{ns} | 0,54 |
| | 2012 | 0,60 | 14,91 | 2,04 | 0,11 ^{ns} | 0,51 |
| <i>G. glabra</i> | 1981 | 0,58 | 53,72 | 1,65 | 0,23 ^{ns} | 0,42 |
| | 1983 | 0,61 | 18,91 | 1,05 | 0,33 ^{ns} | 0,67 |
| | 1989 | 0,73 | 22,02 | 1,07 | 0,47 ^{ns} | 0,67 |
| | 1995 | 0,74 | 23,45 | 1,03 | 0,45 ^{ns} | 0,67 |
| | 2012 | 4,68 | 10,00 | 0,57 | 0,08 ^{ns} | 0,42 |

α = parâmetro de locação; β = parâmetro de escala; Υ = parâmetro de forma; D_{cal} = valor estatístico do D máximo do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS); D_{tab} = valor tabelar de KS para 1% de probabilidade; ^{ns} = diferença não significativa.

O parâmetro de locação (α) pode assumir o valor mínimo dos dados a que se propõe a modelagem, sendo sempre positivo e menor ou igual ao menor diâmetro do povoamento, assim o valor deve estar sempre entre zero e o diâmetro mínimo (KNOEBEL *et al.* 1988). Este parâmetro apresentou valores de α variando de 0,52 a 5,0 (Tabela 1), para as espécies analisadas em todos os anos para o diâmetro mínimo de 5,0 cm.

De acordo com Nascimento (2012), em relação ao parâmetro de escala (β), quanto menor for o valor de β , mais leptocúrtica será a distribuição e quanto maior for o valor de β mais platicúrtica será a distribuição. Observa-se, na Tabela 1, que somente na espécie *G. glabra*, no ano de 1981, ocorreu uma distribuição platicúrtica, mostrando ter uma proximidade do eixo das abscissas, ou seja, quantidade de indivíduos em classes diferentes, quase idênticas. Nas outras duas espécies em todos os anos analisados a distribuição foi leptocúrtica.

Quando o parâmetro de forma é igual ou menor que um ($Y \leq 1$), a distribuição diamétrica apresenta a forma típica de florestas tropicais naturais, a conhecida forma de J-invertido (BAILEY; DELL, 1973; BATISTA, 1989), ou seja, o maior número de indivíduos está concentrado nas classes diamétricas inferiores. *H. courbaril* apresentou essa característica em todos anos analisados, enquanto *G. glabra* apresentou somente em 2012, ano da última medição na área. Alterações no ambiente e diminuição da competição favorecem a regeneração de espécies que necessitam das clareiras para obtenção de recursos naturais como, por exemplo, luz e nutrientes (ELIAS; DIAS, 2008). Segundo Orellana et al. (2014), quando espécies apresentam grande número de indivíduos arbóreos nas classes diamétricas inferiores, tem-se aí características de regeneração abundante e capacidade de continuidade para perpetuação da espécie.

5.2. Dinâmica da estrutura diamétrica das espécies

5.2.1. *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá)

Os resultados das estatísticas descritivas da espécie (Tabela 2), comparando a média dos diâmetros do ano imediatamente após a exploração (1983) com o último ano de medição (2012), mostram que ocorreu uma recuperação do estoque, pois em 1983 a média foi de 18,24 e em 2012 a média foi de 24,26. Esse progresso é visualizado também nos diâmetros máximos destes mesmos anos, passando de 54,90 cm em 1983 para 89,20 cm em 2012. A variação dos diâmetros mínimos foi menor, ficando basicamente em torno de 5,0 cm. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p=0,609$), não houve diferença no DAP entre os anos estudados, ou seja, não ocorreram mudanças de classes diamétricas de forma significativa.

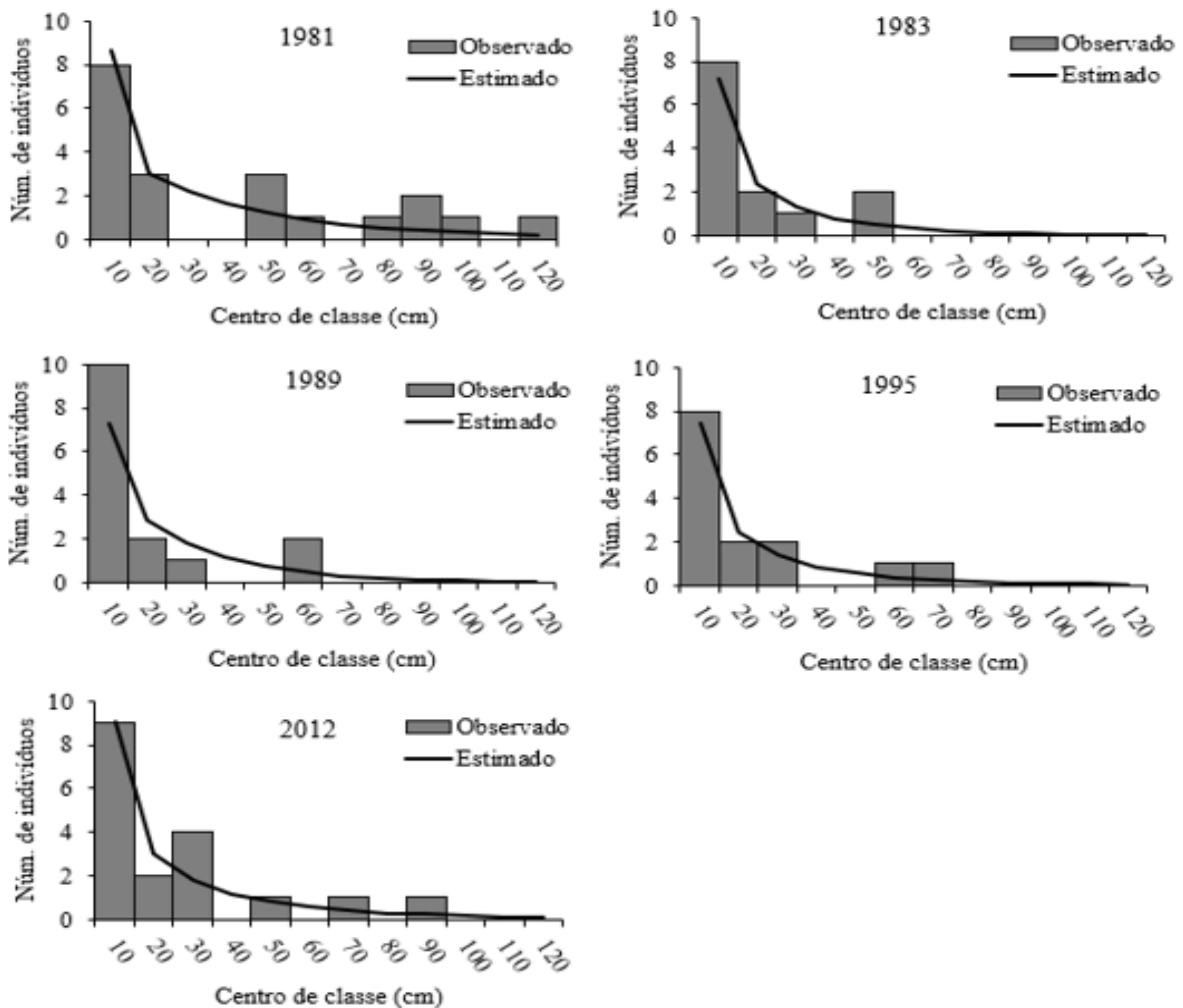
Tabela 2. Estatísticas descritivas do DAP dos indivíduos de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), no período de 31 anos na área experimental do Km 114 da BR 163 na Floresta Nacional do Tapajós, considerando árvores com DAP $\geq 5,0$ cm.

