



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

DIANCARLOS SÉRGIO PEREIRA DE OLIVEIRA

**EFEITO DE TRATAMENTOS SILVICULTURAIS SOBRE O CRESCIMENTO
DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA FLORESTA Densa NA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

**BELÉM
2023**

DIANCARLOS SÉRGIO PEREIRA DE OLIVEIRA

**EFEITO DE TRATAMENTOS SILVICULTURAIS SOBRE O CRESCIMENTO
DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA FLORESTA Densa NA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

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

Orientador: Dr. João Olegário Pereira de Carvalho

Coorientador: Dr. Ademir Roberto Ruschel

Coorientador: Dr. Luiz Fernandes Silva Dionisio

**BELÉM
2023**

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

- O48e Oliveira, Diancarlos Sérgio Pereira de
Efeito de tratamentos silviculturais sobre o crescimento de espécies arbóreas em uma floresta densa na Amazônia oriental / Diancarlos Sérgio Pereira de Oliveira. - 2023.
43 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.
Orientador: Prof. Dr. João Olegário Pereira de Carvalho
Coorientador: Prof. Dr. Ademir Roberto Ruschel.
1. Floresta - Pará. 2. Silvicultura - Pará. 3. Espécie arbórea. 4. Anelagem de árvore. 5. Incremento diamétrico. I. Carvalho, João Olegário Pereira de, *orient.* II. Título

CDD 634.9098115

DIANCARLOS SÉRGIO PEREIRA DE OLIVEIRA

**EFEITO DE TRATAMENTOS SILVICULTURAIS SOBRE O CRESCIMENTO
DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA FLORESTA Densa 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.

Banca Examinadora:

Dr. João Olegário Pereira de Carvalho
Orientador

Dr. Gustavo Schwartz
Examinador

Dr. Rodrigo Silva do Vale
Examinador

Dra. Francimary da Silva Carneiro
Examinadora

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, por sua misericórdia e seu infinito amor.

À Universidade Federal Rural da Amazonia - UFRA, ao Instituto de Ciências Agrárias – ICA, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais - PPGCF por todo apoio na concretização do curso. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que disponibilizou a bolsa de mestrado durante todo período de estudo e pesquisa.

Ao Orientador, Dr. João Olegário Pereira de Carvalho, por todo aprendizado, pela paciência e por sua dedicação para que toda a pesquisa fosse feita de forma esclarecedora e precisa.

Agradeço ao Coorientador, Dr. Ademir Rocerto Ruschel, pela confiança em permitir que eu trabalhasse com um banco de dados que me proporcionou um enorme avanço na minha vida acadêmica.

Ao Coorientador, Dr. Luiz Fernandes Silva Dionisio, por todo esforço e dedicação com a pesquisa, seu empenho foi de grande importância para o desenvolvimento da pesquisa.

À minha esposa, Sra. Dannielle Machado Vila Real de Oliveira, por toda compreensão e apoio durante todo o curso. Sempre fundamental em minhas decisões. Sempre orando para que seja feita a vontade de Deus em nossas vidas.

À minha filha: Miriã Vila Real de Oliveira que é minha maior realização proporcionada por meu Deus, mesmo muitas vezes distante foi minha força para não desistir.

Aos meus pais, Sr. Sergio Pinheiro de Oliveira e Sra. Maria José Pereira de Oliveira, por sempre apoiarem meus estudos em todas as etapas que passei, por sempre sonharem junto comigo e me ajudarem a realizar muitos desses sonhos por acreditarem sempre que posso alcançar coisas maiores através do esforço. Por mesmo não convivendo diariamente comigo ainda demonstrando grande amor e palavras sábias de correção.

Aos meus irmãos, Kerly, Marcos e Sérgio de Oliveira, sempre me incentivando para que eu possa passar pelo caminho da vida sempre com fé e dedicação em tudo que faço.

*“Tudo posso naquele
que me fortalece
Filipenses 4:13”*

RESUMO

Com o intuito de ampliar o conhecimento quanto ao efeito de tratamentos silviculturais sobre espécies arbóreas, visando obter informações que possam contribuir para melhorar o manejo florestal na Amazônia, no presente estudo avaliou-se o crescimento de 56 espécies de importância ecológica nas florestas densas da Amazônia. O estudo foi realizado na Unidade de Manejo Florestal Fazenda Rio Capim, pertencente ao Grupo Keilla Florestal (CIKEL), localizada no município de Paragominas, Amazônia brasileira. A área experimental é constituída de 700 ha, distribuídos em 14 Unidades de Trabalho. Da área total foram explorados 600 hectares em 2004 e 100 hectares foram deixados intactos. Na área explorada foram aplicados tratamentos silviculturais em 2005, ano seguinte à exploração, consistindo em corte de cipós e refinamento por meio do anelamento de árvores. Para as análises estatísticas foram verificados pressupostos da análise de variância (ANOVA), sendo estes: a) normalidade com o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e visualização com o gráfico Q-Q plot; e b) homocedasticidade pelo teste de Bartlett ($p > 0,05$). Uma vez não atendidos esses pressupostos, os dados foram analisados utilizando análise de medidas repetidas no tempo (ANOVA) não paramétrica por meio do teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) e após significância, as medidas foram comparadas pelo teste de Dunn ($p < 0,05$). Os gráficos foram gerados por meio do pacote “ggplot2”, e as análises estatísticas e os resultados pelo pacote “AgroR”. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R versão 4.2.1, ao nível de $p < 0,05$ de significância. Houve efeito significativo ($p = 0,001$), tanto do período como dos tratamentos silviculturais no grupo das 56 espécies. Considerando o grupo de 56 espécies, todos os tratamentos apresentaram maior IPA, aos dois anos após a aplicação de tratamentos silviculturais. O T1 apresentou maior média de IPA, um ano ($0,48 \text{ cm ano}^{-1}$), dois anos ($0,62 \text{ cm ano}^{-1}$) e quatro anos ($0,52 \text{ cm ano}^{-1}$) após a aplicação dos tratamentos silviculturais, diferindo significativamente dos tratamentos T3 e T4 ($p = 0,001$). O corte de cipós e o desbaste de liberação de copas aumentam o incrementam diamétrico das árvores. A maior captação de radiação solar pelas árvores é fator primordial para aumentar os seus incrementos diamétricos. Conclui-se que o corte de cipós e o desbaste de liberação de copas das árvores para melhor captação de radiação solar são ferramentas importantes para aumentar o incremento diamétrico das árvores para colheitas futuras e, assim, reduzir ciclos de corte.

Palavras-chave: incremento diamétrico; corte de cipós; anelagem de árvores.

ABSTRACT

This study deals with the growth of 56 species of ecological importance in the Amazonian dense forests aiming to expand knowledge regarding to the effect of silvicultural treatments (ST) on tree species, in order to obtain information that may contribute to improving forest management in the Amazon. The study was carried out at the Fazenda Rio Capim Forest Management Unit, belonging to the Keilla Florestal Group (CIKEL), located in the municipality of Paragominas, Brazilian Amazon. The experimental area consists of 700 ha, distributed in 14 Work Units. Of the total area, 600 ha were logged in 2004 and 100 ha were left unlogged. In the logged area, ST were applied in 2005, the year following logging, consisting of climber cutting and refinement by girdling trees. For the statistical analyses, assumptions of the analysis of variance (ANOVA) were verified, namely: a) normality with the Shapiro-Wilk test ($p > 0.05$) and visualization with the Q-Q plot; and b) homoscedasticity by the Bartlett test ($p > 0.05$). Once these assumptions were not met, the data were analyzed using analysis of repeated measures over time (ANOVA) non-parametric through the Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$) and after significance, the measures were compared by the Dunn test ($p < 0.05$). Graphs were generated using the “ggplot2” package, and statistical analyzes and results using the “AgroR” package. All statistical analyzes were performed using the R version 4.2.1 program, at a significance level of $p < 0.05$. There was a significant effect ($p = 0.001$) both of the period and of the ST in the group of 56 species. Considering this group, all experimental treatments showed higher IPA, two years after the application of ST. T1 had the highest mean IPA, one year (0.48 cm yr^{-1}), two years (0.62 cm yr^{-1}) and four years (0.52 cm yr^{-1}) after the application of ST, significantly differing from treatments T3 and T4 ($p = 0.001$). The climber cutting and thinning to release crowns increased the trees diameter increment. The greater capture of solar radiation by trees is a key factor to increase their diameter increments. It is concluded that climber cutting and thinning tree crowns to better capture solar radiation are important tools to increase the diameter increment of trees for future harvests and thus reduce cutting cycles. From a silvicultural point of view, climber cutting and liberation thinning, applied alone or together, can be recommended to increase tree growth after reduced impact logging. However, studies related to the economic viability of these treatments are needed.

