

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA
RECURSOS AMAZÔNICOS

FÁBIO BALIEIRO DE GOES

**REGENERAÇÃO NATURAL E PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO DE
ESPÉCIES COMERCIAIS EM CLAREIRAS DE EXPLORAÇÃO DE MANEJO
FLORESTAL EM PEQUENA ESCALA**

ITACOATIARA – AM

2025

FÁBIO BALIEIRO DE GOES

**REGENERAÇÃO NATURAL E PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO DE
ESPÉCIES COMERCIAIS EM CLAREIRAS DE EXPLORAÇÃO DE MANEJO
FLORESTAL EM PEQUENA ESCALA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Estado do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Orientador: Dr. Louri Klemann Junior

Coorientador: Dr. Victor Alexandre Hardt
Ferreira dos Santos

ITACOATIARA – AM

2025

Ficha Catalográfica

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

G598r Goes, Fábio Balieiro de
 Regeneração natural e plantio de enriquecimento de espécies
 comerciais em clareiras de exploração de manejo florestal em
 pequena escala / Fábio Balieiro de Goes. - 2025.
 75 f. : il., color. ; 31 cm.

 Orientador(a): Lourí Klemann Junior.
 Coorientador(a): Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas,
 Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para
 Recursos Amazônicos, Itacoatiara, 2025.

 1. Manejo Florestal. 2. Regeneração Natural . 3. Clareiras de
 Exploração . 4. Plantio de Enriquecimento . 5. Amazônia. I.
 Klemann Junior, Lourí. II. Santos, Victor Alexandre Hardt Ferreira
 dos. III. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-
 Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos.
 IV. Título



Fábio Balieiro de Goes

Regeneração natural e plantio de enriquecimento de espécies comerciais em clareiras de exploração de manejo florestal em pequena escala

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Aprovado(a) em 28.02.25

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 LOURI KLEMANN JUNIOR
Data: 03/03/2025 19:15:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Louri Klemann Junior
Presidente/Orientador

Profa. Dr. Guilherme Silva Modolo
Membro

Documento assinado digitalmente
 ZILZA THAYANE MATOS GUIMARAES
Data: 05/03/2025 20:26:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 GUILHERME SILVA MODOLO
Data: 05/03/2025 16:11:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Zilza Thayane Matos Guimarães
Membro

Rua Nossa Senhora do Rosário, 3863, Tiradentes. CEP: 69103-128 – Itacoatiara/AM

Telefone: (92) 99271-8661 e-mail: secretariappgctra@ufam.edu.br

*Dedico aos meus pais, Josué de Goes e
Vilma Balieiro, ao meu filho Felipe e aos
meus irmãos, irmãs e sobrinhos(as).*

Agradecimentos

A Deus, por me fazer existir e me guiar por bons caminhos na longa jornada da vida.

Aos meus pais, por todo ensinamento, apoio, carinho e incentivos, sem eles nada disso seria possível.

Aos meus irmãos e irmãs por todo incentivo no decorrer de minha caminhada acadêmica.

Ao meu filho Felipe por toda compreensão e incentivos durante esses anos.

À Giovanna Amaral Castro pelo seu companheirismo, apoio e ajuda durante essa caminhada.

Aos meus colegas de mestrado Lilian Braga e Paulo Ricardo por todo conhecimento compartilhado, por momentos de diversão e apoio.

À Adriene de Oliveira Amaral por toda ajuda na coleta, análise de dados e escrita desse trabalho.

Aos meus amigos Eliandra, Silvia, Genesse e Vinicius pelo apoio, vivência e amizade durante essa jornada.

Ao meu orientador Dr. Louri Klemann Junior, por ter me recebido como orientado, pela paciência e ensinamentos.

Ao meu coorientador Dr, Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos por todo ensinamento, pela paciência, compreensão, disponibilidade, ensinamentos e orientação nesse trabalho.

À dona Maria Izabel de Oliveira Amaral por permitir a realização deste trabalho em sua propriedade.

À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade, juntamente aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos por todo ensinamento.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela bolsa concedida durante o curso.

Obrigado a todos aqueles que de alguma maneira mesmo simbólica colaboraram para minha formação e para realização desde trabalho.

*“O sucesso é a soma de pequenos esforços
repetidos dia após dia.”*

- Robert Collier

RESUMO GERAL

A exploração madeireira na Amazônia vem crescendo nos últimos anos, aumentando a pressão sobre os estoques remanescentes de madeira. Visando minimizar esses impactos, algumas medidas foram adotadas nos últimos anos, com a utilização de técnicas de manejo de baixo impacto. Essas técnicas reduzem os impactos na estrutura e dinâmica da floresta, deixando um ambiente menos perturbado pós-exploração. Este trabalho está dividido em dois capítulos. No primeiro capítulo, avaliamos o potencial da regeneração natural em clareiras de exploração de manejo florestal em pequena escala no estado do Amazonas. Para isso, foram selecionadas 64 clareiras que foram caracterizadas em 64 clareiras, que foram caracterizadas de acordo com o tamanho e abertura do dossel. Foram encontrados 543 indivíduos, pertencentes a 68 espécies, divididas em 16 famílias botânicas. A família Burseraceae com 53,96%, Fabaceae com 10,87% e Lecythidaceae 5,52% foram as que apresentam maior número de indivíduos. Quando separadas por classe de tamanho, as clareiras pequenas apresentaram o número mais elevado de espécies (44 espécies), seguida das clareiras grandes (41 espécies) e médias (37 espécies). As espécies do gênero *Protium* dominaram a regeneração natural nas clareiras. No capítulo dois, analisamos o desenvolvimento inicial e mortalidade de oito espécies florestais inseridas via plantio de enriquecimento nas 64 clareiras inventariadas. Para isso, foram plantadas mudas de *Dipteryx odorata*, *Handroanthus serratifolius*, *Swietenia macrophylla*, *Bertholletia excelsa*, *Carapa guianensis*, *Hevea brasiliensis*, *Cariniana micrantha*, *Hymenaea courbaril*. Foram selecionadas 64 clareiras para o plantio, 32 clareiras receberam o tratamento de liberação. O tratamento consistiu em eliminar as plantas competidoras em um raio de 1 metro a partir da projeção de copa das espécies plantadas. Os resultados das análises demonstraram padrões variados entre as espécies, com melhor desempenho para as espécies de *D. odorata*, *S. macrophylla*, *H. brasiliensis* e *C. micrantha*. É necessário selecionar espécies adaptáveis as condições de clareira para garantir bom desempenho no plantio. Os resultados comprovam que a regeneração natural, aliada ao plantio de enriquecimento com espécies com *D. odorata* e *S. macrophylla* são estratégias eficazes para a recuperação de áreas exploradas, embora algumas espécies apresentem repostas diferenciadas às intervenções. Essa abordagem combinada mostra-se promissora para a sustentabilidade do manejo florestal na Amazônia.

Palavras-chave: Silvicultura Tropical, Manejo Florestal, Enriquecimento de Florestas, Amazônia.

ABSTRACT

Logging in the Amazon has been growing in recent years, increasing pressure on remaining timber stocks. In order to minimize these impacts, some measures have been adopted in recent years, using low-impact management techniques. These techniques reduce impacts on the structure and dynamics of the forest, leaving a less disturbed environment after logging. This work is divided into two chapters. In the first chapter, we evaluate the potential for natural regeneration in clearings from small-scale forest management in the state of Amazonas. For this purpose, 64 clearings were selected and characterized according to the size and openness of the canopy. A total of 543 individuals were found, belonging to 68 species, divided into 16 botanical families. The families Burseraceae (53.96%), Fabaceae (10.87%) and Lecythidaceae (5.52%) were the ones with the largest number of individuals. When separated by size class, small gaps presented the highest number of species (44 species), followed by large (41 species) and medium (37 species) gaps. Species of the genus *Protium* dominated natural regeneration in the gaps. In chapter two, we analyzed the initial development and mortality of eight forest species inserted via enrichment planting in the 64 inventoried gaps. For this purpose, seedlings of *Dipteryx odorata*, *Handroanthus serratifolius*, *Swietenia macrophylla*, *Bertholletia excelsa*, *Carapa guianensis*, *Hevea brasiliensis*, *Cariniana micrantha*, and *Hymenaea courbaril* were planted. Sixty-four gaps were selected for planting, and 32 gaps received the release treatment. The treatment consisted of eliminating competing plants within a radius of 1 meter from the canopy projection of the planted species. The results of the analyses showed varied patterns among the species, with better performance for the species *D. odorata*, *S. macrophylla*, *H. brasiliensis* and *C. micrantha*. It is necessary to select species that are adaptable to clearing conditions to ensure good performance in planting. The results prove that natural regeneration, combined with enrichment planting with species such as *D. odorata* and *S. macrophylla*, are effective strategies for the recovery of logged areas, although some species show different responses to the interventions. This combined approach shows promise for the sustainability of forest management in the Amazon.