| ESTATÍSTICAS | 1981 | 1983 | 1989 | 1995 | 2012 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mínimo | 5,20 | 5,80 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Máximo | 122,10 | 54,90 | 63,90 | 69,30 | 89,20 |
| Média | 40,30 | 18,24 | 18,86 | 21,44 | 24,26 |
| Mediana | 20,10 | 11,00 | 9,80 | 13,05 | 15,90 |

A estrutura diamétrica ideal de uma floresta para manejar de forma sustentável é aquela que apresenta maior número de indivíduos nas menores classes de tamanho com uma redução constante do número de indivíduos de uma classe para a outra (PETERS, 1996). Na Figura 2 observa-se que nos anos após a exploração (a partir de 1983), *H. courbaril* mostra uma leve tendência em formar esse tipo de estrutura. Considerando os dados observados, a população de *H. courbaril*, durante os 31 anos avaliados, não teve recuperação próxima ou similar à distribuição original (1981) (Figura 2).

A Instrução Normativa nº 05/2015 da Secretária de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará - SEMAS-PA (SEMAS, 2015), que trata dos procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável no Estado do Pará, no Art. 25, Inciso IV, estabelece que se deve manter “pelo menos 10% (dez por cento) do número de árvores por espécie inventariada, na área de efetiva exploração da UPA, respeitando o limite mínimo de manutenção 0,03 indivíduo/ha, por espécie, por UT”. Na amostragem de 12 ha do estudo (Figura 2), a espécie apresentou estoque de um indivíduo com potencial para colheita, nas classes 50, 70 e 90, equivalendo a 0,25 indivíduo por hectare, permitindo a colheita de até 32 árvores da espécie, atendendo à Normativa da SEMAS-PA de manutenção de 10% de indivíduos na UT e o índice de 0,03 indivíduo por hectare.

Figura 2. Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) observada e estimada pela função de Weibull 3P em cada ano estudado nas parcelas permanentes, na área experimental do Km 114 da BR 163 na Floresta Nacional do Tapajós, considerando árvores com diâmetro $\geq 5,0$.



Alvino; Silva; Rayol (2005) comentam que espécies arbóreas de valor econômico (ex: *H. courbaril*) possuem poucos indivíduos na floresta, e a intensa exploração de suas madeiras pode leva-las ao desaparecimento pela retirada de indivíduos que completariam o ciclo reprodutivo. Esse não é o caso de *H. courbaril* na área do presente estudo (144 ha), onde possui 216 indivíduos com DAP $\geq 5,0$ cm (18 indivíduos na amostra de 12 ha de parcelas permanentes, conforme pode-se observar na Figura 2, ano 2012) e considerando que, de acordo com Melo e Mendes (2005), os eventos reprodutivos da espécie iniciam na idade de 8 a 12 anos. Portanto há número suficiente de indivíduos que poderão garantir a produção de frutos e sementes, dando tempo de completar o ciclo reprodutivo da espécie (ALVINO; SILVA; RAYOL, 2005) e, conseqüentemente, garantir a regeneração natural na área. Há também indivíduos que poderão ser colhidos (DAP ≥ 50 cm) no próximo corte (Figura 2).

Em 1989, aos sete anos após a exploração, ingressaram novos indivíduos na Classe 60 provenientes da classe anterior. No ano de 1995, logo após os tratamentos silviculturais, houve variações no número de indivíduos nos dados observados (Figura 3), destacando a redução de indivíduos na Classe 10, ocasionada provavelmente pela mortalidade devido à queda de árvores durante o processo de desbastes e pelo egresso de indivíduos para a Classe 20, e possivelmente para a Classe 30. Houve também movimentação de indivíduos da Classe 60 para a Classe 70, ocorrida naturalmente pelo crescimento dos indivíduos.

A espécie mostrou um desenvolvimento lento, principalmente nas menores classes diamétricas, por exemplo na Classe 30, onde, no decorrer de 29 anos após a exploração, nenhum indivíduo passou para a Classe 40 (Figura 3). Esse comportamento de ausência nessa classe, foi semelhante ao observado no trabalho de Silva et al. (2016), no qual foi destacado que por se tratar de uma população com baixa densidade e déficit de indivíduos nas menores classes de tamanho, o ciclo de corte definido naquele projeto de manejo não foi suficiente para a recuperação do estoque de madeira da espécie. Diante disso, ressalta-se a importância de acompanhar a regeneração natural desta espécie após a exploração, para facilitar as decisões a serem tomadas para os próximos ciclos de corte na área do presente estudo.

5.2.2. *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (Piquiarana).

Nas estatísticas descritivas (Tabela 3) é apresentada a evolução do crescimento diamétrico da espécie, tendo no ano de 1983 (um ano após a exploração) um diâmetro médio de 13,94 cm e em 1995 (imediatamente após os tratamentos silviculturais), um avanço considerável para 19,45 cm de diâmetro médio. Esse resultado pode ter ocorrido, provavelmente, pelas mudanças ambientais, causadas pela abertura de clareiras, que proporcionaram mais entrada de luz e pelos tratamentos silviculturais que reduziram a competição e, conseqüentemente, favoreceram o crescimento da espécie, que se comportou ecologicamente como oportunista, ou intermediária oportunista como foi classificada por Oliveira; Jardim; Gomes (2020).