Keywords: tree diameter increment; climber cutting; trees girdling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Fazenda Rio Capim, município de Paragominas no oeste do estado do Pará, Amazônia Brasileira	21
Figura 2 - Mapa da Fazenda Rio Capim no município de Paragominas, PA, mostrando a subdivisão da AMF em Unidade de Produção Anual - UPA e Unidade de Trabalho-UT.....	22
Figura 3A. Árvore anelada no desbaste de liberação de copas.....	25
Figura 3B. Corte de cipós em árvore selecionada para futura colheitas.....	25
Figura 3C. Marcação de árvore selecionada para futuras colheitas.....	25
Figura 4. Incremento Periódico Anual (IPA) do grupo de 56 espécies, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração.....	27
Figura 5. Média (\pm) para Incremento Periódico Anual (IPA) do grupo de 56 espécies, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração.....	28
Figura 6. Média (\pm) para Incremento Periódico Anual (IPA) do grupo de 56 espécies por classe de diâmetro, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração	29
Figura 7. Incremento Periódico Anual (IPA) para o grupo de 56 espécies, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração. I) copa emergente e/ou completamente exposta à luz; II) copa parcialmente iluminada; e III) copa completamente sombreada.	30
Figura 8. Incremento Periódico Anual (IPA) para o grupo de 56 espécies, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração. I) copa completa normal; II) copa completa irregular; e III) copa incompleta (quebrada).....	31
Figura 9. Incremento Periódico Anual (IPA) para o grupo de 56 espécies, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração. I) árvore sem cipós; II) árvore com cipó sem danos aparentes; e, III) árvore com cipó com danos aparentes.....	32
Figura 10. Número de indivíduos por classes diamétricas para o grupo de 56 espécies, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos Tratamentos (T) que compõem o experimento, com o número de Repetições (NR) de 20,25 ha cada, e amostra total (AT).....	23
Tabela 2. Categorias de Forma de copas das árvores. intensidade de Iluminação nas copas e presença de Cipós nas árvores.....	24
Tabela 3. Número de indivíduos de 2005 a 2009 nas diferentes classes de forma de copa, iluminação de copa e presença de cipós nas árvores, para o grupo de 56 espécies, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração.....	42
Tabela 4. Espécies selecionadas para futuras colheitas, beneficiadas pelos tratamentos silviculturais e seus respectivos números de árvores em cada tratamento.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 QUESTÕES CIENTÍFICAS E HIPÓTESES	14
3 OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo geral.....	13
3.2 Objetivos específicos.....	14
4 REVISÃO DE LITERATURA	16
4.1 Sistema silvicultural.....	16
4.2 Manejo de florestas naturais.....	16
4.3 Silvicultura em florestas naturais.....	18
4.3.1 Corte de cipós.....	18
4.3.2 Anelagem.....	18
4.3.3 Desbaste de liberação.....	19
4.3.4 Plantio em áreas abertas na floresta.....	20
4.3.5 Condução da regeneração natural.....	20
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1 Características da área de estudo.....	21
5.2 Amostragem e obtenção dos dados.....	23
5.3 Aplicação e tipo de anelamento.....	24
5.4 Cálculos e Análises dos dados.....	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
7 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	34
APÊNDICE A - Número de indivíduos por classes diamétrica.....	39
APÊNDICE B – Número de indivíduos de 2005 a 2009 nas diferentes classes.....	40
APÊNDICE C – Espécies selecionadas para futuras colheitas.....	42

1 INTRODUÇÃO

A colheita da madeira em grande parte da Amazônia brasileira continua sendo feita sem critérios de sustentabilidade. Apesar da região abrigar expressiva parcela do estoque mundial de madeira tropical, o sistema de produção regional ainda é centrado na exploração seletiva de poucas espécies, o que é uma ameaça à sustentabilidade das florestas (TAFFAREL et al., 2014; PIPONIOT et al., 2019; FERREIRA et al., 2020).

Quando o planejamento da exploração é feito diversificando as espécies em cada colheita com base no estoque disponível na área manejada e nas características ecológicas, silviculturais e de produção de cada espécie, pode-se alcançar a produção sustentável de madeira e a conservação do ecossistema (CASTRO et al., 2021).

Nesse sentido, para que o planejamento e a execução das atividades na floresta tenham sucesso, é necessário aumentar o conhecimento sobre a dinâmica da população de cada espécie em relação ao número de indivíduos e sua distribuição na área, ao crescimento, recrutamento e mortalidade de árvores (DE AVILA et al., 2017; DIONISIO et al., 2022), distribuição diamétrica de indivíduos (FERREIRA et al., 2020) e regeneração natural (BEZERRA et al., 2021; HAYWARD et al., 2021), antes e após a exploração florestal. Além disso, deve-se acrescentar o conhecimento sobre as características ecológicas e funcionais de cada espécie no ecossistema (CASTRO et al., 2021).

Com base no conhecimento das características específicas de cada espécie pode-se decidir se há necessidade de aplicar tratamentos silviculturais para favorecer o desenvolvimento de cada uma especificamente, pois as espécies intolerantes à sombra normalmente têm crescimento mais rápido do que as tolerantes à sombra (DE AVILA et al., 2017; DARRIGO et al., 2016; DEARMOND et al., 2022). Os tratamentos silviculturais favorecem as espécies de maior interesse comercial, reduzindo a competição por luz e nutrientes com as espécies de menor interesse comercial (DAVID et al., 2019). Os principais tratamentos silviculturais que vêm sendo experimentados em florestas naturais na Amazônia são: corte de cipós; desbaste de liberação de copas para permitir maior entrada de luz na floresta; condução da regeneração natural; e plantio de espécies de valor comercial em clareiras (GOMES et al., 2010).

Esses tratamentos silviculturais são aplicados para favorecer toda a área manejada, para aumentar e melhorar a sua produção de madeira. Para que haja planejamento e aplicação adequada de tratamentos silviculturais, é necessário conhecer o comportamento de cada

espécie na floresta. Com esse objetivo algumas espécies já vêm sendo estudadas, porém há ainda muitas a serem avaliadas, principalmente aquelas cuja madeira tem valor comercial.

Com o intuito de ampliar o conhecimento quanto ao efeito de tratamentos silviculturais sobre espécies arbóreas, visando obter informações que possam contribuir para melhorar o manejo florestal na Amazônia, no presente estudo avaliou-se o crescimento de 56 espécies de importância ecológica nas florestas densas da Amazônia. Algumas possuem madeira de alta qualidade com mercado nacional e internacional, outras pouco conhecidas, porém com madeira potencial para diversos usos. O estudo foi realizado em uma área de floresta densa, após uma exploração de impacto reduzido e aplicação de tratamentos silviculturais, no município de Paragominas, na Amazônia brasileira.

2 QUESTÕES CIENTÍFICAS (Q) e HIPÓTESES (H)

Q1: Tratamentos silviculturais alteram o crescimento de espécies arbóreas?

Q2: Tratamentos silviculturais que liberam as copas das árvores favorecem o seu incremento diamétrico?

H1: Tratamentos silviculturais aumentam significativamente as taxas de crescimento em diâmetro de árvores selecionadas para colheitas futuras.

H2: As árvores que recebem mais intensidade de radiação solar têm maior incremento diamétrico.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o crescimento diamétrico de árvores selecionadas para colheitas futuras, pertencentes a 56 espécies, após exploração de impacto reduzido e aplicação de tratamentos silviculturais em uma área de floresta natural na Amazônia brasileira.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito de corte de cipós e anelagem de árvores sobre o incremento em diâmetro de árvores selecionadas para colheitas futuras, no período de quatro anos em uma floresta manejada.
- Avaliar o incremento em diâmetro de árvores selecionadas para colheitas futuras, com base na intensidade de radiação solar recebida, após a aplicação de tratamentos silviculturais.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Sistema silvicultural

A escolha do sistema silvicultural deve levar em consideração o conhecimento da floresta por quem vai manejá-la, conhecimento sobre as espécies de interesse comercial, sobre seu crescimento, viabilidade econômica e estrutura socioeconômica da região (GAMA, 2005). De acordo com Louman et al. (2001), os sistemas silviculturais são divididos em dois grupos principais: os monocíclicos e os policíclicos. Nos sistemas monocíclicos todo o estoque de madeira comercial é colhido de uma única vez (por exemplo, o sistema uniforme malaio). Esses sistemas objetivam criar florestas altas equiâneas com base principalmente na regeneração natural, para serem colhidas quando atingirem o máximo de estoque comercial (LAMPRECHT, 1990).

4.2 Manejo de florestas naturais

O manejo florestal sustentável é definido na Lei de Gestão de Florestas Públicas (Lei Federal 11.284/2006), no artigo 3º, inciso VI, como a “administração da floresta para a 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 de natureza florestal” (BRASIL, 2006).

Com o manejo florestal sustentável busca-se suprir as demandas socioeconômicas, tanto relacionadas às empresas quanto às comunidades, mantendo a conservação das florestas naturais, que é fundamental para as gerações presente e futuras (NASI; FROST, 2009). Nos últimos anos algumas empresas e instituições de ensino têm obtido informações sobre a conservação e produção de madeira e de produtos não-madeireiros sob os aspectos ecológico, social e econômico. Entretanto, ainda é um desafio alcançar um equilíbrio entre a produção e a conservação da floresta, embora a Exploração de Impacto Reduzido venha contribuindo para isso (RIBEIRO et al., 2020).

As técnicas de manejo florestal mal executadas podem comprometer a recuperação do estoque de madeira, reduzir a capacidade de regeneração natural, causar impactos negativos

no solo, na qualidade da água, na biodiversidade e nos estoques de carbono (BOMFIM et al., 2016).

A exploração florestal, assim como toda atividade de manejo, deve ser bem planejada para assegurar a produtividade florestal e não causar fortes mudanças hidrológicas, diminuição da biodiversidade, das funções ecológicas não só na área afetada, mas também em toda região em sua proximidade (SOUZA et al., 2020).

A exploração planejada e executada com técnicas adequadas garante produção contínua e reduz o desperdício de madeira, proporcionando também melhores condições para utilização de madeira e de produtos não madeireiros (DIONISIO et al., 2018). Por outro lado, a retirada ilegal de madeira compete com a exploração planejada, principalmente por comercializar a madeira por preços mais baixos, além de degradar a floresta (ANGELO et al., 2014).

Para que a exploração florestal seja bem-sucedida, proporcionando benefícios por meio do uso de produtos da floresta, é necessário utilizar técnicas adequadas, além de resultados de estudos de previsão de crescimento e produção que possam ajudar no seu planejamento (NASCIMENTO et al., 2014).

Uma exploração seletiva precisa de técnicas que garantam novos ciclos de corte e a manutenção da floresta remanescente. As técnicas de exploração florestal mais precisas estão presentes na exploração de impacto reduzido (EIR) que são ferramentas fundamentais para a manutenção dos recursos florestais (AMARAL et al., 2019). A EIR protege a regeneração natural e as árvores remanescentes, minimiza o impacto no solo e mantém a floresta mais semelhante possível às condições de seu estágio original (SCHWARTZ et al., 2012). Por meio da EIR podem ser colhidos até $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de madeira com um intervalo de 35 anos entre os cortes (BRASIL, 2006).

Os efeitos diretos da retirada de madeira sobre a floresta são determinados pela intensidade e o tempo da exploração madeireira, são os fatores de maior relevância para ter resposta das alterações da cobertura do dossel florestal (ASNER et al., 2005; PINAGÉ et al., 2015).

É necessário conhecer o comportamento e crescimento das árvores em relação às diferentes alterações ocorridas durante a exploração, pois mesmo com a ocorrência de alta densidade natural de algumas espécies comerciais após a exploração, podem ser necessárias atividades pós-exploratórias para aumentar o crescimento das árvores e garantir a recuperação do volume colhido (ABIYU et al., 2018).