Keywords: Tropical Silviculture, Forest Management, Forest Enrichment, Amazon.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

- Figura 1.** Diagrama de Venn formado a partir do número de espécies regenerando nos diferentes tamanhos de clareiras. 30
- Figura 2.** Curva de rarefação e extrapolação com intervalos de confiança de 95% para os dados de espécies arbóreas comerciais da regeneração natural de clareiras de exploração de diferentes tamanhos. As curvas comparam o valor de riqueza de espécies ($q=0$), diversidade de Shannon ($q=2$) e dominância de Simpson ($q=3$) da regeneração natural.....,..... 31
- Figura 3.** Densidade da regeneração de espécies arbóreas em clareiras de diferentes tamanhos; médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Dunn ($p<0,05$)..... 33
- Figura 4.** Análise comparativa da densidade da composição de indivíduos arbóreas da regeneração natural de clareiras com diferentes tamanhos. Barras seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).....34
- Figura 5.** Gráfico de dispersão da associação entre a abertura do dossel e área da clareira..... 35
- Figura 6.** Gráfico de dispersão da associação entre a abundância de mudas e área da clareira. 35
- Figura 7.** Gráfico de dispersão da associação entre a riqueza de espécies e a área da clareira..... 36
- Figura 8.** Gráfico de dispersão da associação entre a abundância de mudas e abertura do dossel..... 37
- Figura 9.** Gráfico de dispersão da associação entre a riqueza de espécies e abertura de dossel 37

Capítulo II

- Figura 1:** Teste t de Student para comparação do crescimento em diâmetro das mudas nas clareiras com e sem tratamento de liberação.....60
- Figura 2:** Teste t de Student para comparação do crescimento em altura das mudas nas clareiras com e sem tratamento de liberação.....61

Figura 3. Gráfico de dispersão da associação entre a mortalidade de mudas de <i>D. odorata</i> e a área da clareira.....	62
Figura 4. Gráfico da dispersão da associação entre a mortalidade de mudas de <i>D. odorata</i> e a abertura do dossel.	63
Figura 5. Percentual de mortalidade das sete espécies do plantio misto nas clareiras.....	63
Figura 6. Gráfico de dispersão da associação entre a mortalidade do plantio misto e a área da clareira.....	64
Figura 7. Gráfico da dispersão da associação entre a mortalidade do plantio misto e a abertura do dossel.	64

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1. Composição das espécies regenerando nas clareiras de diferentes tamanhos na Amazônia Central. Os grupos ecológicos (G.E) são definidos como T.S - tolerante à sombra; INT. – Intermediário; E. L – exigente de luz e; N.I – não identificado. D.A – Densidade Absoluta.	27
Tabela 2. Comparação da similaridade de espécies da regeneração natural de diferentes tamanhos de clareiras.	31
Tabela 3. Medidas de diversidade de espécies arbóreas comerciais da regeneração natural de clareiras grandes, médias e pequenas.....	32

Capítulo II

Tabela 1. Coeficientes de correlação de Pearson e valor de p geral do crescimento em diâmetro e altura das mudas de cumaru.....	56
Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson e valor de p geral do crescimento em diâmetro e altura das mudas do plantio.....	57
Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson do crescimento em diâmetro e altura das mudas de Cumaru nas clareiras com tratamento e sem tratamento de liberação.....	58
Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson do crescimento em diâmetro e altura das mudas no plantio nas clareiras com tratamento e sem tratamento de liberação.....	59

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
CAPÍTULO I	19
REGENERAÇÃO NATURAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS COMERCIAIS EM CLAREIRAS ARTIFICIAIS DE MANEJO FLORESTAL DE BAIXO IMPACTO NA AMAZÔNIA CENTRAL	19
INTRODUÇÃO	20
1.1 MATERIAL E MÉTODOS	23
1.1.1 Área de estudo	23
1.1.2 Amostragem	24
1.1.3 Análise dos dados	25
1.2 RESULTADOS	26
1.2.1 Diversidade da regeneração natural de clareiras de exploração	26
1.2.2 Densidade e composição de espécies comerciais	32
1.2.3 Correlação entre abundância e riqueza com as características da clareira. ...	34
1.3 DISCUSSÃO	38
1.4 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
CAPÍTULO II	48
CRESCIMENTO E MORTALIDADE DE ESPÉCIES COMERCIAIS EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO EM CLAREIRAS DE EXPLORAÇÃO DE MANEJO FLORESTAL EM PEQUENA ESCALA NO MÉDIO AMAZONAS	48
INTRODUÇÃO	51
2.1 MATERIAIS E MÉTODOS	53
2.1.1 Área de estudo	53
2.1.2 Caracterização das clareiras	53
2.1.3 Plantio de enriquecimento	54
2.1.4 Tratamento silvicultural de liberação	54
2.1.5 Coleta e análise de dados	55
2.2 RESULTADOS	55
2.2.1 Relação geral entre crescimento e estrutura das clareiras	55
2.2.1.1 Plantio de <i>Dipteryx odorata</i>	55
2.2.1.2 Plantio misto	56
2.2.2 Influência do tratamento silvicultural de liberação	57
2.2.2.1 Plantio de <i>Dipteryx odorata</i>	57
2.2.2.2 Plantio misto	58

2.2.3	Mortalidade de mudas	61
2.2.3.1	Plantio de <i>Dipteryx odorata</i>	61
2.2.3.2	Plantio misto.....	63
2.3	DISCUSSÃO	65
2.4	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

INTRODUÇÃO GERAL

As madeiras oriundas de florestas tropicais são mundialmente consumidas, sendo grande parte extraída da floresta amazônica, onde é uma das principais atividades econômicas, aumentando a pressão sobre os estoques remanescentes (SHEARMAN et al., 2012; STRAGLIOTTO et al., 2020). E estudos de cenários futuros predizem que os estoques de madeira diminuirão de forma considerável ao longo do tempo (DAUBER et al., 2005; AZEVEDO, 2006).

O mercado nacional de madeira tropical produziu cerca de 29,2 milhões de m³ de madeira em tora entre os anos de 2014 e 2018, grande parte foi consumida no mercado local, apenas 0,6% da madeira em tora foi exportada (ITTO, 2019). Em 2023 ocorreu uma pequena crescente na produção de toras de madeiras nativas, chegando a 3,1%, somado a produção de lenha e carvão vegetal somaram juntos R\$ 4 bilhões, aumentando em cerca de 0,5 em relação ao ano anterior (IBGE, 2023).

Algumas medidas foram adotadas visando minimizar os impactos, através de categorias de manejo florestal menos agressivas que planejam as atividades pré e pós-exploração, deixando um ambiente menos perturbado na clareira (ZARIN et al., 2007), e já foi constatado em muitos estudos que a exploração planejada em regime de impacto reduzido garante a conservação da floresta, permitindo o uso sustentável dos recursos florestais (PEREIRA et al., 2002; SEBBENN et al., 2008).