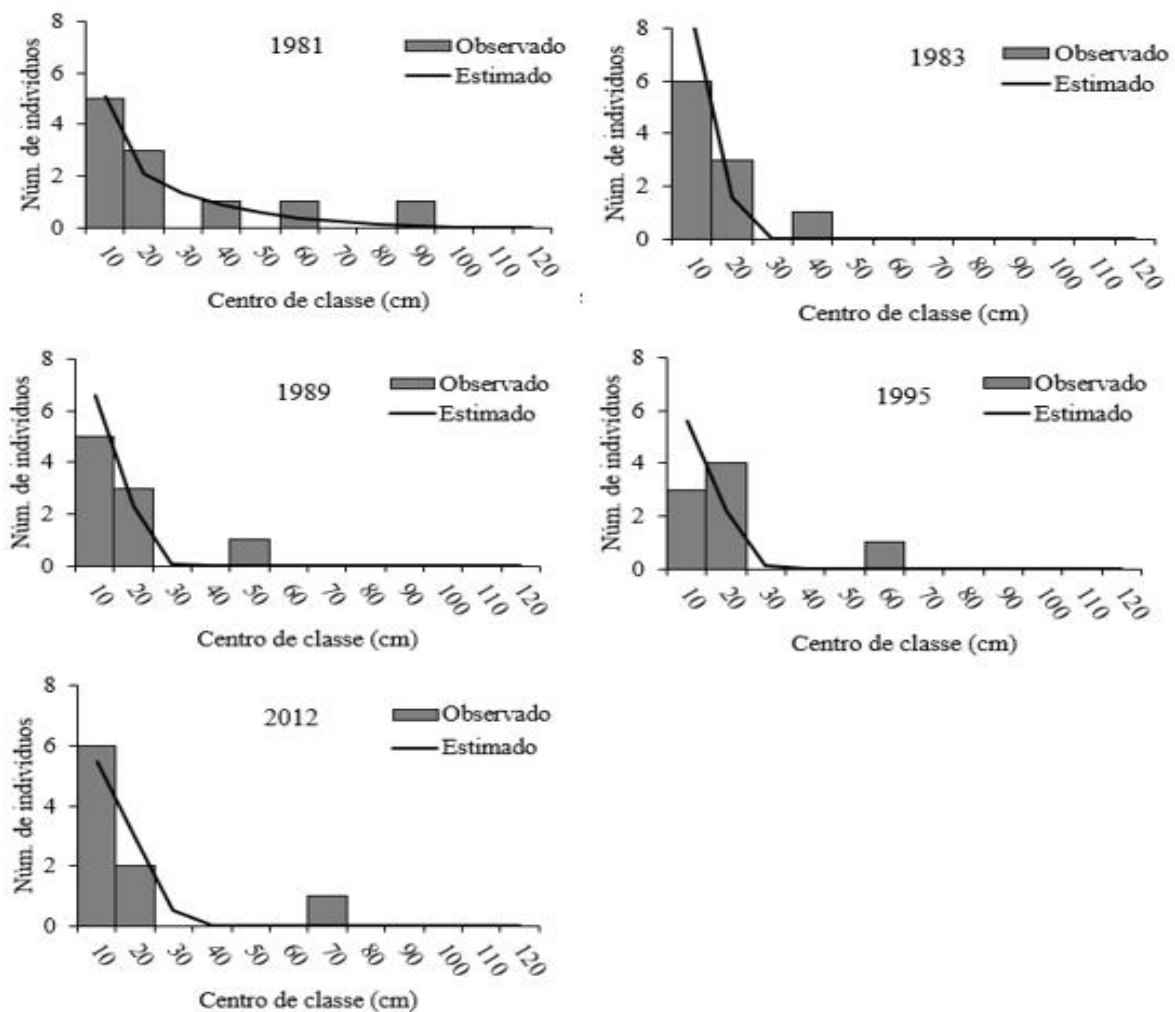
Tabela 3. Estatísticas descritivas do DAP dos indivíduos de *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (piquiarana), em cada ano estudado, na área experimental do Km 114 da BR 163 na Floresta Nacional do Tapajós, considerando árvores com DAP \geq 5,0 cm.

| ESTATÍSTICAS | 1981 | 1983 | 1989 | 1995 | 2012 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mínimo | 5,40 | 5,70 | 5,90 | 5,70 | 6,00 |
| Máximo | 94,40 | 43,10 | 54,10 | 59,30 | 70,50 |
| Média | 25,65 | 13,94 | 16,98 | 19,45 | 19,60 |
| Mediana | 15,60 | 8,90 | 13,00 | 15,50 | 10,80 |

Nos resultados do teste de Kruskal-Wallis ($p=0,609$) não houve diferença significativa no DAP entre os anos estudados para *C. glabrum*.

A espécie foi pouco dinâmica em termos de ingresso e mortalidade no período estudado, principalmente nas duas primeiras classes, após a exploração (Figura 3). A Classe 30 não teve indivíduos em todo o período. Segundo Oliveira et al. (2017), se uma espécie apresenta descontinuidade na sua distribuição diamétrica ou mesmo ausência de indivíduos nas classes de diâmetro inferiores, isso remete a problemas na regeneração natural. Segundo Oliveira; Jardim; Gomes (2020), espécies comerciais, secundárias tardias ou oportunistas e intolerantes à sombra, têm sua capacidade de recobrimento reduzida devido à colheita das matrizes.

Figura 3. Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (piquiarana) observada e estimada pela função de Weibull 3P, em cada ano estudado nas parcelas permanentes, na área experimental do Km 114 da BR 163, na Floresta Nacional do Tapajós, considerando árvores com DAP $\geq 5,0$ cm.



Na Classe 40 havia um indivíduo antes da exploração (1981) que foi crescendo até chegar a Classe 70 na última medição (2012). As clareiras abertas pela exploração e pelos

tratamentos silviculturais favoreceram o seu crescimento, pois segundo Jardim; Serrão; Nemer (2007), árvores do grupo das espécies oportunistas necessitam de luz em níveis variados (clareiras de 200-600 m²) para regenerar e crescer. As classes diamétricas inferiores foram pouco alteradas, pois não houve colheita de indivíduos com diâmetros menores que 50 cm.

Esse formato de estrutura diamétrica, onde a maioria dos indivíduos de *C. glabrum* se encontra nas classes inferiores, converge com a estrutura identificada no trabalho de Oliveira et. al. (2017), que avaliou a distribuição diamétrica de espécies presentes em uma floresta manejada, e *C. glabrum* teve estrutura similar.

5.2.3 *Goupia glabra* Aubl. (Cupiúba)

As estatísticas descritivas da espécie mostram que os diâmetros mínimos mudaram em todos os anos, demonstrando que *G. glabra* teve uma variação recorrente no número de indivíduos jovens (Tabela 4). O diâmetro máximo no ano de 1981 era de 99,5 cm e após a exploração reduziu para 48,8 cm em 1983, mas com a recuperação atingiu 68,0 cm em 2012. A média diamétrica ficou baixa no ano de 2012 comparada com as médias dos anos anteriores, devido à maioria dos indivíduos (mais de 85%) nesse ano estarem nas classes menores que 50 cm, com maior acúmulo na classe 10 cm (Tabela 4).

Tabela 4. Estatísticas descritivas do DAP dos indivíduos de *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba), em cada ano estudado, na Floresta Nacional do Tapajós.