4.3 Silvicultura em florestas naturais

Os tratamentos silviculturais são técnicas que promovem aumento na qualidade e produtividade dos indivíduos nas florestas naturais, aumentam a dinâmica de sucessão por favorecerem o crescimento dos indivíduos na floresta manejada. Segundo Keefe et al. (2009) os tratamentos silviculturais são essenciais para a manutenção do valor econômico da floresta em longo prazo, pois sua aplicação garante indivíduos saudáveis na floresta em longo prazo. De acordo com Gomes et al. (2010), os principais tratamentos silviculturais aplicados em florestas naturais são: corte de cipós, condução da regeneração natural, plantio de enriquecimento em clareiras e liberação de copas para maior captação de luz. Hassan-Zaki (2004) comenta que essas técnicas são necessárias para o desenvolvimento e manutenção das árvores de maior importância econômica.

4.3.1 Corte de cipós

Os cipós são plantas com grande ocorrência na Amazônia, são trepadeiras que se desenvolvem nos fustes e copas das árvores (AMARAL et al, 1998). Os cipós podem reduzir a taxa de crescimento das árvores hospedeiras afetando a forma do fuste e sua arquitetura. A proliferação de cipós em clareiras formadas por exploração florestal retarda o crescimento de indivíduos jovens e afeta as suas estaturas, não permitindo que cresçam até formar dossel (ENGEL et al., 1998). Os cipós também podem reduzir o crescimento das árvores adultas, competindo com elas por luz, água e nutrientes, por esse motivo o controle dos cipós tem sido recomendado como uma ferramenta do manejo.

O corte de cipós nas árvores selecionadas para colheita reduz a competição por nutrientes, proporcionando crescimento mais rápido, devido à liberação de suas copas e, em alguns casos, de seus fustes (SILVA 2001; TAFFAREL et al., 2014).

4.3.2 Anelagem

Em diversos experimentos de tratamentos silviculturais por anelamento na Amazônia para a eliminação de espécies sem interesse, beneficiando espécies de interesse comercial com a finalidade de mantê-las saudáveis. Segundo Jardim et al (1990) em seus estudos disseram que a técnica é muito vantajosa por provocar a morte do indivíduo proporcionando

verticalmente gradualmente a queda da copa. Assim reduz os danos da floresta. Carvalho (1984) afirmou que a silvicultural é de grande importância para o desenvolvimento da regeneração natural do povoamento. Entre as técnicas apresentada está eliminação de indivíduos indesejáveis por aplicação do anelamento, com aplicação de produtos arboricidas, com a finalidade de proporcionar o desbaste, aumentando a produção, diminuição da competição por luz e nutrientes.

Um experimento desenvolvido por Carvalho et al. (2013) que avaliou a mortalidade de indivíduos aneladas após exploração florestal no município de Paragominas/Pa. Os resultados mostraram que 32% dos indivíduos anelados morreram após a primeira análise feita no final do ano. Esse percentual aumentou para 65% depois de três anos, e após quatro anos da aplicação do anelamento a taxa de mortalidade chegou a 74%.

Uma grande observação feita neste experimento, está relacionado com as espécies mais resistentes ao anelamento, onde observou-se que algumas espécies resistiram a este tratamento silvicultural, com a *Neea floribunda* Poepp. & Endl. (joão-mole) que durante o período de quatro anos não apresentou nenhuma árvore morta e *Pouteria decorticans* T.D. Penn. (abiurana) que teve somente 16% de mortalidade de seus indivíduos durante o mesmo período de aplicação do tratamento comparado as outras espécies florestais aneladas (CARVALHO et al., 2013).

4.3.3 Desbaste de liberação

As práticas silviculturais de liberação de copas para maior captação de luz são aplicadas em árvores para reduzir ou eliminar a competição por luz e espaço aéreo, favorecendo o crescimento desses indivíduos tratados (SANDEL; CARVALHO, 2000; TAFFAREL, 2014).

Determinados métodos de tratamentos silviculturais como, por exemplo, desbastes seletivos, podem ser utilizados para aumentar a densidade das espécies selecionadas para serem beneficiadas, além de favorecer o crescimento dos indivíduos que captarão maior quantidade luz. As taxas de crescimento podem ser aceleradas pelos tratamentos silviculturais, devido à redução de indivíduos que irão competir por luz e nutrientes favorecendo as espécies com maior valor comercial. Ainda assim, há a necessidade de mais estudos de correlação entre padrões de crescimento de indivíduos por meio dos tratamentos silviculturais nas florestas brasileiras (VATRAZ et al. 2012).

4.3.4 Plantios em áreas abertas na floresta

Para plantar em áreas abertas na floresta é necessário conhecer o comportamento das espécies, levando em consideração cada ambiente florestal e seus fatores determinantes como, por exemplo, radiação solar. Deve-se levar em consideração o tamanho da abertura no dossel que influencia a composição florística, a distribuição das espécies na área, devido às suas preferências por locais onde há maior ou menor intensidade de radiação solar (JARDIM et al., 2010).

O plantio em áreas abertas na floresta é uma técnica importante para aumentar a densidade de espécies em áreas onde a regeneração natural é insuficiente ou inexistente. Aumenta o número de indivíduos com madeira de boa qualidade, melhorando a produção para os futuros cortes (HASSAN-ZAKI, 2004; DOUCET et al., 2009). O plantio em clareiras é uma técnica essencial para manter populações de espécies com pouca incidência, ou pouca ocorrência, para garantir futuras colheitas (SCHULZE 2008).

O plantio em clareiras causadas pela exploração florestal, com espécies raras ou localmente ameaçadas de extinção, aumenta a densidade de indivíduos dessas espécies na área, podendo funcionar como um refúgio artificial, mantendo sua diversidade genética (SCHWARTZ 2015). Pode garantir futuros cortes, uma vez que muitas espécies comerciais naturalmente têm baixas densidades nas florestas amazônicas e têm aumento na taxa de mortalidade pós-exploração (Dionisio et al., 2017). Em geral são utilizadas mudas de espécies de rápido crescimento e de alto valor comercial (SABOGAL et al., 2006; SCHWARTZ et al., 2013; VIEIRA et al., 2018).

4.3.5 Condução da regeneração natural

A condução da regeneração natural pode ser feita tanto no sub-bosque para favorecer espécies que precisam de luz para se desenvolver, como em áreas abertas, principalmente, para favorecer espécies de rápido crescimento. Esse tratamento consta de limpezas periódicas feitas no entorno das mudas selecionadas, para favorecer o seu estabelecimento na área e acelerar o crescimento (SCHWARTZ et al., 2014; DIONISIO et al., 2018; GOMES et al., 2019).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Características da área de estudo

O estudo foi realizado na UMF (Unidade de Manejo Florestal) Fazenda Rio Capim, pertencente ao Grupo Keilla Florestal, localizada no município de Paragominas – PA ($2^{\circ} 25' - 4^{\circ} 09' S$ e $46^{\circ} 25' - 48^{\circ} 54' W$), Amazônia brasileira. A área experimental é de 700 ha, distribuídos em 14 UT (Unidade de Trabalho) na UMF. Da área total foram explorados 600 ha em 2004 e 100 ha foram deixados intactos. Na área explorada foram aplicados tratamentos silviculturais em 2005, ano seguinte à exploração, consistindo em corte de cipós, refinamento por meio de anelamento de árvores, e plantios em clareiras, além da condução de mudas selecionadas de regeneração natural (CARVALHO *et al.*, 2013).

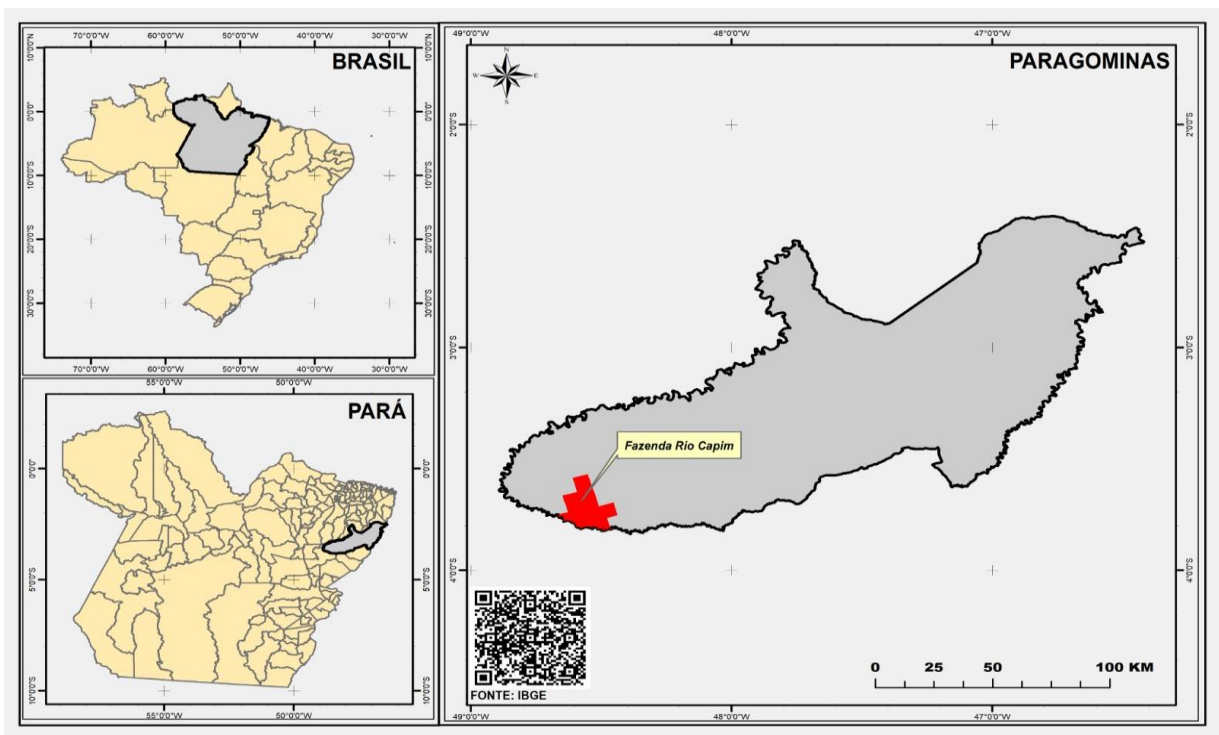


Figura 1. Localização da Fazenda Rio Capim, município de Paragominas no oeste do estado do Pará, Amazônia Brasileira.