Com a exploração florestal são formadas muitas clareiras, promovendo uma maior dinâmica da floresta, pois, causam mudanças nas características edafoclimáticas que levará ao processo de sucessão florestal (CARVALHO, 1999). As clareiras de exploração florestal são responsáveis por causar alterações drásticas na estrutura da floresta, modificando toda dinâmica de regeneração natural, visto que essas alterações terão influência direta na mortalidade, recrutamento e crescimento dos novos indivíduos (CARVALHO, 1999; SCHWARTZ et al., 2015)

O manejo florestal bem planejado pode aperfeiçoar os mecanismos da dinâmica de regeneração natural, através de práticas como o corte de lianas, evitando maiores danos da estrutura da floresta, deixando um ambiente com

incidência de luz e área de clareira ideal para a regeneração de espécies comercial após a exploração (OLIVEIRA, 2006).

O manejo florestal seja em grande ou pequena escala deve seguir alguns preceitos de bases sustentáveis, tendo sempre o conhecimento da autoecologia das espécies que sofrerão com as atividades exploratórias (JARDIM et al., 2007), tendo em vista que a ausência de regeneração de espécies florestais de valor comercial coloca em risco a sustentabilidade do manejo florestal (OLIVEIRA, 2006).

Os estudos sobre a regeneração de espécies florestais são fundamentais, servindo de amparo para o manejo florestal, que sabendo dessas informações podem prever o ingresso, sobrevivência e mortalidade de algumas espécies, dessa forma adequar as técnicas de acordo com a capacidade de regeneração (QUADROS et al., 2013). Portanto, é necessário conhecer o comportamento das espécies, traçando estratégias que aprimore a regeneração natural de diversas espécies florestais, somente dessa forma será possível avaliar os efeitos do manejo na dinâmica da floresta após a perturbação (CLARK E CLARK, 1999).

Muitas espécies florestais de valor comercial não se regeneram em ambientes perturbados, comprometendo sua existência no local. Nesse contexto, o plantio de enriquecimento torna-se fundamental para reintroduzir novamente a espécie no ambiente. O plantio de enriquecimento em clareiras de exploração possibilita que a floresta possa se recompor mais rapidamente, pois a espécies serão plantadas em espaçamento adequado, com menor competição por nutrientes (ARAÚJO et al., 2013). O plantio de enriquecimento é um tratamento silvicultural bastante utilizado e tem-se mostrado eficaz para melhorar a composição de espécies de maneira imediata (PEÑA-CARLOS et al., 2008; SCHWARTZ et al., 2013).

Os tratamentos silviculturais podem aprimorar os mecanismos de dinâmica da floresta, através do corte de lianas, liberação de espaço diminuindo a competição por nutrientes e luz, além da condução da regeneração natural e o plantio de enriquecimento de espécies comerciais (GOMES et al., 2010). O plantio de enriquecimento, juntamente com a regeneração natural são alternativas eficazes para aumentar a abundância de mudas e a riqueza de

espécies, garantindo que a floresta possa repor os estoques de madeira em ciclos futuros (SCHWARTZ et al., 2013; SCHWARTZ et al., 2017).

Outra questão evidente que precisa ser investigada, é a influência da abertura de dossel e tamanho, que são características da clareira e determinam a quantidade de luz que chega ao interior da floresta. Santos (2007) ao avaliar a regeneração natural em clareiras, encontrou indivíduos 15 a 372 e espécies de 9 a 64 por área de clareira, sendo que clareiras com menor tamanho apresentaram maior abundância de espécies.

Nesse cenário, o manejo florestal é ferramenta primordial para garantir o uso sustentável, e o manejo florestal em pequena escala surge como uma alternativa para pequenos produtores, permitindo a exploração florestal, minimizando os impactos na estrutura da floresta. Porém, não existem muitos estudos avaliando os impactos do manejo florestal na regeneração de espécies florestais de valor comercial. Além disso, não há muitas respostas quando se refere a introdução de novas espécies via plantio de enriquecimento e, saber essas informações permite desenvolver esse setor que possui grande potencial no estado do Amazonas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, H. J. B.; CORREIA, M.; CARDOSO, G.; FONSECA, F. L. Utilização de microtrator na colheita madeireira em sistema de manejo florestal em pequena escala, Rio Branco, AC. EMBRAPA, 2013.

AZEVEDO, C. P. Dinâmica de florestas submetidas ao manejo florestal na Amazônia Oriental: experimento e simulação. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, p. 236, 2006.

CARVALHO, J. O. P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. Belém, PA. EMBRAPA, 1999, 174 P. (EMBRAPA Documentos, 123).

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Assessing the growth of tropical rain forest trees: issues for forest modeling and management. **Ecological Applications**, 9, 981-997, 1999.

DAUBER, E.; FREDERICKSEN, T. S.; PENA, M. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. **Forest Ecology and Management**, 214, 294-304, 2005.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da extração vegetal e da silvicultura 2013. V. 31, p. 54, 2013.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION – ITTO. **Reseña bienal y evaluación dde la sitiación mundial de las maderas 2017-2018**. P. 233. 2019.

JARDIM, F. C. S.; SERRÃO, R. R.; NEMER, T. C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas em Moju-PA. **Acta Amazônica**, Belém, n. 37, n. 1, p. 37-48, 2007.

OLIVEIRA, L. C. Exploração florestal e eficiência dos tratamentos silviculturais realizados em 136 há na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 46, p. 195-213, 2006.

PEREIRA, R.; ZWEEDE, J.; ASNER, G. P.; KELLER, M. Forest canopy damage and recovery in reduced-impact and conventional selective logging in eastern Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, 168, 77-89, 2002.

PEÑA-CLAROS, M.; PETERS, E. M.; JUSTINIANO, M. J.; BONGERS, F.; BLATE, G. M.; FREDERICKSEN, T. S.; PUTZ, F. E. Regeneration of commercial trees species following silvicultural treatments in a moist tropical forest. **Forest Ecology and Management**, 255, 1283-1293, 2008.

QUADROS, L. C. L.; CARVALHO, J. O. P.; GOMES, J. M.; TAFARREL, M.; SILVA, J. C. L. Sobrevivência e crescimento de mudas de regeneração natural de *Astronium gracile* Engl. em clareiras causadas pela exploração florestal na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 411, 2013.

SANTOS, M. B. Dinâmica da regeneração natural de clareiras naturais na Floresta de Restinga na Ilha do Cardoso, Cananéia/SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, 2007.

SEBBENN, A. M.; DEGEN, B.; AZEVEDO, V. C. R.; SILVA, M. B.; LACERDA, A. E. E.; CIAMPI, A. Y.; ITANASHIRO, M.; CARNEIRO, F. S.; THOMPSON, L.; LOVELLES, M. D. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, 254, 335-349, 2008.

SHEARMAN, P.; BRYAN, J.; LAURANCE, W.F. Are we approaching 'peak timber' in the tropics? **Biological Conservation**, 151: 17-21, 2012.

SCHWARTZ, G.; FALKOWSKI, V.; PEÑA-CLAROS, M. Natural regeneration of tree species in the Eastern Amazon: Short-term responses after reduced-impact logging. **Forest ecology and management**, 385, 97-103. 2017.

SCHWARTZ, G.; LOPES, J.C. Logging in the Brazilian Amazon forest: The challenges of reaching sustainable future cutting cycles. In: Daniels, J.A. (Ed.), **Advances in Environmental Research**, volume 36. Nova, New York, pp. 113-

137, 2015.

SCHWARTZ, G.; LOPES, J. C.; MOHREN, G. M.; & 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.

STRAGLIOTTO, M.C.; PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C. Indústrias madeireiras e rendimento em madeira serrada na Amazônia Brasileira. *Engenharia Florestal: desafios, limites e potencialidades*, 499-518.

ZARIN, D. J.; SCHULZE, M. D.; VIDAL, E.; LENTINI, M. Beyond reaping the first harvest: management objectives for timber production in the Brazilian Amazon. **Conservation Biology**, 21, 916-925, 2007.