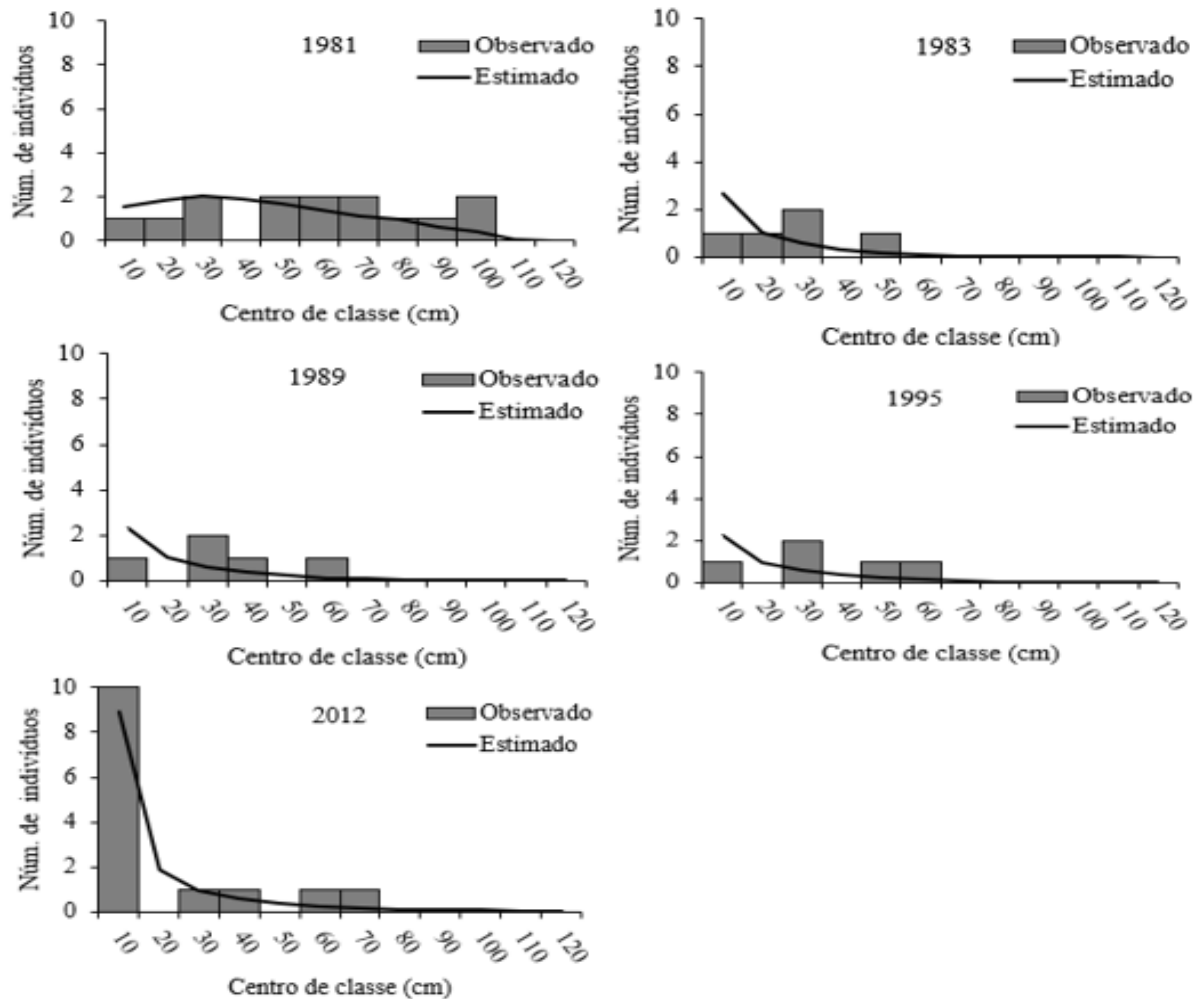
| ESTATÍSTICAS | 1981 | 1983 | 1989 | 1995 | 2012 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mínimo | 5,80 | 6,10 | 7,30 | 7,40 | 5,20 |
| Máximo | 99,50 | 48,80 | 55,70 | 61,50 | 68,00 |
| Média | 57,39 | 27,08 | 31,40 | 34,34 | 19,56 |
| Mediana | 57,70 | 25,50 | 26,90 | 28,50 | 8,65 |

Nos resultados do teste de Kruskal-Wallis houve diferença significativa ($p = 0,016$) no DAP entre os anos estudados, ou seja, ocorreram mudanças de classes diamétricas de forma significativa, indicando alteração na estrutura diamétrica (Figura 4).

As intervenções antrópicas em todo o período analisado propiciaram à espécie a mudar sua estrutura diamétrica, tendenciando para a forma de j-invertido. Esses tipos de alterações antrópicas (exploração e tratamentos silviculturais) podem funcionar como estímulo para iniciar o processo de regeneração e sucessão de espécies (FERNANDEZ-VEJA; COVEY; ASHTON, 2017) e foi o que ocorreu com *G. glabra* na área do presente estudo.

No ano de 1981 (antes da exploração), *G. glabra* tinha indivíduos em todas as classes diamétricas, com exceção da Classe 40 (Figura 4). Um ano após a exploração (1983) foi registrado um indivíduo na classe 50 que com o decorrer dos anos foi ingressando nas classes subsequentes, chegando à classe 60 em 1989, depois à Classe 70 em 2012 (último ano avaliado) (Figura 3). No estudo de Hirai; Carvalho; Botelho (2007), foi avaliado o comportamento populacional da *G. glabra* em uma floresta de terra firme e observado que o crescimento da espécie é rápido e, por isso, a condução da regeneração natural pode ser facilitada em florestas naturais.

Figura 4. Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba) observada e estimada pela função de Weibull 3P, em cada ano estudado nas parcelas permanentes, na área experimental do Km 114 da BR 163, na Floresta Nacional do Tapajós, considerando árvores com DAP $\geq 5,0$ cm.