Fonte: IBGE. (2023)

O terreno é plano com leves ondulações, com altitude média de 20 m. Situa-se no Domínio Morfoestrutural dos Planaltos em Sequência Sedimentares Não Dobrados. Sua superfície é aplainada na forma de extensos chapadões, com restritos por planaltos dissecados sob forma de cristais (RODRIGUES *et al.*, 2003).

O solo do município de Paragominas é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, com textura argilosa. Os latossolos são ricos em alumínio, profundos, ácidos e com alto grau de intemperismo, são caracterizados por demonstrarem condições químicas insatisfatórias, porém de boa estrutura física (Embrapa, 2013).

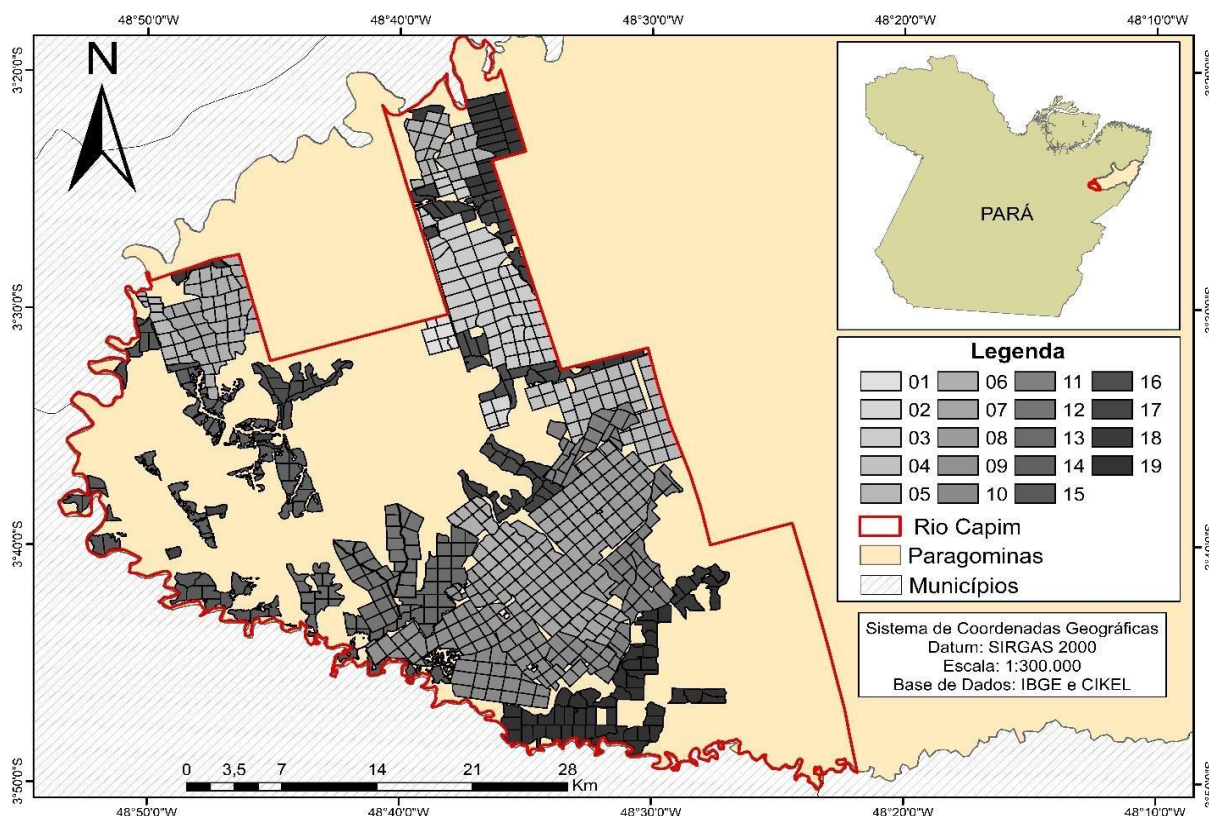


Figura 2 - Mapa da Fazenda Rio Capim no município de Paragominas, PA, mostrando a subdivisão da AMF em Unidade de Produção Anual - UPA e Unidade de Trabalho- UT

O clima predominante na região é do tipo Aw, conforme a classificação de Köeppen, tropical chuvoso com estação seca definida, caracterizado por temperatura média anual de 26,3 °C, com umidade relativa do ar de 81% e precipitação pluviométrica com média de 1800 mm ano⁻¹, com ocorrência de menos disponibilidade hídrica no período de julho a outubro (BASTOS et al., 2005).

A área da fazenda é banhada pelas bacias dos rios Capim que limita a área a Noroeste, e Surubijú que faz limite ao sul da propriedade. Os rios mais influentes na área são afluentes do rio Capim (Cauaxí, Candiru-Açu, Potiritá, Água Boa, Camaoi, Timbó-Açu e Matamatá) e afluentes do rio Gurupi (Piriá e Uraim). Além desses rios, diversos igarapés completam a hidrografia da área (RODRIGUES et al., 2003).

5.2 Amostragem e obtenção dos dados

A área do experimento é de 700 ha, distribuídos em 6 UT (Unidade de Trabalho) na UPA 07 (Unidade Produção Anual) e 8 UT na UPA 08 (Figura 1 e 2).

Foram avaliadas 28 parcelas de 20,25 ha (450m x 450m), distribuídas aleatoriamente na área, sendo 12 no Tratamento 1 (T1), oito no Tratamento 2 (T2), 4 no Tratamento 3 (T3) e 4 no Tratamento 4 (T4) (Tabela 1).

Foram realizadas quatro medições (2005, 2006, 2007, 2009), monitoradas 5593 árvores sadias (árvores sem ocos, sem danos, sem podridão no fuste) com fustes de boa qualidade (fustes retos, com mais de 4 m, sem ocos, sem danos, sem podridão), pertencentes a 56 espécies (Tabela 3, Tabela 4, Figura 10, em Apêndices).

Tabela 1. Descrição dos Tratamentos (T) que compõem o experimento, com o número de Repetições (NR) de 20,25 ha cada, e amostra total (AT).

T	NR	AT (ha)	Descrição dos Tratamentos
T1	12	243	Exploração de impacto reduzido, desbaste de liberação de copas por anelagem (Figura 3A) e corte de cipós (Figura 3B) nas árvores potenciais para futura colheita (APC), que são árvores com fuste sadio e boa forma de espécies cuja madeira era comercializada em 2005 no mercado nacional (Figura 3C).
T2	8	162	Exploração de impacto reduzido e corte de cipós (Figura 2B) das árvores potenciais para futura colheita (APC), que neste tratamento eram árvores de qualquer espécie, independentemente de sua madeira ser comercializada ou não, ou seja, o critério era de elas apresentarem boa forma e fustes saudios.
T3	4	81	Exploração de impacto reduzido. Neste tratamento houve apenas a colheita das árvores de espécies comerciais, de acordo com o Plano de Manejo da empresa.
T4	4	81	Floresta não manejada

Avaliou-se o incremento periódico anual (IPA) das árvores de 56 espécies, de acordo com a forma da copa, intensidade de luz recebida pela copa e presença de cipós nas árvores (Tabela 2).

Tabela 2. Categorias de Forma de copas das árvores. intensidade de Iluminação nas copas e presença de Cipós nas árvores.

Variável	Categorias	Descrição
Forma da copa	I	Copa completa normal
	II	Copa completa irregular
	III	Copa incompleta (quebrada)
Iluminação	I	Copa emergente e/ou completamente exposta a luz

	II	Copa parcialmente iluminada
	III	Copa completamente sombreada
Cipó	I	Árvore sem cipó
	II	Árvore com cipó sem danos aparentes
	III	Árvore com cipó com danos aparentes

Os dados foram coletados em quatro ocasiões (2005, 2006, 2007 e 2009). Os critérios utilizados para selecionar as árvores beneficiadas nos tratamentos silviculturais foram: diâmetro mínimo de 35 cm, árvores sadias e com boa forma. Esse diâmetro (35 cm) foi definido tomando como base o crescimento médio das florestas tropicais naturais (0,50 cm ano⁻¹). A legislação vigente (BRASIL, 2006) determina um ciclo de corte de 25 a 35 anos, com árvores apresentando diâmetro mínimo de corte de 50 cm, ou seja, essas árvores beneficiadas no presente estudo provavelmente estarão aptas ao próximo corte, após o ciclo de 25 a 35 anos.

5.3 Aplicação e tipo de anelagem

A anelagem das árvores foi feita manualmente, utilizando-se uma machadinha. A técnica consistiu em anelagem profunda, caracterizada pela remoção da casca da árvore em formato de anel, retirando a casca e a primeira camada do albúrnio, em uma faixa de aproximadamente 30 cm de largura (Figura 3A) (SANDEL e CARVALHO, 2000).



Foto: João Olegário Pereira de Carvalho
 Figura 3A. Árvore anelada no desbaste de liberação de copas



Foto: João Olegário Pereira de Carvalho



Foto: João Olegário Pereira de Carvalho

Figura 3B. Corte de cipós em árvore selecionada para futura colheitas

Figura 3C. Marcação de árvore selecionada para futuras colheitas

5.4 Cálculos e Análises dos dados

Calculou-se o Incremento Periódico Anual (IPA cm) para cada período (entre duas medições) pela diferença entre as medidas de diâmetro das árvores.

$$IPA = \frac{(DAPf - DAPi)}{T}$$

Em que:

IPA = incremento periódico anual;

DAPf= diâmetro à altura do peito (medido a 1,30 m do solo) no final do período; DAPi= diâmetro à altura do peito (medido a 1,30 m do solo) no início do período;

T= tempo (anos) entre uma medição e outra.

Para analisar o crescimento por classe de diâmetro, as árvores foram classificadas em seis classes de DAP (30-39,9 cm; 40-49,9 cm; 50-59,9 cm; 60-69,9 cm; 70-79,9 cm; e ≥ 80 cm).