CAPÍTULO I

REGENERAÇÃO NATURAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS COMERCIAIS EM CLAREIRAS ARTIFICIAIS DE MANEJO FLORESTAL DE BAIXO IMPACTO NA AMAZÔNIA CENTRAL

RESUMO

O manejo florestal em pequena escala é uma das categorias de manejo mais praticadas por pequenos proprietários do estado do Amazonas. Porém, a falta de informações sobre a capacidade da floresta em recompor os estoques de madeira a longo prazo, impede a melhor compreensão sobre os verdadeiros impactos causados na estrutura e dinâmica da floresta. Dessa maneira, este estudo teve como objetivos investigar a influência das características estruturais da clareira (área e abertura do dossel) na regeneração natural de espécies comerciais em clareiras oriundas da exploração madeireira do estado do Amazonas. Para isso, foi realizado um estudo em uma floresta de terra firme que sofreu exploração no ano de 2020, localizada no município de Silves, Amazonas. Foram selecionadas 64 clareiras, que foram caracterizadas de acordo com a área e abertura do dossel. Foi realizado um diagnóstico da regeneração natural nas clareiras, os indivíduos comerciais acima de 1,3 m foram inventariados. A regeneração natural foi analisada através de indicadores com abundância de mudas, riqueza de espécies, diversidade e composição de espécies comerciais. No presente estudo foi avaliado a regeneração natural de 64 clareiras oriundas de exploração florestal de pequena escala e baixo impacto. Nas clareiras estudadas, foram encontrados 543 indivíduos regenerando, estes indivíduos pertencentes a 68 espécies que estão divididas em 16 famílias. As famílias com maior número de indivíduos foram Burseraceae (53.96%), seguida de Fabaceae (10,87%), Lecythidaceae (5.52%), Myristicaceae e Sapotaceae (5.16%), Moraceae (4,24%), Goupiaceae, e Lauraceae (4.05%), as demais famílias foram representadas com menos de 3% dos indivíduos. No entanto, em relação ao número de espécies por família, a família Fabaceae apresentou o maior número de espécies (17,65%), seguida da família Burseraceae e Lauraceae (14,71%), Sapotaceae (13,24%), e Lecythidaceae (10,29%), as demais famílias compreenderam 29,41% de todas as espécies inventariadas. A abertura do dossel se correlacionou de maneira positiva com a área da clareira, influenciando diretamente da regeneração de espécies comerciais. As clareiras oriundas do manejo florestal em pequena escala criam adequados para regeneração de espécies de valor comercial, favorecendo a regeneração em massa de espécies do gênero *Protium*. Plantios de enriquecimento são necessários para aprimorar e riqueza e composição de espécies.

Palavras-chave: Manejo Florestal em Pequena Escala, Amazônia, Dinâmica Florestal.

ABSTRACT

Small-scale forest management is one of the most practical management categories for smallholders in the state of Amazonas. However, the lack of information on the forest's capacity to replenish timber stocks in the long term prevents a better understanding of the true impacts caused on the structure and dynamics of the forest. Thus, this study aimed to investigate the influence of the structural characteristics of the clearing (area and canopy opening) on the natural regeneration of commercial species in clearings originating from logging in the state of Amazonas. To this end, a study was carried out in a terra firme forest that was logged in 2020, located in the municipality of Silves, Amazonas. Sixty-four clearings were selected and characterized according to area and canopy opening. A diagnosis of natural regeneration in the clearings was carried out, and commercial individuals above 1.3 m were inventoried. Natural regeneration was analyzed through indicators such as seedling abundance, species richness, diversity, and composition of commercial species. In this study, the natural regeneration of 64 clearings originating from small-scale, low-impact forestry was evaluated. In the clearings studied, 543 regenerating individuals were found, these individuals belonging to 68 species that are divided into 16 families. The families with the largest number of individuals were Burseraceae (53.96%), followed by Fabacea (10.87%), Lecythidaceae (5.52%), Myristicaceae and Sapotaceae (5.16%), Moraceae (4.24%), Goupiaceae, and Lauraceae (4.05%), the other families were represented with less than 3% of the individuals. However, regarding the number of species per family, the Fabaceae family had the largest number of species (17.65%), followed by the Burseraceae and Lauraceae families (14.71%), Sapotaceae (13.24%), and Lecythidaceae (10.29%). The other families comprised 29.41% of all inventoried species. Canopy openness correlated positively with the clearing area, directly influencing the regeneration of commercial species. Clearings originating from small-scale forest management create suitable areas for the regeneration of commercially valuable species, favoring the mass regeneration of species of the genus *Protium*. Enrichment plantings are necessary to improve species richness and composition.

Keywords: Small-Scale Forest Management, Amazon, Forest Dynamics.

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais estão sujeitas a diversos tipos de distúrbios que podem ocorrer de forma direta, como a extração de madeira e os incêndios, ou indireta, como a morte de árvores ocasionada por secas e aumento da temperatura, efeitos associados às mudanças climáticas e à fragmentação florestal (Potapov et al., 2017). Esses distúrbios resultam na abertura de espaços no interior da floresta, sobre a superfície do solo e sob aberturas de dossel, os quais são definidos como clareiras (Hammond et al., 2020).

A formação de clareiras, seja em pequena ou grande escala, gera alterações significativas na dinâmica dos ecossistemas florestais, modificando a estrutura e a composição de espécies em diferentes escalas de tempo e espaço (Amir, 2012; Horn, 1985). Fatores como o tamanho das clareiras, a dimensão do dossel, a altura da floresta circundante e a posição topográfica exercem influência direta sobre o estabelecimento, crescimento, abundância, diversidade e composição de espécies arbóreas (Hammond et al., 2020; Hammond & Pokorný, 2020; Nagel et al., 2010; Yang et al., 2023).

A teoria da dinâmica de clareiras sugere que os padrões de recrutamento de espécies dentro dessas aberturas estão relacionados à tolerância à sombra das espécies. Clareiras maiores favorecem o estabelecimento de árvores intolerantes à sombra, enquanto espécies tolerantes à sombra regeneram e crescem melhor em clareiras menores ou mais antigas (Denslow, 1980; Ricklefs, 1977; Wang & Liu, 2011). A disponibilidade de luz, um dos recursos mais limitantes nas florestas tropicais (Rüger et al., 2012), é ampliada com a formação de clareiras, promovendo a germinação e o crescimento de indivíduos já presentes no sub-bosque (Brokaw, 1985).

No manejo florestal, o tamanho das clareiras geradas está diretamente relacionado ao porte das árvores removidas. Árvores de maior diâmetro e copa criam clareiras mais amplas ao serem derrubadas, aumentando a extensão das áreas afetadas e conseqüentemente a disponibilidade de luz (Brokaw, 1982; Lima, 2005). Por outro lado, além das características das clareiras, o tipo de manejo florestal empregado também desempenha um papel crucial na regeneração natural das espécies.

Práticas de manejo florestal de pequena escala, que evitam o uso de máquinas pesadas, minimizam a compactação do solo e os danos à vegetação remanescente. Essa abordagem promove condições mais favoráveis para a regeneração natural, preserva a integridade ecológica da floresta e oferece alternativas economicamente viáveis para pequenos proprietários e comunidades locais (Belart & Bowers, 2021).

Compreender como as características das clareiras e as práticas de manejo florestal influenciam a regeneração de espécies arbóreas comerciais é essencial para desenvolver estratégias sustentáveis de manejo florestal, garantindo a manutenção da biodiversidade e a sustentabilidade dos ecossistemas tropicais. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência do tamanho das clareiras resultantes da exploração madeireira na regeneração natural de espécies arbóreas comerciais, considerando indicadores como abundância, riqueza, diversidade e composição das espécies, dois anos após a formação das clareiras

1.1 MATERIAL E MÉTODOS

1.1.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área localizada na rodovia AM – 363, estrada da várzea, município de Silves, Amazonas. Segundo a Embrapa (1988), a cobertura vegetal no município de Silves é composta por duas formações florestais: a Floresta equatorial subperenifólia e a Floresta Equatorial Higrófila de Várzea.

A temperatura média anual da região é acima de 26° C, precipitação anual entre 2500 e 2800 mm e alta umidade relativa (Alvares et al., 2013). Os meses menos chuvosos (média < 100 mm/mês) ocorre de julho a outubro (Silva et al., 2021) A região apresenta uma variedade de formas de relevo, que variam de áreas planas a fortemente onduladas, e as classes de solo predominante nessa região são o Latossolo Amarelo e Espodossolo, os quais apresentam características distróficas, originadas de sedimentos do Terciário Barreiras, com texturas argilosas e muito argilosas (Abreu & Vieira, 2020).