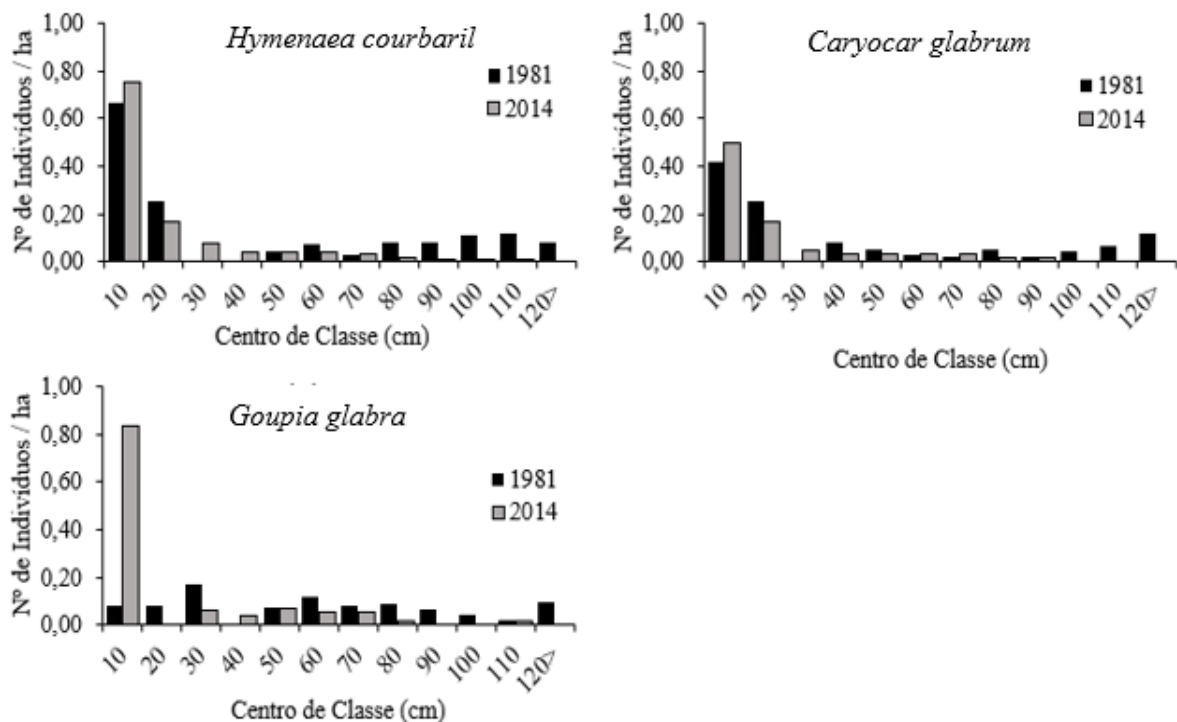
No ano de 2012 houve um aumento significativo no número de indivíduos na Classe 10. Esse comportamento pode ter ocorrido devido à luminosidade proporcionada pela exploração realizada em 1982, que favoreceu a germinação do banco de sementes, que necessitou de um longo período para atingir 5,0 cm de diâmetro e, além disso, os tratamentos silviculturais em 1994 podem ter alavancado esse crescimento da regeneração

natural. Whitmore (1990) comenta que, de modo geral, as mudas ou plântulas de espécies intolerantes à sombra, como a *G. glabra*, não podem sobreviver sob o dossel da floresta. Porém, têm a vantagem de poder armazenar suas sementes no solo, até surgir uma oportunidade de iluminação que favoreça a germinação e seu crescimento (MORY; JARDIM, 2001; HIRAI; CARVALHO; PINHEIRO, 2007).

5.3. Alterações na distribuição diamétrica das espécies em 33 anos após a exploração

A comparação feita entre a curva de distribuição diamétrica de 1981 (um ano antes da exploração) e a curva de 2014 (32 anos após a exploração e 20 anos após a aplicação de tratamentos silviculturais), com base nos dados dos censos realizados nesses dois anos na área (144 ha), pode-se observar na Figura 5 que ocorreram grandes alterações nas populações das espécies estudadas. *H. courbaril* em 1981, antes de qualquer intervenção antrópica realizada na área, não tinha indivíduos nas classes diamétricas 30 e 40. No ano de 2014 ocorreu mudança estrutural, tendendo a uma nítida distribuição em J-invertido, preenchendo inclusive as lacunas das classes 30 e 40, porém com menos indivíduos com tamanhos para corte (classe ≥ 50 cm), e um aumento de indivíduos na classe 10.

Figura 5. Distribuição diamétrica dos indivíduos das espécies *Hymenaea courbaril*, *Caryocar glabrum* e *Goupia glabra*, a partir dos censos florestais dos anos de 1981 e 2014 na área experimental (144 ha) do Km 114 da BR 163, na Floresta Nacional do Tapajós.



Na distribuição diamétrica de *C. glabrum* (piquiarana) no ano de 1981, não foram registrados indivíduos na classe 30, porém esta foi preenchida ao longo do tempo, tendo inclusive indivíduos para corte (classe ≥ 50 cm) no ano de 2014, quando a espécie apresentou uma distribuição na forma de J-invertido.

G. glabra (cupiúba) não teve distribuição do tipo J-invertido, nos dois censos, porém em 2014 houve um grande aumento de indivíduos na classe 10 e ingresso de indivíduos na classe 40, que não possuía indivíduos em 1981. Esse tipo de estrutura implica dizer que, após a exploração e os tratamentos silviculturais, esta espécie não teve a possibilidade de regenerar e se desenvolver no tempo estabelecido para ciclo de corte (35 anos) na área estudada, embora tenha mantido estoque de indivíduos com DAP ≥ 50 cm.

O número de indivíduos disponíveis para corte (DAP > 50 cm) das três espécies avaliadas, aos 33 anos após a exploração (2014), foi inferior ao número de indivíduos registrados antes da área ter sido explorada (1981). Para *H. courbaril* foram encontradas 89 árvores com DAP > 50 cm em 1981, mas em 2014 apenas 18 árvores com esse DAP; para *G. glabra* foram encontradas 84 árvores em 1981 e 30 árvores em 2014; e para *C. glabrum* foram encontradas 56 árvores em 1981 e 16 árvores em 2014. Entretanto, apesar dessa redução, as três espécies mantiveram número de indivíduos suficiente para corte aos 33 anos após a exploração e 20 anos após os tratamentos silviculturais, inclusive atendendo às restrições estabelecidas na IN 05/2015 SEMAS-PA.

As três espécies tiveram números de indivíduos aptos a serem colhidos no segundo corte, aos 33 anos após o primeiro. As atividades realizadas na área não prejudicaram a renovação da floresta, pois favoreceram a regeneração e aumentaram a densidade populacional, propiciando a recuperação das três espécies.

6. CONCLUSÃO

As três espécies estudadas podem ser utilizadas em sistema de manejo policíclico, pois possuem número suficiente de árvores para produção contínua de madeira. A população de *H. courbaril* possui distribuição decrescente no número de árvores na floresta antes de ser explorada e durante todo o período (32 anos) avaliado após a colheita da madeira, o que pode manter a sua produção contínua. A população de *C. glabrum* também teve distribuição decrescente, embora com número de indivíduos reduzido, mas suficiente para manter a produção contínua. *G. glabra* não apresentou uma distribuição decrescente, porém após a colheita da madeira os indivíduos foram constantes em todo o período avaliado, inclusive com alta abundância de árvores jovens no final do ciclo, 32 anos após a colheita da madeira, garantindo sua permanência na área com produção contínua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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** 314 (4), 17-23. 2012.

ALVINO, P.O.; SILVA, M. F. F.; RAYOL, B. P. Potencial de uso das espécies arbóreas de uma floresta secundária, na Zona de Bragantina, Pará, Brasil, **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n.4, p. 413-420, 2005.

ANDRADE, D.F.; GAMA, J.R.V.; MELO, L.O.; RUSCHEL, A.R. Inventário florestal de grandes áreas na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 5, n. 1, p.109-115, 2015.

ARCE, J. E. Modelagem da estrutura de florestas clonais de *Populus deltoides* March através de distribuições diamétricas probabilísticas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 149 - 164, 2004.

AVILA, A.L.; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A.R.; LOPES, J.C.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; 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.