Para as análises estatísticas foram verificados pressupostos da análise de variância (ANOVA), sendo estes: a) normalidade com o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e visualização com o gráfico Q-Q plot (Zuur et al., 2009; Crawley, 2013), e b) homocedasticidade pelo teste de Bartlett ($p > 0,05$). Uma vez não atendidos esses pressupostos, os dados foram analisados utilizando análise de medidas repetidas no tempo (ANOVA) não paramétrica por meio do teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) e após significância, as medidas foram comparadas pelo teste de Dunn ($p < 0,05$). Os gráficos foram gerados por meio do pacote “ggplot2” (Wickham, 2016), e as análises estatísticas e os resultados pelo pacote “AgroR” (Shimizu et al., 2021). Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R versão 4.2.1 (R Development Core Team, 2022), ao nível de $p < 0,05$ de significância.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($p = 0,001$), tanto do período como dos tratamentos silviculturais no grupo das 56 espécies (Figura 4). Considerando o grupo de 56 espécies, todos os tratamentos apresentaram maior IPA, dois anos após a aplicação de tratamentos silviculturais. Poderia se dizer que nesse período a radiação solar foi mais intensa na área, possibilitando maior fotossíntese e, conseqüentemente, crescimento mais rápido. Entretanto, no T4 (área não manejada) o crescimento também foi mais rápido até o segundo ano de monitoramento. Pode-se inferir que do segundo para o quarto ano a taxa de incremento reduziu em todos os tratamentos, devido ao processo de fechamento do dossel das áreas abertas.

T1 apresentou maior média de IPA, um ano ($0,48 \text{ cm ano}^{-1}$), dois anos ($0,62 \text{ cm ano}^{-1}$) e quatro anos ($0,52 \text{ cm ano}^{-1}$) após a aplicação dos tratamentos silviculturais, diferindo significativamente dos tratamentos T3 e T4 ($p = 0,001$) (Figura 4). Era de se esperar que no T1 por ser um tratamento mais intenso (corte de cipós + desbaste), portanto com maior penetração de luz na floresta e mais disponibilidade de espaço e nutrientes, as árvores realmente tivessem o incremento diamétrico maior. Esse resultado ganha ainda mais importância porque as árvores tratadas para a próxima colheita nesse tratamento foram todas de espécies cuja madeira já possui comércio assegurado no mercado nacional.

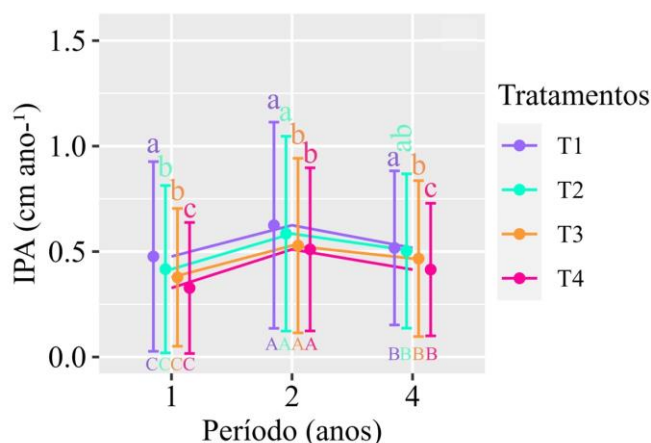


Figura 4. Incremento Periódico Anual (IPA) do grupo de 56 espécies, considerando árvores com DAP ≥ 35 cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração. O ponto representa a média e a linha vertical representa o intervalo de confiança (95%). Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos dentro de cada tempo e letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativas ($p < 0,05$) em ANOVA com o teste post-hoc não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Observou-se diferença significativa no incremento periódico anual (IPA) entre os tratamentos pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Os tratamentos T1 ($0,69 \pm 0,30$ cm ano⁻¹) e T2 ($0,71 \pm 0,32$ cm ano⁻¹) apresentaram as maiores média para o IPA, diferindo significativamente dos demais tratamentos ($H = 134,32$, $\chi^2 = 0,001$). T1 ($0,53 \pm 0,27$ cm ano⁻¹) apresentou o menor IPA, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Figura 5).

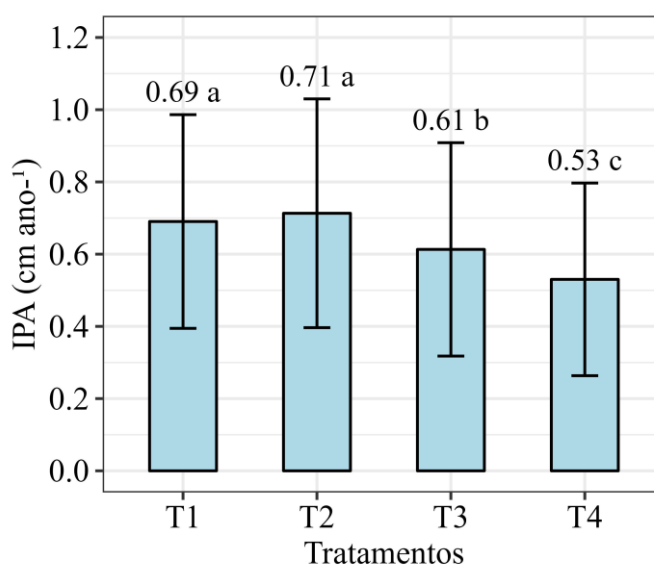


Figura 5. Média (\pm) para Incremento Periódico Anual (IPA) do grupo de 56 espécies, considerando árvores com DAP ≥ 35 cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração. Letras diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$) em ANOVA com o teste post-hoc não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Comprovou-se, portanto, o crescimento mais rápido no T1, porém no T2, onde também houve liberação de copas por meio do corte de cipós, o incremento foi alto, diferenciando-se dos tratamentos T3 e T4, onde não houve liberação de copas. No T4 era de se esperar menor incremento, considerando que nenhum tratamento silvicultural foi aplicado (Figura 5).

As árvores com diâmetros de 50 a 79,9 cm cresceram mais, entretanto sem diferença significativa entre as classes diamétricas, em todos os tratamentos no período monitorado (Figura 6). Dentro de cada classe de diâmetro houve diferença no incremento diamétrico entre os tratamentos. Na classe de 30-39,9 cm as árvores do T2 (exploração + corte de cipós) cresceram significativamente mais rápido do que dos demais tratamentos, porém na classe seguinte 40-49,9 cm apenas as árvores da área não manejada (T4) tiveram crescimento lento, diferindo significativamente dos três tratamentos da área manejada. Na classe de 50-59,9 cm o

T1 (corte de cipós + anelagem de árvores) teve incremento significativamente maior do que os demais tratamentos. Esse incremento foi mantido na classe 60-69,9 cm, na qual no T2 o incremento também foi significativamente diferente do T3 e T4. É interessante notar que nas árvores com diâmetros maiores que 70 cm o incremento foi significativamente maior no T2, onde foi realizado apenas o corte de cipós após a colheita da madeira (Figura 6).

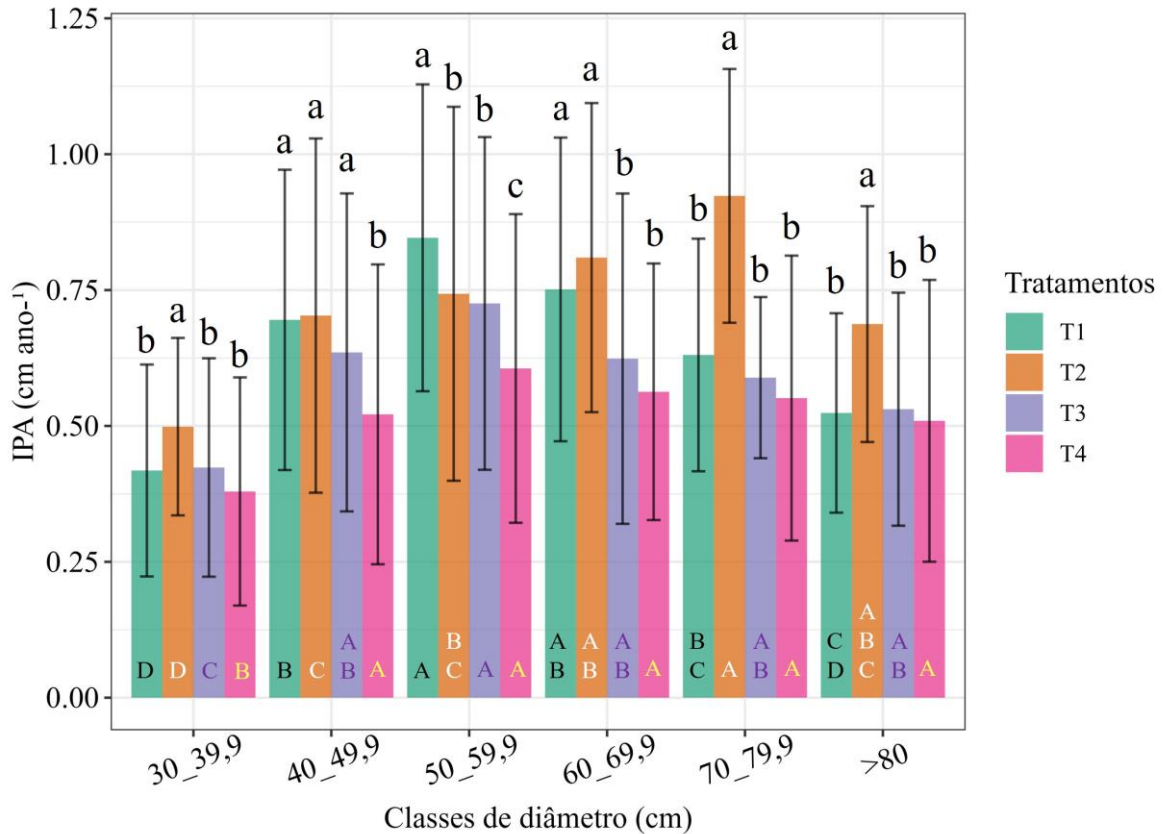


Figura 6. Média (\pm) para Incremento Periódico Anual (IPA) do grupo de 56 espécies por classe de diâmetro, considerando árvores com DAP \geq 35 cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração. Letras diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$) em ANOVA com o teste post-hoc não paramétrico de Kruskal-Wallis.