A coleta de dados foi realizada em clareiras oriundas de árvores que foram exploradas no ano de 2020. A exploração realizada na área foi a de baixo impacto e pequena escala realizada de acordo com as normas e procedimentos

exigidos na resolução CEMAAM nº007/2011. Foram explorados 741 m³ de madeira no ano de 2020. As espécies mais exploradas foram *Goupia glabra*, *Mezilaurus itaúba*, *Zygia racemosa*, *Scleronema micranthum* e *Licaria chrysophylla*. Para este estudo foram amostradas 64 clareiras no total, com tamanhos variando de 82.92 a 690.93 m².

1.1.2 Amostragem

O tamanho de cada clareira foi determinado medindo a distância radial do centro da clareira em direção ao norte, sul, leste, oeste, sudeste, sudoeste, nordeste e noroeste, utilizando a fórmula $A=\pi \times a \times b$. As medidas dos raios foram realizadas com o auxílio de uma bússola e trena a laser. Para determinar a abertura do dossel, foi utilizado o medidor de dossel Plant Canopy Imager CI-110, foram retiradas três fotográficas hemisféricas no centro de cada clareira. Após a determinação da área de cada clareira, estas foram classificadas em Pequenas, Médias e Grandes de acordo com o seu tamanho. As clareiras com uma área menor que 200 m² foram classificadas como pequenas, clareiras medindo entre 200 e 300 m² foram classificadas com médias, e as grandes foram as clareiras cuja área era maior que 300 m². A classificação por tamanho das clareiras foi feita de acordo com a classificação adotada no trabalho de Hammond et al. (2022).

A avaliação da regeneração natural foi realizada apenas para espécies comerciais, ou seja, espécies que são utilizadas para fins madeireiros e não-madeireiros. Para avaliar a regeneração de espécies arbóreas de interesse comercial foram selecionadas nove parcelas medindo 2 x 2 m em cada clareira, sendo uma parcela localizada no centro da clareira e as demais em direção aos pontos cardeais norte (N1 e N2), sul (S1 e S2), leste (L1 e L2) e oeste (O1 e O2). Foi realizado o inventário de todas os indivíduos de espécies comerciais com altura ≥ 1.30 metros presentes em cada parcela. A identificação das espécies foi realizada com a ajuda de um identificador botânico. Posteriormente, as espécies foram classificadas em três grupos ecológicos (espécies adaptadas à luz, intermediárias e tolerantes à sombra), a classificação foi feita com base em classificações anteriores que foram retiradas de artigos publicados, as espécies que não tinham informações sobre seu grupo ecológico foram classificadas como “não identificadas”.

1.1.3 Análise dos dados

A diversidade de espécies na área estudada foi avaliada por meio de curvas de predição (extrapolação) e rarefação (interpolação), baseadas nos números de Hill (Hill, 1973). Esses números representam um conjunto de índices de diversidade que variam conforme o expoente q , o qual determina a sensibilidade do índice à abundância relativa das espécies. Para $q=0$, o índice corresponde à riqueza de espécies observada; para $q=1$, equivale ao exponencial do índice de entropia de Shannon-Wiener, que avalia a riqueza e a abundância das espécies; e para $q=2$, corresponde ao inverso do índice de concentração de Simpson, que atribui maior peso às espécies mais comuns (Chao et al., 2014). O índice de Shannon-Wiener varia de 0, indicando uma comunidade com apenas uma espécie, até valores mais altos, que refletem comunidades com maior diversidade. Já o índice de Simpson estima a probabilidade de dois indivíduos selecionados aleatoriamente pertencerem à mesma espécie (Simpson, 1949).

A abundância das espécies corresponde ao número de indivíduos de cada espécie, enquanto a densidade absoluta foi calculada dividindo-se o número de indivíduos da espécie x pela área da clareira correspondente, expressa em hectares. Esse cálculo reflete o número de indivíduos por unidade de área (mudas/ha) e foi realizado separadamente para cada tamanho de clareira.

Para estimar a distribuição uniforme das espécies dentro das clareiras, foi utilizado o Índice de Uniformidade de Pielou (J) (Pielou, 1966). A similaridade entre a vegetação presente em diferentes tamanhos de clareiras foi calculada utilizando o Índice de Similaridade de Jaccard (Jaccard, 1901).

Para comparar a composição de espécies de plantas entre os diferentes tamanhos de clareiras, foi gerado um diagrama de *Venn* (Bardou et al., 2014). Essa abordagem permitiu identificar as espécies exclusivas de cada tamanho de clareira, bem como aquelas compartilhadas entre os diferentes tamanhos.

Para avaliar se o tamanho da clareira influenciou na densidade da regeneração natural e na composição de espécies comerciais foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, uma vez que o pressuposto da distribuição normal dos resíduos não foi atendido para ANOVA, seguido do teste de Dunn com significância de 0,05.

Para analisar relação entre as características da clareira com a abundância de mudas e riqueza de espécies, foram testadas associações utilizando a correlação de Pearson.

As análises foram realizadas no software livre RStudio, usando os pacotes Vegan e iNEXT para calcular os índices de diversidade baseado nos números de Hill, e os pacotes CAR, sjPlot, para realizar o teste de Kruskal-wallis e teste de Dunn. Ainda, para confecção dos gráficos foi usado o pacote ggplot2.

1.2 RESULTADOS

1.2.1 Diversidade da regeneração natural de clareiras de exploração

No presente estudo foi avaliado a regeneração natural de 64 clareiras oriundas de exploração florestal de pequena escala e baixo impacto. Nas 64 clareiras estudadas, foram encontrados 543 indivíduos regenerando, estes indivíduos pertencem a 68 espécies que estão divididas em 16 famílias (Tabela 1). As famílias com maior número de indivíduos foram Burseraceae (53.96%), seguida de Fabacea (10,87%), Lecythidaceae (5.52%), Myristicaceae e Sapotaceae (5.16%), Moraceae (4,24%), Goupiaceae, e Lauraceae (4.05%), as demais famílias foram representadas com menos de 3% dos indivíduos. No entanto, em relação ao número de espécies por família, a família Fabaceae apresentou o maior número de espécies (17,65%), seguida da família Burseraceae e Lauraceae (14,71%), Sapotaceae (13,24%), e Lecythidaceae (10,29%), as demais famílias compreenderam 29,41% de todas as espécies inventariadas.

Tabela 1. Composição das espécies regenerando nas clareiras de diferentes tamanhos na Amazônia Central. Os grupos ecológicos (G.E) são definidos como T.S - tolerante à sombra; INT. – Intermediário; E. L – exigente de luz e; N.I – não identificado. D.A – Densidade Absoluta.

Família	Espécie	G. E	Abund. Total	<200 m ²		200-300 m ²		>300 m ²	
				Abund.	D. A	Abund.	D. A	Abund.	D. A
Apocynaceae	<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll.Arg.	T. S	1	1	70	0	0	0	0
Bursaceae	<i>Protium apiculatum</i> Swart	T. S	139	46	3231	49	2002	44	1079
	<i>Protium decandrum</i> (Aubl.) Marchand	T. S	82	22	1545	21	858	39	956
	<i>Protium giganteum</i> Engl.	T. S	3	1	70	0	0	2	49
	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	T. S	4	4	281	0	0	0	0
	<i>Protium nitidifolium</i> (Cuatrec.) Daly	E. L	3	3	211	0	0	0	0
	<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	T. S	31	10	702	5	204	16	392
	<i>Protium strumosum</i> Daly	N. I	1	0	0	0	0	1	25
	<i>Protium subserratum</i> (Engl.) Engl.	T. S	19	3	211	7	286	9	221
	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	T. S	5	0	0	3	123	2	49
	<i>Trattinnickia glaziovii</i> Swart	T. S	6	0	0	0	0	6	147
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	T. S	1	1	70	0	0	0	0
Caryocaraceae	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	E. L	7	1	70	1	41	5	123
	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	E. L	5	1	70	2	82	2	49
Combretaceae	<i>Buchenavia macrophylla</i> Spruce ex Eichler	E. L	1	0	0	0	0	1	25
	<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	T. S	3	1	70	1	41	1	25
Coulaceae	<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.	T. S	2	1	70	1	41	0	0
Fabaceae	<i>Andira micrantha</i> Ducke	INT.	4	2	140	0	0	2	49
	<i>Bocoa viridiflora</i> (Ducke) R.S.Cowan	T. S	4	3	211	1	41	0	0
	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	E. L	2	0	0	2	82	0	0
	<i>Diplotropis triloba</i> Gleason	N. I	1	0	0	0	0	1	25
	<i>Hymenolobium heterocarpum</i> Ducke	N. I	1	0	0	1	41	0	0
	<i>Hymenolobium modestum</i> Ducke	N. I	1	0	0	0	0	1	25
	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i> Ducke	T. S	1	0	0	0	0	1	25
	<i>Swartzia corrugata</i> Benth.	N. I	8	3	211	3	123	2	49

Tabela 1. Continuação...