AVILA, A.L.; VAN DER SANDE, M.T.; DORMANN, C.F.; PEÑA-CLAROS, M.; POORTER, L.; MAZZEI, L.; RUSCHEL, A.R.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; BAUHUS, J. Disturbance intensity is a stronger driver of biomass recovery than remaining tree-community attributes in a managed Amazonian forest. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, p. 1647-1657, 2018.

BAILEY, R.; DELL, T. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, v. 19, n. 2, p. 97-104, 1973.

BARRA, O. S. V.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; MACHADO S. do A.; CÔRTE, A. P. D. Proposta metodológica para o ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3 p. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, 2004.

BATISTA, J. L. F. **A função Weibull como modelo para a distribuição de diâmetros de espécies arbóreas tropicais**. 1989. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

BRASIL. **Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006**. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável, Brasília, DF, mar. 2006. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm >. Acessado em 06 abr. 2020.

BRUKAS, V.; SALLNÄS, O. Forest management plan as a policy instrument: Carrot, stick or sermon? **Land Use Policy**. v. 29, n. 3, p. 605 - 613, 2012.

BUNYAVEJCHEWIN, S.; BAKER, P. J.; LAFRANKIE, J. V.; ASHTON, P. S. Stand structure of a seasonal dry evergreen forest at Huai Kha Hhaeng Wildlife Sanctuary, western Thailand. *Natural History*. **Bulletin of the Siam Society**, n.50, p.125-134, 2001.

CARDOSO, D.; SOUZA JR., C. **Sistema de Monitoramento da Exploração Madeireira (Simex): Estado do Pará 2017-2018**. Belém: Imazon, p. 38, 2020.

- CARVALHO, J.O.P. **Subsídios para o manejo de florestas naturais na Amazônia brasileira**: resultados de pesquisa da EMBRAPA/IBDF-PNPF. Belém: Embrapa Amazônia Oriental-CPATU, p.35, 1987. (Embrapa-CPATU. Documentos, 43).
- 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 Amazônica**, Manaus, v.34, n.2, p.209-217, 2004.
- CASTRO, T.C.; RUSCHEL, A.R.; CARVALHO, J.O.P.; RAMOS, E.M.L.S.; GOMES, J.M. Representatividade e precisão na estimativa da densidade e área basal na Floresta Nacional do Tapajós. **Nativa**, v. 7, p. 312-316, 2019.
- CIARNOSCHI, L.D.; ORSO, G.A.; CERQUEIRA, C.L.; PELISSARI, A.L.; PÉLLICO NETTO, S.; OLIVEIRA, M.V.N. Modelagem da distribuição diamétrica de três espécies da região amazônica. **Adv. For. Sci.**, Cuiabá, v.6, n.3, p.731-736, 2019.
- CIPRIANO, J.; MARTINS, L.; DEUS, M.D.S.M.; PERON, A.P.O. Gênero *Hymenaea* e suas espécies mais importantes do ponto de vista econômico e medicinal para o Brasil. **Caderno de Pesquisa**, n.26, v.2, p. 41-51, 2014.
- COSTA W.S., SOUZA A.L., SOUZA, P.B. **Jatobá, *Hymenaea courbaril* L.**: Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia de Espécies Nativas da Mata Atlântica. Engenharia Florestal- DEFUFV. Espécies Nativas da Mata Atlântica, p. 21, 2011. Disponível em: < http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/d_b_b_4835.pdf >. Acesso em: 28 de janeiro de 2020.
- 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. de; YARED, J. A. G. **A Silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa/ DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, p. 339-352, 2001.
- COSTA, D.L.; RIBEIRO, R.B.S.; VIEIRA, D.S.; SANTOS, M.F.; GAMA, J.R.V.; LIMA, B.A. Multipropósito de *Hymenaea courbaril* L. em uma área de manejo florestal comunitário na Amazônia. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.6, n.2, p.691-697, 2019.
- COSTA, O.B.; MATRICARDI, E.A.T; PEDLOWSKI, M.A.; MIGUEL, E.P.; GASPAR, R.O. Selective Logging Detection in the Brazilian Amazon. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.26, n. 2, 2019.
- CYSNEIROS, V.C.; AMORIM, T.A; MENDONÇA JUNIOR, J.O.; GAUI, T.D.; MORAES, J.C.R.; BRAZ, D.M.; MACHADO, S.A. Distribuição diamétrica de espécies da Floresta Ombrófila Densa no Sul do Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.37, n.89, p.1-10, 2017.
- DANIEL, O.; JANKAUSKIS, J. Avaliação de metodologia para o estudo do estoque de sementes do solo. **Série IPEF**, v.41-42, p.18-26, 1989.
- DIONÍSIO, L. F. S.; FILHO, O. S. B.; CRIVELLI, B. R. S.; GOMES, J. P.; OLIVEIRA, M. H. S.; CARVALHO, J. O. P. Importância fitossociológica de um fragmento de floresta ombrófila densa no estado de Roraima, Brasil. **Agroambiente**, v. 10, n. 3, p. 243 - 252, 2016.
- ELIAS R. B.; DIAS E. Ecologia das florestas de *Juniperus* dos Açores. In: Dias E. (ed.) **Cadernos de Botânica, nº 5**. Herbário da Universidade dos Açores. ISBN: 978-989-630-978-7, 2008.

- ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; SHIMABUKURO, Y.E.; ARAGÃO, L.E.O.C.; MACHADO, E.L.M. Análise da composição florística e fitossociológica da floresta nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n.2, 2005.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global Forest Resources Assessment 2020: Main report**. Rome, 2020. Disponível em: < <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9825en> >. Acessado em: 06 set. 2020.
- FERNANDEZ-VEJA, J.; COVEY, K.R.; ASHTON, M.S. Tamm Review: Large-scale infrequent disturbances and their role in regenerating shade-intolerant tree species in Mesoamerican rainforests: Implications for sustainable forest management. **Forest Ecology and Management**, v. 395, p. 48-68, 2017.
- FRANCEZ, L.M.B.; CARVALHO, J.O.P.; BATISTA, F.J.; JARDIM, F.C.S.; RAMOS, E.M.L.S Influência da Exploração Florestal de Impacto Reduzido Sobre as Fases de Desenvolvimento de uma Floresta de Terra Firme, Pará, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 743-753, 2013.
- GOMES, K. M. A.; RIBEIRO, R. B. S.; GAMA, J. R. V.; ANDRADE, D. F. C. Eficiência na estimativa volumétrica de madeira na Floresta Nacional do Tapajós. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 2, p. 170-176, 2018. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i2.5237>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2020.
- GURGEL, E. S.; GOMES, J. I.; GROppo, M.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; SOUZA, A. S.; MARGALHO, L.; CARVALHO, L. T. **Conhecendo Espécie de Plantas da Amazônia**: Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl. – Goupiaceae). Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p.7, 2015. (Comunicado Técnico 262).
- HANSON, J. J.; LORIMER, C. G.; HALPIN, C. R.; PALIK, B. J. Ecological forestry in an uneven-aged, late-successional forest: Simulated effects of contrasting treatments on structure and yield. **Forest Ecology and Management**, Elsevier, Amsterdam v. 270, p. 94–107, 2012.
- HERRERA, H. A. R.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. Análise florística e fitossociológica do componente arbóreo da floresta ombrófila mista presente na reserva florestal EMBRAPA/EPAGRI, Caçador, SC – Brasil. **Floresta**, Curitiba, PR, v.39, n.3, p. 485-500, 2009.
- HIRAI, E.H.; CARVALHO, J.O.P.; PINHEIRO, K.A.O. Comportamento populacional de cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) em floresta de terra firme na fazenda rio capim, Paragominas (PA). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 47, p. 89-101, 2007.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: DEDIT/CDDI. 2012, 92p.
- IMAÑA-ENCINAS, J.; CONCEIÇÃO, C.A.; PAULA, J.E.; SANTANA, O.A.; IMAÑA, C.R. Dendrometrical characteristics of an atlantic forest fragment at Santa Maria de Jetibá county, state of Espírito Santo, Brazil. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 2, p. 255 – 260, 2013.
- INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2019. Disp. em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>>. Acesso em: 31 de Maio de 2019.
- SEMAS. **Instrução Normativa n. 05 de 10 de setembro de 2015**. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS nas florestas nativas exploradas ou não e suas formas de sucessão no Estado do Pará. Pará, 11 set. 2015. DOE 32969, p.37-57.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Catálogos de Madeira Brasileiras para a Construção Civil**. São Paulo, 2013. (Publicação IPT N° 4371).