A intensidade de iluminação nas copas das árvores apresentou efeito significativo no incremento periódico anual (IPA) em todos os tratamentos. As árvores com copas da classe I (copa emergente e/ou completamente exposta à luz) apresentaram os maiores IPA nos tratamentos T1 ($0,93 \pm 0,68$ cm ano⁻¹), T2 ($1,00 \pm 0,75$ cm ano⁻¹), T3 ($0,85 \pm 0,66$ cm ano⁻¹) e T4 ($0,82 \pm 0,64$ cm ano⁻¹), diferindo significativamente das demais classes ($H = 23,45$, $\chi^2 = 0,001$). As árvores da classe III (copa completamente sombreada) tiveram os menores IPA em todos os tratamentos (Figura 7).

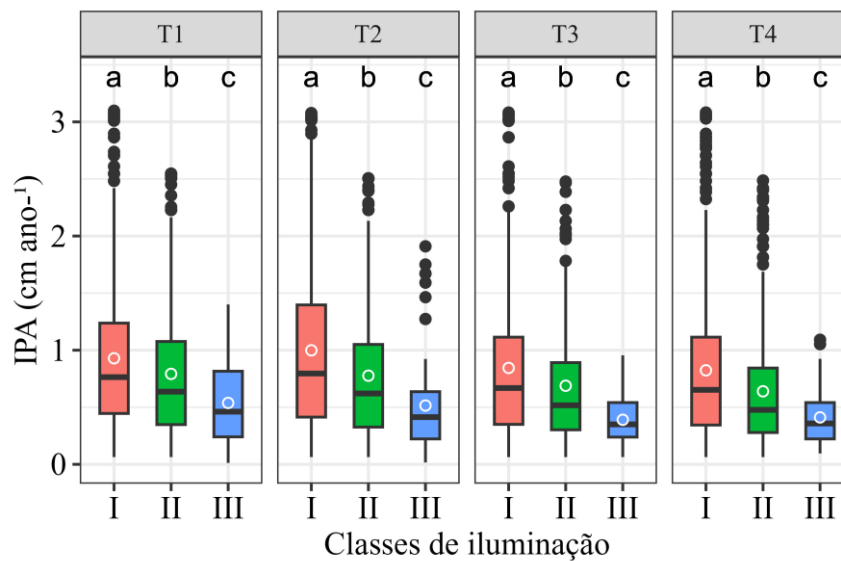


Figura 7. Incremento Periódico Anual (IPA) para o grupo de 56 espécies, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração. I) copa emergente e/ou completamente exposta à luz; II) copa parcialmente iluminada; e III) copa completamente sombreada. A linha horizontal mais grossa representa a mediana, a caixa representa o intervalo interquartil e as linhas contínuas na vertical representam os valores extremos. Letras diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$) em ANOVA com o teste post-hoc não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Estes resultados praticamente já respondem as duas questões científicas, comprovando as duas hipóteses, considerando que os tratamentos silviculturais aumentam significativamente as taxas de crescimento diamétrico das árvores que receberam maior intensidade de radiação solar. As árvores com copas emergentes, ou mesmo sem ter as copas emergentes, porém completamente expostas à luz solar cresceram mais por captar mais radiação solar. E como era de se esperar, as árvores completamente sombreadas, portanto recebendo luminosidade difusa, apenas lateralmente, tiveram o menor incremento diamétrico no período monitorado.

A forma da copa apresentou efeito significativo no incremento periódico anual (IPA) em todos os tratamentos. As árvores com copas da classe I (copa completa normal) apresentaram os maiores IPA nos quatro tratamentos: T1 ($0,92 \pm 0,67$ cm ano⁻¹), T2 ($1,00 \pm 0,82$ cm ano⁻¹), T3 ($0,85 \pm 0,66$ cm ano⁻¹) e T4 ($0,86 \pm 0,69$ cm ano⁻¹), diferindo significativamente das demais classes ($H = 131,80$, $\chi^2 = 0,001$). As árvores da classe III, copa incompleta (quebrada), tiveram os menores incrementos em IPA em todos os tratamentos, com média geral de $0,47 \pm 0,36$ cm ano⁻¹ (Figura 8). Estes resultados de incremento diamétrico relacionados à forma das copas das árvores nos permitem sugerir que a seleção de árvores a

serem conduzidas para as próximas colheitas seja feita considerando principalmente árvores com copa completa normal (Classe I).

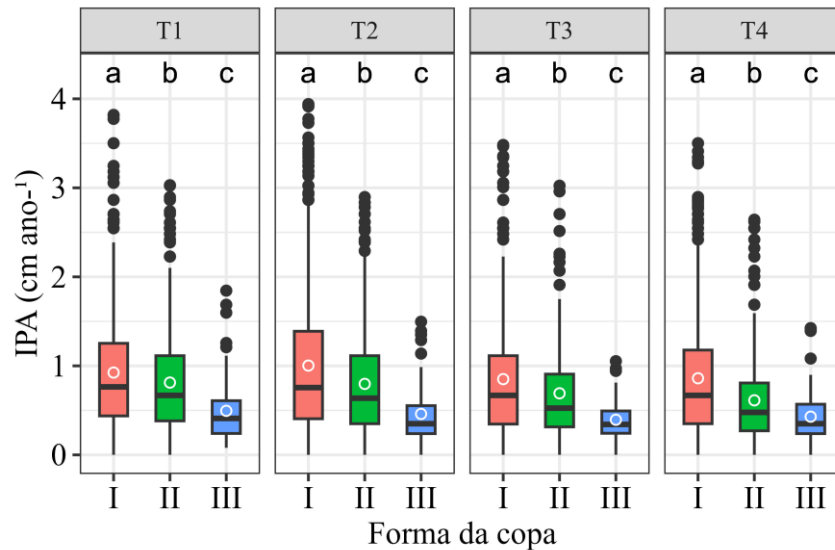


Figura 8. Incremento Periódico Anual (IPA) para o grupo de 56 espécies, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração. I) copa completa normal; II) copa completa irregular; e III) copa incompleta (quebrada). A linha horizontal mais grossa representa a mediana, a caixa representa o intervalo interquartil e as linhas contínuas na vertical representam os valores extremos. Letras diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$) em ANOVA com o teste post-hoc não paramétrico de Kruskal-Wallis.

A análise sobre a presença de cipós nas árvores apresentou efeito significativo no incremento periódico anual (IPA) em todos os tratamentos. As árvores sem presença de cipós (classe I) apresentaram os maiores IPA nos quatro tratamentos T1 ($0,90 \pm 0,63$ cm ano⁻¹), T2 ($0,96 \pm 0,79$ cm ano⁻¹), T3 ($0,79 \pm 0,57$ cm ano⁻¹) e T4 ($0,69 \pm 0,54$ cm ano⁻¹), diferindo significativamente das demais classes ($H = 51,33$, $\chi^2 = 0,001$). As árvores das classes II (árvore com cipó sem danos aparentes) e III (árvore com cipó com danos aparentes) tiveram os menores IPA em todos os tratamentos e não apresentaram diferença significativa entre si (Figura 9). As médias de IPA nas árvores das classes II e III foram $0,72 \pm 0,53$ e $0,70 \pm 0,53$ cm ano⁻¹, respectivamente, considerando os quatro tratamentos.

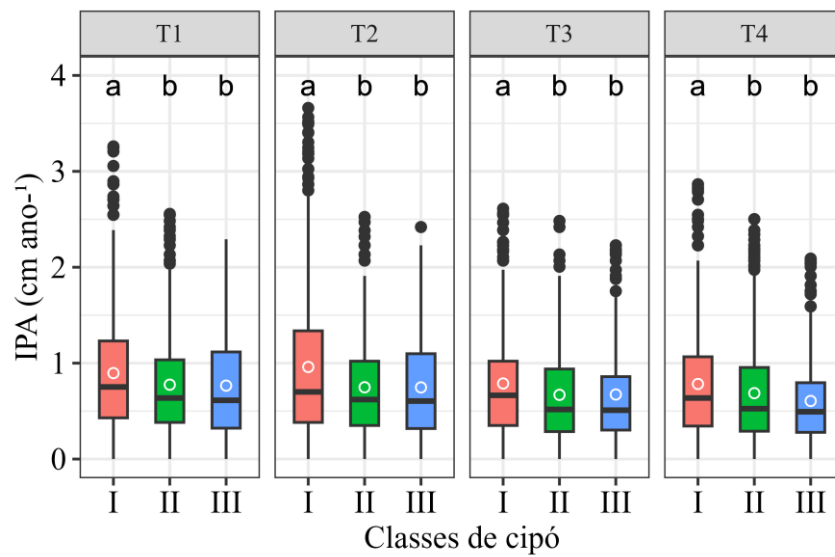


Figura 9. Incremento Periódico Anual (IPA) para o grupo de 56 espécies, considerando árvores com $DAP \geq 35$ cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração. I) árvore sem cipós; II) árvore com cipó sem danos aparentes; e, III) árvore com cipó com danos aparentes. A linha horizontal mais grossa representa a mediana, a caixa representa o intervalo interquartil e as linhas contínuas na vertical representam os valores extremos. Letras diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$) em ANOVA com o teste post-hoc não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Estes resultados confirmam a necessidade de cortar os cipós presentes nas árvores selecionadas para as colheitas futuras. A eliminação dos cipós, tanto presentes no fuste como na copa, vai favorecer o crescimento diamétrico das árvores, pois estas vão deixar de compartilhar com os cipós a captação de radiação solar, o espaço e os nutrientes. Percebe-se que mesmo nas áreas onde não houve corte de cipós (T3 e T4) as árvores livres destes tiveram maiores incrementos.

7 CONCLUSÃO

O corte de cipós e o desbaste de liberação de copas aumentaram o incremento diamétrico das árvores. A maior captação de radiação solar pelas árvores foi o fator primordial para aumentar os seus incrementos diamétricos. Conclui-se que o corte de cipós e o desbaste de liberação de copas das árvores para melhor captação de radiação solar são ferramentas importantes para aumentar o incremento diamétrico das árvores para colheitas futuras e, assim, reduzir ciclos de corte. Do ponto de vista silvicultural, pode-se recomendar o corte de cipós e o desbaste de liberação, aplicados isoladamente ou em conjunto, para aumentar o crescimento de árvores após exploração de impacto reduzido. Entretanto, necessita-se de estudos relacionados à viabilidade econômica desses tratamentos.