Família	Espécie	G. E	Abund.	<200 m ²		200-300 m ²		>300 m ²	
				Abund.	D. A	Abund.	D. A	Abund.	D. A
Fabaceae	<i>Tachigali paniculatum</i> Aubl.	T. S	1	1	70	0	0	0	0
	<i>Tachigali venusta</i> Aubl.	N. I	1	0	0	1	41	0	0
	<i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	T. S	34	18	1264	5	204	11	270
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	E. L	22	4	281	7	286	11	270
Humiriaceae	<i>Duckesia verrucosa</i> (Ducke) Cuatrec.	N. I	1	1	70	0	0	0	0
	<i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme	N. I	1	0	0	0	0	1	25
Lauraceae	<i>Aniba canelilla</i> (Kunth) Mez	T. S	6	3	211	1	41	2	49
	<i>Aniba ferrea</i> Kubitzki	N. I	3	0	0	3	123	0	0
	<i>Aniba hostmanniana</i> (Nees) Mez	N. I	1	0	0	1	41	0	0
	<i>Aniba panurensis</i> (Meisn.) Mez	T. S	1	0	0	1	41	0	0
	<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke	T. S	1	0	0	1	41	0	0
	<i>Licaria aritu</i> Ducke	N. I	2	2	140	0	0	0	0
	<i>Licaria canella</i> (Meisn.) Kosterm.	T. S	1	1	70	0	0	0	0
	<i>Licaria chrysophylla</i> (Meisn.) Kosterm.	N. I	3	2	140	0	0	1	25
	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	T. S	3	2	140	0	0	1	25
	<i>Ocotea matogrossensis</i> Vattimo	N. I	1	1	70	0	0	0	0
Lecythidaceae	<i>Eschweilera atropetiolata</i> S.A.Mori	T. S	3	3	211	0	0	0	0
	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A.Mori	T. S	5	1	70	3	123	1	25
	<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	T. S	9	6	421	1	41	2	49
	<i>Eschweilera pedicellata</i> (Rich.) S.A.Mori	T. S	1	1	70	0	0	0	0
	<i>Eschweilera tessmannii</i> R.Knuth	T. S	1	0	0	0	0	1	25
	<i>Eschweilera truncata</i> A.C.Sm.	T. S	8	4	281	2	82	2	49
	<i>Eschweilera wachenheimii</i> (Benoist) Sandwith	N. I	3	0	0	3	123	0	0
Malvaceae	<i>Scleronema micranthum</i> (Ducke) Ducke	INT.	15	8	562	3	123	4	98
Melastomataceae	<i>Mouriri collocarpa</i> Ducke	E. L	1	0	0	1	41	0	0
Moraceae	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber ex Ducke	T. S	4	2	140	1	41	1	25

Tabela 1. Continuação...

Família	Espécie	G. E	Abund.	<200 m ²		200-300 m ²		>300 m ²	
				Abund.	D. A	Abund.	D. A	Abund.	D. A
Moraceae	<i>Brosimum potabile</i> Ducke	T. S	2	0	0	0	0	2	49
	<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) J.F.Macbr.	E. L	17	4	281	2	82	11	270
Myristicaceae	<i>Iryanthera lancifolia</i> Ducke	N. I	4	1	70	2	82	1	25
	<i>Virola michelii</i> Heckel	T. S	16	4	281	6	245	6	147
	<i>Virola molissima</i> (A.DC.) Warb.	E. L	5	1	70	1	41	3	74
	<i>Virola multinervia</i> Ducke	T. S	2	0	0	2	82	0	0
	<i>Virola pavonis</i> (A.DC.) A.C.Sm.	N. I	1	1	70	0	0	0	0
	<i>Chrysophyllum amazonicum</i> T.D.Penn.	N. I	3	1	70	2	82	0	0
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> subsp. <i>balata</i> (Ducke) T.D.Penn.	T. S	10	2	140	2	82	6	147
	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> subsp. <i>spurium</i> (Ducke) T.D.Penn.	T. S	4	1	70	0	0	3	74
	<i>Pouteria filipes</i> Eyma	T. S	5	2	140	1	41	2	49
	<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.	T. S	2	1	70	0	0	1	25
	<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	T. S	1	0	0	0	0	1	25
	<i>Pouteria manaosensis</i> (Aubrév. & Pellegr.) T.D.Penn.	T. S	1	1	70	0	0	0	0
	<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma	T. S	1	0	0	0	0	1	25
	<i>Pouteria vernicosa</i> T.D.Penn.	N. I	1	0	0	0	0	1	25
Total			543	182	12.783	150	6.128	211	5.174

Em relação ao número de espécies por tamanho de clareira, observou-se que as clareiras pequenas apresentaram a maior riqueza de espécies (44 espécies), seguida pelas clareiras grandes (41 espécies) e médias (37 espécies). O diagrama de Venn (Figura 1) evidenciou que cada categoria de clareira (grandes, médias e pequenas) possui um conjunto de espécies exclusivas, ou seja, aquelas que não são compartilhadas com os outros tamanhos de clareiras.

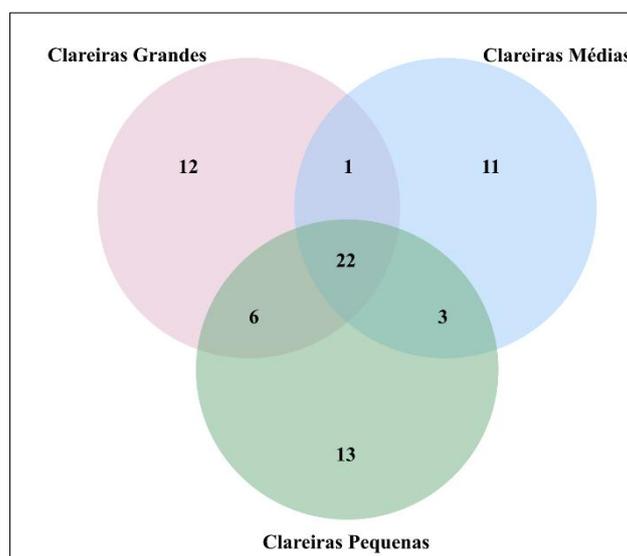


Figura 1. Diagrama de Venn formado a partir do número de espécies regenerando nos diferentes tamanhos de clareiras.

Além das espécies exclusivas, o diagrama de Venn também revelou uma sobreposição significativa na composição de espécies entre os diferentes tamanhos de clareiras. Essa sobreposição indica a presença de espécies generalistas, capazes de se estabelecer em mais de um tipo de ambiente. Essa sobreposição foi quantificada por meio do Índice de Similaridade de Jaccard (Tabela 2), que apresentou valores moderados a altos para todos os pares de clareiras analisados, indicando que a composição de espécies entre clareiras de diferentes tamanhos possui alta similaridade ($ISS > 0,5$). Esses resultados reforçam que, apesar das diferenças de tamanho, há um considerável compartilhamento de espécies entre as clareiras.

Tabela 2. Comparação da similaridade de espécies da regeneração natural de diferentes tamanhos de clareiras.