- JARDIM, F.C.S.; SERRÃO, D.R.; NEMER, T.C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. **Acta Amazônica**, vol. 37, p. 37 – 48, 2007.
- JARDIM, F.C.S.; SOARES, M.S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta Amazônica**, v. 40, n.3, p. 535-542, 2010.
- JARDIM, F.C.S.; QUADROS, L.C.L. Estrutura de uma floresta tropical dez anos após exploração de madeira em Moju, Pará. **Revista Ceres**, v.63, n.4, p.427-435, 2016
- KNOEBEL, B. R.; BURKHART, H. E.; BECK, D. E. A growth and yield model for thinned stands of yellow-poplar. *Forest Science Monograph* 27, 1986, **Supplement to Forest Science**, v. 32, n. 2, 1988.
- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v.15, n.3, p.259-263, 2006.
- LACERDA, A. E. B.; KANASHIRO, M.; SEBNENN, A. M. Effects of reduced impact logging on genetic diversity and spatial genetic structure of a *Hymenaea courbaril* population in the Brazilian Amazon Forest. *Forest Ecology and Management*, v. 255, p. 1034-1043, 2008.
- LANA, M.D.; BRANDÃO, C.F.L.S.; PÉLLICO NETTO, S.; MARANGON, L.C.; RETSLAFF, F.A.S. Distribuição diamétrica de *Eschweilera ovata* em um fragmento de floresta ombrófila densa - Igarassu, PE. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 59 - 68, 2013.
- LEAL FILHO, N. **Dinâmica inicial da regeneração natural de florestas exploradas na Amazônia Brasileira**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. 2000. 157 p.
- LEITE, H.G, ALCÂNTARA, A.E.M., BINOT, D.H.B., OLIVEIRA NETO, R.R.; SILVA, M.L.M. Comparação entre predição e projeção da distribuição de diâmetros de povoamentos de eucalipto submetidos a desbastes. **Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.2, p.321-328, 2013.
- LIMA, J. P. C.; LEÃO, J. R. A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativa e plantada na Amazônia Sul Ocidental. **Floresta e Ambiente**. v.1, n.20, p.70-79, 2013.
- LIRA, L. P.; AZEVEDO, C. P. **Agrupamento ecológico e funcional de espécies florestais da Amazônia Central**. In: Anais/encarte técnico-científico do workshop sobre gestão da conservação florestal e ambiental na Amazônia. Manaus: Ed. Aufiero, p. 33-36, 2012.
- LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest Inventory**. München: BLV Verlagsgesellschaft, v. 2, p. 469, 1973.
- LORENZI H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum. 2000. 368p.
- LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F.; ALENCAR, J.C. Essências madeireiras da Amazônia. **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**, INPA, Manaus, v.2, 1979.
- MAGID, A. A., VOUTQUENNE-NAZABADIOKO, L., MOROY, G., MORETTI, C., & LAVAUD, C. Dihydroisocoumarin glucosides from stem bark of *Caryocar glabrum*. **Phytochemistry**, v.68, n.19, p. 2439–2443, 2007.
- MARTINS, W.B.R.; PINTO, A.R.G.; COSTA, J.S.; CARVALHO, J.O.P.; CASTRO, T.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.

- MELO, M.G.G.; MENDES, A.M.S. **Jatobá *Hymenaea courbaril* L.** Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia, nº 9, 2005. Disponível em: <https://www.inpa.gov.br/sementes/iT/9_Jatoba.pdf>. Acessado em: 28 de jul. de 2020.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manejo Florestal Sustentável.** Brasília-DF, 2019. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/florestas/manejo-florestal-sustent%C3%A1vel>>. Acessado em: 16 de outubro de 2019.
- MORY, A.M.; JARDIM, F.C.S. Comportamento de *Goupia glabra* Aubl. (Cupiúba) em diferentes níveis de desbaste por anelamento em florestas naturais. **Ciências Agrárias**, v.36, p.55-66, 2001.
- NASCIMENTO, R.G.M. **Modelagem e prognose da produção de uma floresta tropical úmida densa de terra-firme na Amazônia central.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012, 155p.
- NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G.I.B.; KLOCK, U. Diferenciação anatômica da madeira de 4 espécies do gênero *Caryocar*. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 20, n. 20, p. 85-99, 1998.
- OLIVEIRA, A. N. DE; AMARAL, I. L. DO; RAMOS, M. B. P.; NOBRE, A.D.; COUTO, L. B.; SAHDO, R. M. Composição e diversidade florístico-estrutural de um hectare de floresta densa de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 38, p. 627-641, 2008.
- OLIVEIRA, F. G. R.; SALES, M. Estudo de propriedades mecânicas de dicotiledôneas por meio de ensaio não-destrutivo utilizando equipamento de ultrassom. **Madeira: Arquitetura e Engenharia**, São Carlos (SP), v. 3, n. 8, p. 1-25, 2002.
- OLIVEIRA, L. C. L. Q.; JARDIM, F. C. S.; GOMES, J. M.; RAMOS, E. M. L. S. Classificação ecológica de espécies arbóreas por meio da análise da distribuição diamétrica. **Espacios**, vol. 38, n. 42, 2017.
- OLIVEIRA, L.C.; COUTO, H.T.Z.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. **Scientia Forestalis**, n.69, p.62-76, 2005.
- OLIVEIRA, L.C.L.Q.; JARDIM, F.C.S.; GOMES, J.M. Predição do ciclo de corte de espécies arbóreas comerciais por grupos ecológicos em uma floresta na Amazônia brasileira. **Rev. Bras. Biom.**, Lavras, v.38, n.1, p.18-34, 2020.
- ORELLANA, E.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PÉLLICO NETTO, S.; DIAS, A.N. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.297-308, 2014.
- PETERS, C. M. Aprovechamiento sostenible de recursos no maderables en bosque húmedo tropical: un manual ecológico. Washington: **Programa de Apoyo a la Biodiversidad**, 1996. 45 p. (Serie General, 2).
- PRANCE, G. T.; SILVA, M.F. Flora da reserva Ducke, Amazonas, Brasil: baryocaraceae. **Rodriguésia**, n.57, v. 2, p. 155-157, 2006.
- PUTZ, F.E.; ZUIDEMA, P.A.; SYNNOTT, T.; PEÑA-CLAROS, M.; PINARD, M.A.; SHEIL, D.; VANCLAY, J.K.; SIST, P.; GOURLET-FLEURY, S.; GRISCOM, B.; PALMER, J.; SUSTAINING, R. Z. Conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. **Conservation Letters**, v.5, n.4, p.296-303, 2012.