REFERÊNCIAS

- ABIYU, A., MOKRIA, M., GEBREKIRSTOS, A., & BRÄUNING, A. Tree-ring record in Ethiopian church forests reveals successive generation differences in growth rates and disturbance events. **Forest Ecology and Management**, 409, 835-844. .2018.
- AMARAL, M. R.; LIMA, A. J.; HIGUCHI, F. G.; SANTOS, J.; & HIGUCHI, N. Dynamics of tropical forest twenty-five years after experimental logging in Central Amazon mature forest. **Forests**, 10(2), 89. 2019
- AMARAL, P.; VERISSIMO, A.; BARRETO, P.; VIDAL, E. **Floresta para sempre: um manual para a produção de madeira na Amazônia**. Belém: Imazon, 1998. p. 130.
- ANGELO, H.; et al. Análise Estratégica do Manejo Florestal na Amazônia Brasileira. **Floresta**. Curitiba, v. 44, n. 3, p. 341-348, 2014.
- ASNER, G. P.; KNAPP, D. E.; BROADBENT, E. N.; OLIVEIRA, P. J. C.; KELLER, M.; SILVA, J. N. Selective Logging in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 310, p. 480-482, 2005.
- BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A.; FIGUEIREDO, R. O.; SILVA, G. F. G. **Características agroclimáticas do município de Paragominas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 21p. (Documentos Embrapa, n.228)
- BEZERRA, T.G.; RUSCHEL, A.R.; EMMERT, F.; NASCIMENTO, R.G.M. Changes caused by forest logging in structure and floristic diversity of natural regeneration: Relationship between climate variables and forest dynamics in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 482, 2021.
- BOMFIM, S. L. et al. Índice de clima econômico para concessões florestais. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 10, p. 331-342, 2016.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 5, de 11 de dezembro de 2006. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n 238, p. 155-159, 13 de dezembro de 2006.
- CARVALHO, J.O.P de; SILVA, J.N.M; LOPES, J.do C.A.; COSTA, H.B. da. Manejo de florestas naturais do trópico úmido com referência especial à Floresta Nacional do Tapajós no Estado do Pará. Belém: EMBRAPA-CPATU, (Documento, 26). 14p. 1984.
- CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; SILVA, M. G.; GOMES, J. M.; TAFFAREL, M.; NOBRE, D. N. V. Mortality of girdled trees and survival of seedlings in canopy gaps after logging in an upland forest in Brazilian Amazon. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1. 2013.
- CASTRO, TC.; CARVALHO, JOP.; SCHWARTZ, G.; SILVA, J. N. M.; RUSCHEL, A. R.; FREITAS, L. J. M.; GOMES, J. M.; PINTO, R. 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**, v.490, p.119124. 2021.
- CRAWLEY, M.J. **The R Book**, second ed. Wiley, London. 2013.

DARRIGO, M. R.; VENTICINQUE, E. M.; DOS SANTOS, F. A. M. Effects of reduced impact logging on the forest regeneration in the central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 360, 52–59. 2016.

DAVID, H. C.; CARVALHO, J. O. P.; PIRES, I. P.; SANTOS, L. S.; BARBOSA, E. S.; BRAGA, N. S. A 20-year tree liberation experiment in the Amazon: Highlights for diameter growth rates and species-specific management. **Forest Ecology and Management**, 453, e117584. 2019.

DE 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**, 385, 225–235. 2017.

DEARMOND, D.; FERRAZ, J. B. S.; MARRA, D. M.; AMARAL, M. R. M.; LIMA, A. J. N.; HIGUCHI, N. Logging intensity affects growth and lifespan trajectories for pioneer species in Central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 522, 2022.

DIAS FILHO, M. B. Competição e sucessão vegetal em pastagens. In: PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. (Ed.). 2º Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa: UFV; p.251-287. 2004.

DIONISIO, L. F. S., Schwartz, G., Mazzei, L., Lopes, J. C., Santos, G. G. A., & Oliveira, F. A. (2017). Mortality of stocking commercial trees after reduced impact logging in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 401, 1-7.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.06.060>.

DIONISIO, L. F. S.; SCHWARTZ, G.; LOPES, J. C.; OLIVEIRA, F. A. Growth, mortality, and recruitment of tree species in an Amazonian rainforest over years of reduced impact logging. **Forest Ecology and Management**, 430, 150–156, 2018.

DIONISIO, L. F. S.; VAZ, M. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. D. C. A. Volume of commercial timber found dead in managed Amazonian natural forests: Is it possible to take advantage? **Forest Ecology and Management**. 521, 120441., 2022.

DOUCET, J.L.; KOUADIO, Y.L.; MONTICELLI, D.; LEJEUNE, P. Enrichment of logging gaps with moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) in a Central African rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 11, p. 2407-2415, 2009.
Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. (3aed.), Brasília-DF: Embrapa Solos, 353 p. 2013.

ENGEL, V. L.; FONSECA, R. C. B. OLIVEIRA, R. E. Ecologia de lianas e o manejo de fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 43-64, 1998.

FERREIRA, T. M. C.; CARVALHO, J. O. P.; EMMERT, F.; RUSCHEL, A. R.; NASCIMENTO, R. G. M. How long does the Amazon rainforest take to grow commercially sized trees? An estimation methodology for *Manilkara elata* (Além ex Miq.). **Forest Ecology and Management**. 473, 2020.

GAMA, J. R. V. **Manejo florestal em faixas alternadas para floresta ombrofila aberta no município de Codo**, Estado do Maranhão. Vicosa: UFV, 2005. 126 f.

GOMES, J. CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, M. G. dc, NOBRE, D. N. TAFFAREL, FERREIRA, J. E. SANTOS, R. N. J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 40, n.1, p. 171-178, 2010.

GOMES, J. M., SILVA, J. C. F., VIEIRA, S. B., CARVALHO, J. O. P., OLIVEIRA, L. C. L. Q., QUEIROZ, W. T. *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby pode ser utilizada em enriquecimento de clareiras de exploração florestal na Amazônia. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 417-425, 2019.

HASSAN-ZAKI, P. A study on the development and implementation of enrichment planting in peninsular Malaysia. **Tropical Agricultural Research and Extension**, v. 7, p. 134-144, 2004.

HAYWARD, R. M.; BANIN, L. F.; BURSLEM, D. F. R. P.; CHAPMAN, D. S.; PHILIPSON, C. D.; CUTLER, M. E. J.; REYNOLDS, G.; NILUS, R.; DENT, D. H. Three decades of post-logging tree community recovery in naturally regenerating and actively restored dipterocarp forest in Borneo. **Forest Ecology and Management**, 488, 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2.ed. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2012. 271p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, 1).

JARDIM, F. C. S.; SANTOS, J.; COIC, Efeitos do anelamento de espécies indesejáveis sobre a regeneração natural de espécies comerciais. Anais do Atelier Sur L'Aménagement et la Conservation de L'Ecosystème Forestier Tropical Humide. Cayenne. Actes Cayenne. Guyane, v. 3, 12 p. 1990.

JARDIM, F.C.S.; SOARES, M.S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, p. 535-542, 2010.

KEEFE K., SCHULZE M.D., PINHEIRO C., ZWEEDE J.C., ZARIN D. Enrichment planting as a silvicultural option in the eastern Amazon: Case study of Fazenda Cauaxi. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 9, p. 1950-1959, 2009.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas**: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1990. 343 p.

LOUMAN, B.; DAVID, Q. E.; MARGARITA, N. **Silvicultura de bosques latifoliados húmidos com ênfases em América Central**. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2001. 265p.

NASCIMENTO, R. G. M.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; HIGUCHI, N. A growth and yield projection system for a tropical rainforest in the Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.327, p.201-208, 2014.

NASI, R.; P. G. H. FROST. Sustainable Forest management in the tropics: is everything in order but the patient still dying? **Ecology and Society**, 14(2): 40. 2009.

PINAGÉ, E. R.; APARECIDO, E.; MATRICARDI, T. Detecção da Infraestrutura para Exploração Florestal em Rondônia Utilizando Dados de Sensoriamento Remoto. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 377–390, 2015.

PIPONIOT, C.; RÖDIG, E.; PUTZ, F. E.; RUTISHAUSER, E.; SIST, P.; ASCARRUNZ, N.; BLANC, L.; DERROIRE, G.; DESCROIX, L.; GUEDES, M. C.; CORONADO, E. H.; HUTH, A.; KANASHIRO, M.; LICONA, J. C.; MAZZEI, L.; D'OLIVEIRA, M. V. N.; PEÑA-CLAROS, M.; RODNEY, K.; SHENKIN, A.; SOUZA, C. R.; VIDAL, E.; WEST, T. A. P.; WORTEL, V.; HÉRAULT, B. Can timber provision from Amazonian production forests be sustainable? **Environ. Res. Lett.** 14, 2019.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R version 4.2.1. – In. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022.

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

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. C.; SILVA, J. M. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; GAMA, J. R. N.; VALENTE, M. A. **Caracterização e classificação dos solos no município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Documentos, 162. 51 p. 2003.

SABOGAL, C. et al. **Silvicultura na Amazônia brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas**. Belém: CIFOR. 90 p. 2006.

SANDEL, M.P.; CARVALHO, J. O. P. Anelagem de árvores como tratamento silvicultural em florestas naturais da Amazônia brasileira. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 33, p. 9-32, jan./jun. 2000.

SCHULZE, M. Technical and financial analysis of enrichment planting in logging gaps as a potential component of forest management in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 3-4, p. 866-879, 2008.

SCHWARTZ, G., & LOPES, J. C. A. (2015). Logging in the Brazilian Amazon forest: the challenges of reaching sustainable future cutting cycles. In J. A. Daniels (Ed.), **Advances in environmental research** (pp. 113- 138). Nova Publishers, New York.

SCHWARTZ, G.; LOPES, J. C. A.; MOHREN, G. M. J.; PEÑA-CLAROS, M. Post-harvesting silvicultural treatments in logging gaps: A comparison between enrichment planting and tending of natural regeneration. **Forest Ecology and Management**. 293, 57–64. 2013

SCHWARTZ, G.; LOPES, J. C.; KANASHIRO, M.; MOHREN, G. M.; & PEÑA-CLAROS, M. Disturbance level determines the regeneration of commercial tree species in the eastern Amazon, **Biotropica**, 46(2), 148-156. 2014.