Tamanhos de Clareiras	Índice de Similaridade de Jaccard
Clareiras grandes x Clareiras médias	0,67
Clareiras médias x Clareiras pequenas	0,68
Clareiras pequenas x Clareiras grandes	0,69

Na curva de rarefação (Figura 2), é possível observar que a riqueza ($q=0$) de espécies arbóreas comerciais não é diferente entre os três tamanhos de clareiras, pois os intervalos de confiança se sobrepõem. Ainda, é possível observar nas linhas de extrapolação que com um esforço de coleta maior o número de espécies também aumentaria, indicando que nem toda diversidade dentro das clareiras foi capturada. Nas clareiras pequenas, a extrapolação máxima (400 indivíduos) estima um aumento de até 28 espécies, enquanto para clareiras grandes e médias o aumento no número de espécies seria de 19 e 21 espécies, respectivamente.

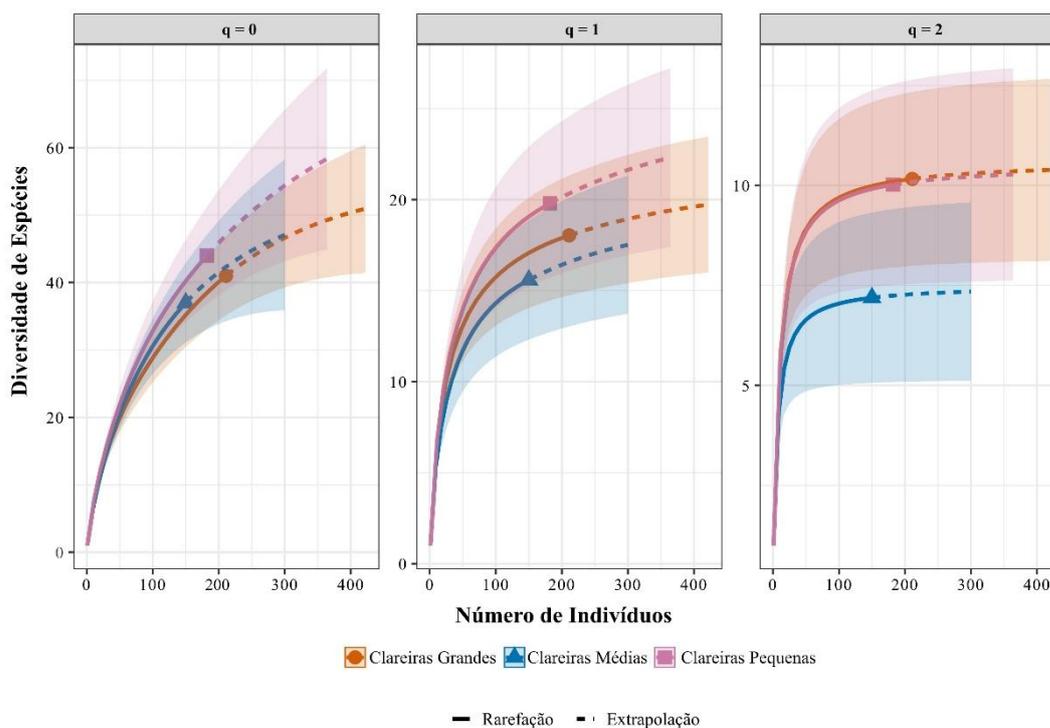


Figura 2. Curva de rarefação e extrapolação com intervalos de confiança de 95% para os dados de espécies arbóreas comerciais da regeneração natural de clareiras de exploração de diferentes tamanhos. As curvas comparam o valor de riqueza de espécies ($q=0$), diversidade de Shannon ($q=2$) e dominância de Simpson ($q=3$) da regeneração natural.

Em relação à diversidade, as clareiras pequenas apresentaram a maior riqueza de espécies ($q_0 = 44$), seguida pelas clareiras grandes ($q_0 = 41$) e médias ($q_0 = 37$). Esse padrão foi corroborado pelo índice de Shannon-Wiener (q_1), que também indicou maior diversidade nas clareiras pequenas ($19,79 \pm 3,04$), seguidas pelas clareiras grandes ($18,04 \pm 1,82$) e médias ($15,59 \pm 2,43$) (Tabela 3). O índice de Simpson (q_2), que reflete a dominância das espécies, mostrou valores similares para clareiras pequenas ($10,02 \pm 1,54$) e grandes ($10,16 \pm 1,60$), indicando que ambas são dominadas por poucas espécies. Já as clareiras médias apresentaram um valor menor ($7,19 \pm 1,16$), sugerindo uma dominância menos acentuada. No entanto, uma análise mais detalhada da abundância revelou que as clareiras pequenas, médias e grandes apresentaram 37,36%, 46,67% e 39,34% de sua abundância representada por apenas duas espécies, *Protium apiculatum* Swart e *Protium decandrum* (Aubl.) Marchand, respectivamente.

A análise da distribuição da abundância relativa das espécies revelou que poucas espécies dominam o ambiente, enquanto a maioria é representada por espécies raras, resultando em baixa equitabilidade. Esse padrão foi corroborado pelo índice de Equitabilidade de Pielou (J), que apresentou valores semelhantes entre as clareiras, variando de 0,66 a 0,69.

Tabela 3. Medidas de diversidade de espécies arbóreas comerciais da regeneração natural de clareiras grandes, médias e pequenas.

Tamanho da Clareira	Abundância	Riqueza (q_0)	Shannon (q_1)	Simpson (q_2)	Pielou (J)
Grande	211	41	18,04±1,82	10,16±1,60	0,66
Média	150	37	15,59±2,43	7,19±1,16	0,67
Pequena	182	44	19,79±3,04	10,02±1,54	0,69

1.2.2 Densidade e Composição de Espécies Comerciais

Nos diferentes tamanhos de clareiras, pequenas, médias e grandes, foi possível observar uma densidade absoluta de 12.783, 6.128 e 5.174 mudas/ha, respectivamente. Quando comparada a média da densidade de regeneração nas clareiras pequenas (290 ± 95 mudas/ha) observou-se que a regeneração nesse tamanho de clareira foi significativamente superior à regeneração encontrada

nas clareiras grandes (126 ± 41 mudas/ha; $p=0,0013$) e médias (165 ± 71 mudas/ha; $p= 0,0396$) (Figura 3). Entretanto, para a média da densidade de regeneração dos indivíduos entre os grupos ecológicos não foi observado diferença significativa ($p= 0.8325$).

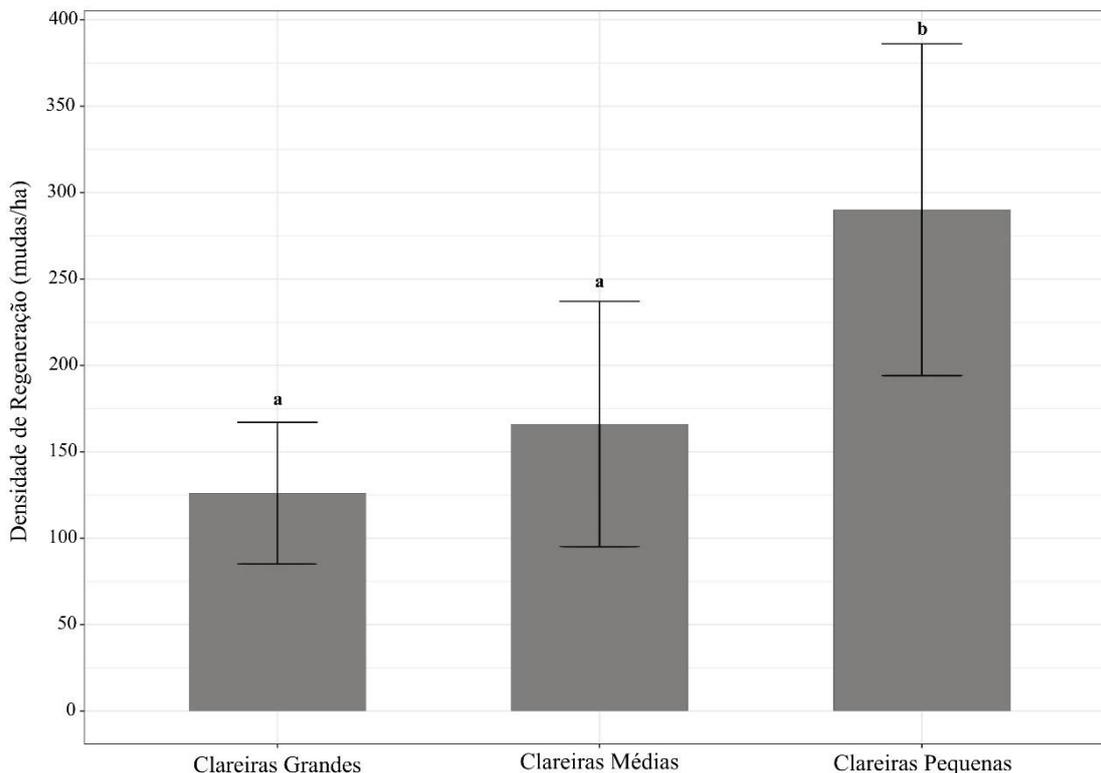


Figura 3. Densidade da regeneração de espécies arbóreas em clareiras de diferentes tamanhos; médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Dunn ($p < 0,05$).