- REIS, L.P.; SOUZA, A.L.; REIS, P.C.M.R.; MAZZEI, L.; BINOTI, D.H.B.; LEITE, H.G. Prognose da distribuição diamétrica na Amazônia utilizando redes neurais artificiais e autômatos celulares. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 48, n. 1, p. 93-102, 2018.
- REIS, P.C.M.R.; REIS, L.P.; SOUZA, A.L.; REGO, L.J.S.; SILVA, L.F. Distribuição diamétrica após colheita de madeiras com ênfase às espécies de Lecythidaceae. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.13 n.24, p. 423, 2016.
- RIBEIRO, J.E.L.S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A.S.; BRITO, J. M. D.; SOUZA, M. A. D.; MARTINS, L. H. P.; LOHMANN, L. G.; ASSUNCAO, P. A. C. L.; PEREIRA, E.C.; SILVA, C. F.; MESQUITA, M. R.; PROCOPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke**: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 2000, 816 p.
- CRONQUIST, A. **An Integrated System of Classification of Flowering Plants**. New York, Columbia Univ. Press. p.1262, 1981.
- SANQUETTA, C. R.; BRENA, 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, n. 1, p.65-78, 1996.
- SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E.; GOMES, F.; CRUZ, E.C. Evaluación y simulación precoces del crecimiento de rodales de Pinus taeda L. com matrices de transición. **Scientia Forestalis**, Santiago, v. 7, p. 31-42, 1999.
- SCHAAF, L.B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C.R. Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2000. **Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.283-295, 2006.
- 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, n.1, p. 68–78, 2016.
- SCHWENGBER, D. R.; SMIDERLE, O. J. **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**, n. 7, 2005. Disponível em: <https://www.inpa.gov.br/sementes/iT/7_Cupiuba.pdf>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.
- SCOLFORO, J.R. S. **Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE. 393p, 2006.
- SCOLFORO, J.R.S., PULZ, F.A., MELLO, J.M. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural. In: SCOLFORO, J.R.S. (Org.) **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, p.189-246, 1998.
- SEMAS – **Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará**. Extração e Comércio de Toras de Madeira Nativa por Município no ano de 2016. Disponível em:<<https://www.semas.pa.gov.br/servicos/sisflora/relatorios/>>. Acessado em: 24/04/2020.
- SHANLEY P.; MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. Belém: CIFOR, Imazon, 2005.
- SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J.C.A. Inventário florestal de uma área experimental na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v.10, n. 11, p. 38-110, 1985.
- SILVA, J.N.M.; LOPES, J. C. A.; OLIVEIRA, L.C.; SILVA, S.M.A.; CARVALHO, J.O.P.; COSTA, D. H. M.; MELO, M.S.; TAVARES, M.J.M.V. Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2005, 68 p.

- SILVA, R.W.V.; MARTINS, G.M.G.; NASCIMENTO, R.A.; VIANA, A.F.S.; AGUIAR, F.S.; SILVA, B.A. Uso da metodologia de superfície de resposta na otimização da extração de compostos fenólicos da casca dos frutos de *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 22, 2019.
- SILVA, S.M.M.; MARTINS, K.; MESQUITA, A.G.G.; WADT, L.H.O. Parâmetros genéticos para a conservação de *Hymenaea courbaril* L. na Amazônia Sul-ocidental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 87-95, 2014.
- SILVA, S.M.M.; WADT, L.H.O.; MESQUITA, A.G.G.; MARTINS, K. Impacto da exploração madeireira na diversidade genética e área basal de jatobá na Amazônia Sul-ocidental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 545-555, 2016.
- SOUZA, D. V.; CARVALHO, J. O. P.; MENDES, F. S.; MELO, L. O.; SILVA, J. N. M.; JARDIM, F. C. S. Crescimento de espécies arbóreas em uma floresta natural de terra firme após a colheita de madeira e tratamentos silviculturais, no município de Paragominas, Pará, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 873-883, 2015.
- SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, n. 1-2, p. 81-86, Maio 1988.
- TÉO, S.J.; MARCON, F.; SCHNEIDER, C.R.; SANTOS, F.B.; CHIARELLO, K.M.A.; FIORENTIN, L.D. Modelagem da Distribuição Diamétrica de um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lebon Régis, SC. **Floresta**, Curitiba, v.45, n.2, p.337-348, 2015.
- TONINI, H.; ARCO-VERDE, M.F. **O Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.); crescimento, potencialidades e usos**. Boa Vista: Embrapa Amazônia Oriental - Roraima, p. 36, 2003. (Embrapa Roraima. Documentos, 3).
- TONINI, H.; FERREIRA, L.M.M. **Rendimento em madeira serrada de cupiúba (*Goupia glabra*), caferana (*Erisma uncinatum*) e Angelim-pedra (*Dinizia excelsa*)**. Boa Vista: Embrapa Roraima, p.6, 2004. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 7).
- TONINI, H.; OLIVEIRA JUNIOR, M.M.C.; SCHWENGBER, D. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 151-158, 2008.
- TRAUTENMÜLLER, J.W.; NETTO, S.P.; BALBINO, R.; CORTE, A.P.D.; VENDRUSCULO, R. Modelagem da Estrutura Diamétrica em Ecótono de Floresta Ombrófila Mista e Estacional Decidual Submetida a Manejo Florestal Sustentado. **Biofix Scientific Journal** v. 4, n. 1 p. 26-34, 2019.
- WENDLING, W.T.; EMERENCIANO, D.B.; HOSOKAWA, R.T. Ajuste da função de distribuição diamétrica Weibull por planilha eletrônica. **Floresta** v.41, n.2, p.205-220, 2011.
- WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forests**. New York: Oxford University Press, 1990. 226p.
- WHITMORE, T.C. Canopy gaps and two major groups of forest trees. **Ecology**, vol. 70: p.536- 538, 1989.
- YARED, J.A.G.; CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M.; KANASHIRO, 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).