SCHWARTZ, G.; PEÑA-CLAROS, M.; LOPES, J. C. A.; MOHREN, G. M. J.; & KANASHIRO, M. Midterm effects of reduced-impact logging on the regeneration of seven tree commercial species in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, 274, 116-125. 2012.

SHIMIZU, G.D.; MARUBAYASHI, R.Y.P.; GONCALVES, L.S.A. Package AgroR version 1.2.0. 2021.

SILVA, J.N.M. **Manejo Florestal**. 3. ed. rev. e aum. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. Folhetos, 2001.

SOUZA, E, M. et al. Influência da Exploração Florestal nas Populações de Espécies Ameaçadas de Extinção na FLONA do Jamari, RO. **Biodiversidade Brasileira**, 10(3): 64-73, 2020.

TAFFAREL M.; GOMES J. M.; CARVALHO J. O. P.; MELO L. O.; FERREIRA J. E. R. Efeito da silvicultura pós-colheita na população de *Chrysophyllum lucentifolium* Cronquist (goiabão) em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira. **Revista Árvore**, v.38, n.6, p.1045-1054, 2014.

VATRAZ, S.; CARVALHO, J. O. P.; 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**, v.40, n.93, p.095-102, 2012.

VIDAL, E.; JOM.1S, J.; GERWNG, J.J. •, BARRETO, P.; UHL, C. Manejo de cipós para a redução do impacto da exploração madeireira na Amazônia Oriental. In: VIDAL, E.; GERWNG, J.J. (Ed.). **Ecologia e manejo de cipós na Amazônia Oriental**. Belém: Imazon. p. 13 - 24. 2005.

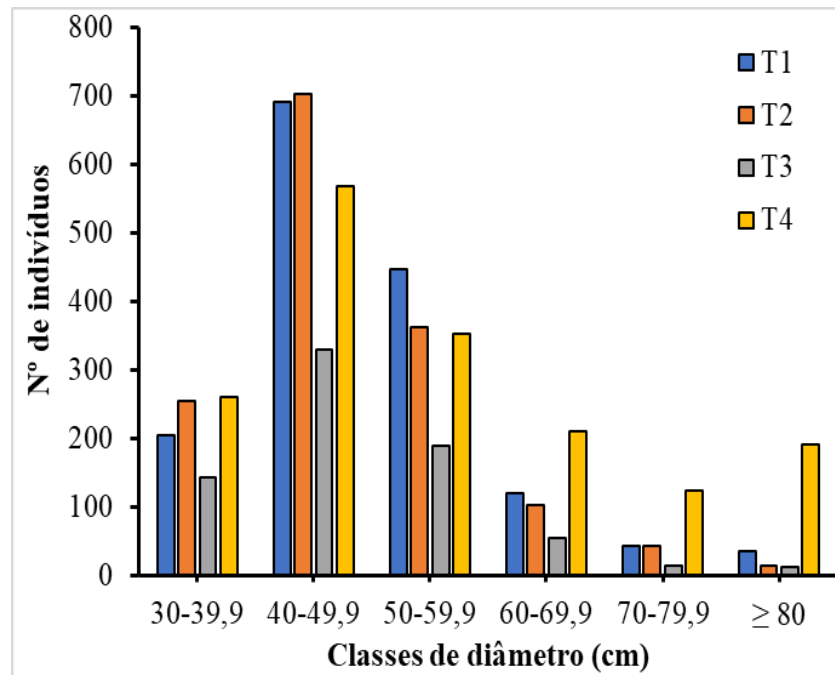
VIEIRA, B. S., et al. *Cedrela odorata* L. tem potencial para ser utilizada na silvicultura pós-colheita na Amazônia brasileira: **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1230-1238, jul.- set., 2018.

WICKHAM H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New York, 2016.

ZUUR, A., IENO, E.N., WALKER, N., SAVELIEV, A.A., SMITH, G.M., *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer, New York. 2009.

APÊNDICE A – Número de indivíduos por classes diamétrica

Figura 10. Número de indivíduos por classes diamétrica para o grupo de 56 espécies, considerando árvores com DAP ≥ 35 cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração



APÊNDICE B – Número de indivíduos de 2005 a 2009 nas diferentes classes

Tabela 3. Número de indivíduos de 2005 a 2009 nas diferentes classes de forma de copa, iluminação de copa e presença de cipós nas árvores, para o grupo de 56 espécies, considerando árvores com DAP ≥ 35 cm em área submetida a tratamentos silviculturais pós-exploração.

Tratamentos	Forma da copa	2005	2006	2007	2009
		Número de indivíduos			
T1	I	924	1085	915	596
	II	616	451	585	858
	III	1	5	41	87
T2	I	922	1183	1092	672
	II	552	287	356	741
	III	3	7	29	64
T3	I	360	628	632	386
	II	378	108	97	295
	III	2	4	11	59
T4	I	1254	1531	1494	525
	II	445	168	198	989
	III	3	3	10	188
Tratamentos	Classes de iluminação	2005	2006	2007	2009
		Número de indivíduos			
T1	I	928	1074	1015	811
	II	587	416	510	717
	III	26	51	16	13
T2	I	985	1048	939	680
	II	441	383	456	774
	III	51	46	82	23
T3	I	400	532	546	381
	II	339	194	178	347
	III	1	14	16	12
T4	I	1170	1180	1209	873
	II	446	448	479	796
	III	86	74	14	33
Tratamentos	Classes de cipó	2005	2006	2007	2009
		Número de indivíduos			
T1	I	576	697	821	778
	II	723	134	334	533
	III	242	710	386	230
T2	I	591	711	968	778
	II	807	161	313	543
	III	79	605	196	156
T3	I	237	318	401	268
	II	433	265	212	183
	III	70	157	127	289

T4	I	558	636	812	534
	II	892	861	557	479
	III	252	205	333	689

APÊNDICE C – Espécies selecionadas para futuras colheitas

Tabela 4. Espécies selecionadas para futuras colheitas, beneficiadas pelos tratamentos silviculturais e seus respectivos números de árvores em cada tratamento.

Nome científico	T1	T2	T3	T4	Total
<i>Anacardium giganteum</i> Hancock. ex Engl.	1	8	3	6	18
<i>Aniba</i> sp.	8	13	2	14	37
<i>Astronium gracile</i> Engl.	26	12	8	29	75
<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	4	6	1	7	18
<i>Bowdichia nítida</i> Spruce ex Benth.	5	1	1	1	8
<i>Bowdichia</i> sp.Kunth.	2	3	1	1	7
<i>Brosimum acutifolium</i> (Huber) Ducke	5	7	1	7	20
<i>Brosimum parinarioides</i> Ducke	5	3	1	7	16
<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	10	5	4	11	30
<i>Cedrela odorata</i> (L.) Ducke	5	1	1	3	10
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaerth.	10	12	2	14	38
<i>Chrysophyllum lucentifolium</i> Cronquist.	86	75	41	76	278
<i>Chrysophyllum</i> sp.	2	5	1	20	28
<i>Chrysophyllum venezuelanense</i> Pierre	12	18	9	30	69
<i>Copaifera multijuga</i> – Hayne	8	10	4	14	36
<i>Cordia goeldiana</i> – Huber	20	22	4	34	80
<i>Couratari</i> sp.	7	3	1	7	18
<i>Dimorphandra pullei</i> Amshoff.	3	5	2	6	16
<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	28	13	6	24	71
<i>Eschweilera amazônica</i> R. Knuth.	133	165	104	46	448
<i>Eschweilera coriácea</i> Mart. ex DC.	118	108	56	122	404
<i>Eschweilera grandiflora</i> Aubl.	215	199	120	151	685
<i>Eschweilera parviflora</i> (Aubl.) Miers.	15	25	8	97	145
<i>Eschweilera</i> sp.	1	1	1	7	10
<i>Handroanthus serratifolius</i> Vahl.	3	2	1	2	8
<i>Helicostylis tomentosa</i> <u>Poepp.</u> & Endl.	2	9	4	2	17
<i>Hevea brasiliensis</i> Willd. ex A.Juss.	5	24	20	4	53
<i>Hymenaea courbaril</i> Carl Linnaeus.	34	12	4	27	77
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	17	18	8	7	50
<i>Jacaranda copaia</i> Aubl.	22	14	3	20	59
<i>Laetia procera</i> Poepp.	76	57	38	47	218
<i>Lecythis lúrida</i> (Miers) S.A.Mori.	82	41	30	39	192
<i>Lecythis pisonis</i> Camb.	11	9	3	17	40
<i>Licaria guianensis</i> Aubl.	13	18	6	33	70
<i>Manilkara elata</i> Monach.	159	110	36	262	567
<i>Manilkara paraenses</i> (Huber) Standl.	105	89	27	109	330
<i>Mezilaurus itaúba</i> Meisn.	4	4	2	2	12
<i>Ocotea costulata</i> Nees.	7	2	1	14	24
<i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke	4	8	1	8	21
<i>Parkia pendula</i> (Will.) Benth. Ex Walp.	1	3	1	6	11
<i>Platymiscium filipes</i> Benth.	6	6	2	5	19

<i>Porouma guianensis</i> Aubl.	12	25	21	47	105
<i>Pouteria oblanceolata</i> Pires.	71	136	59	103	369
				CONTINUA...	
				CONTINUAÇÃO	
<i>Protium subserratum</i> (Engl.) Engl.	60	52	39	43	194
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> (Miq.) J.W.Grimes	14	15	4	16	49
<i>Roupala</i> sp.	5	5	2	8	20
<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.	2	19	9	36	66
<i>Schefflera morototoni</i> Aubl.	10	2	1	1	14
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	4	6	4	7	21
<i>Sterculia pilosa</i> Ducke	43	48	18	43	152
<i>Stryphnodendron paniculatum</i> Poepp.	33	20	11	12	76
<i>Terminalia</i> sp.	4	7	3	6	20
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) O. Ktze.	1	8	7	31	47
<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.	6	3	3	13	25
<i>Virola</i> sp.	30	31	11	19	91
<i>Zygea racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes.	2	4	2	3	11
Total	1577	1527	763	1726	5593