Com relação à composição da regeneração das espécies comerciais nas clareiras, foi observado que nos três tamanhos de clareiras houve predominância de espécies tolerantes à sombra (Figura 4). Em todas as clareiras esse grupo ecológico apresentou uma dominância de mais de 50% do total de espécies. A densidade de regeneração de indivíduos das espécies tolerantes à sombra foi influenciada pelos tamanhos das clareiras ($p= 0.0157$; Figura 4), com a densidade de regeneração em clareiras pequenas (10.254 mudas/ha) sendo duas vezes maior do que em clareiras grandes (3.997 mudas/ha) e médias (4.657 mudas/ha).

A densidade de regeneração dos indivíduos das espécies intermediárias também foi afetada pelo tamanho da clareira ($p= 0.052$; Figura 4). As clareiras pequenas apresentaram uma densidade significativamente maior, com 913

mudas/ha, valor aproximadamente três vezes maior do que o observado nas clareiras grandes (196 mudas/ha) e quatro vezes maior do que nas clareiras médias (245 mudas/ha). Por outro lado, a regeneração dos indivíduos das espécies exigentes de luz não diferiu entre os tamanhos de clareiras ($p= 0.402$; Figura 4).

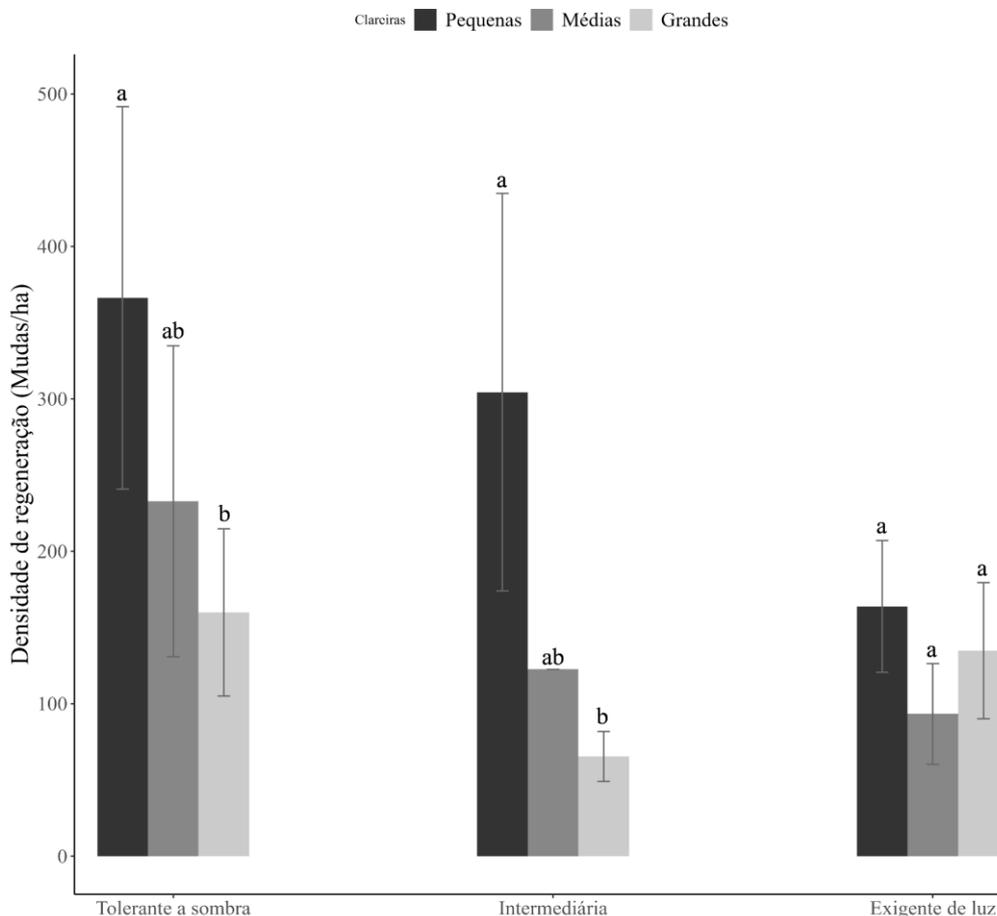


Figura 4. Análise comparativa da densidade da composição de indivíduos arbóreas da regeneração natural de clareiras com diferentes tamanhos. Barras seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

1.2.3 Correlação entre abundância e riqueza com as características da clareira.

Foi observada uma correlação positiva e significativa entre a abertura do dossel e a área da clareira. Conforme aumenta a área da clareira, a abertura do dossel tende a aumentar. Em clareiras pequenas de 100 a 200 m², foi observado um valor de abertura de dossel variando de 9% a 34%, enquanto em clareiras grandes, acima de 300 m² foi observado um valor de abertura de dossel em

média de 26%, alcançando até 50% de abertura de dossel em uma única clareira.

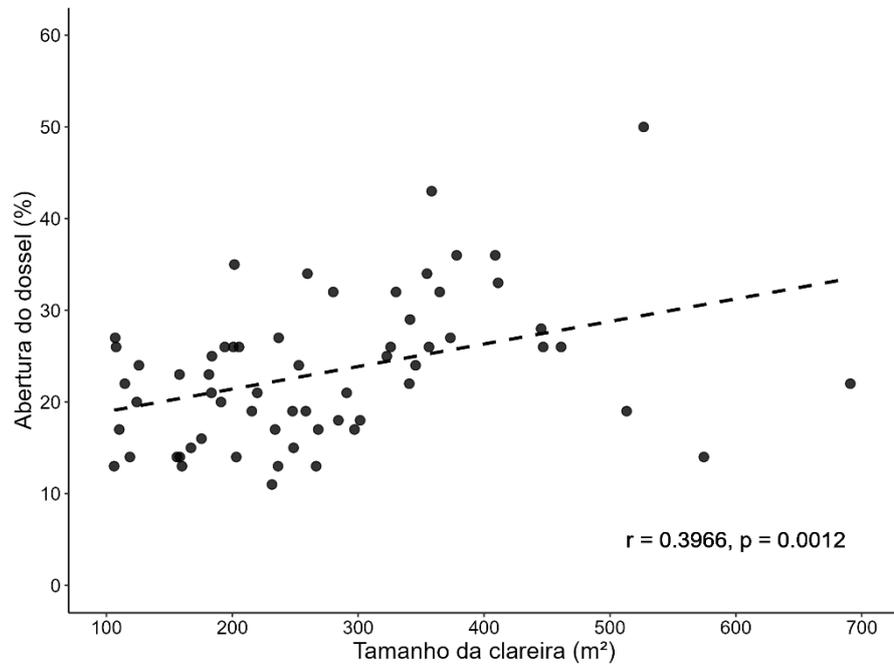


Figura 5. Gráfico de dispersão da associação entre a abertura do dossel e área da clareira.

A abundância de mudas comerciais não se associou com a área da clareira. Embora tenha existido uma tendência, não foi suficiente para influenciar a regeneração de mudas de espécies comerciais nas clareiras de exploração.

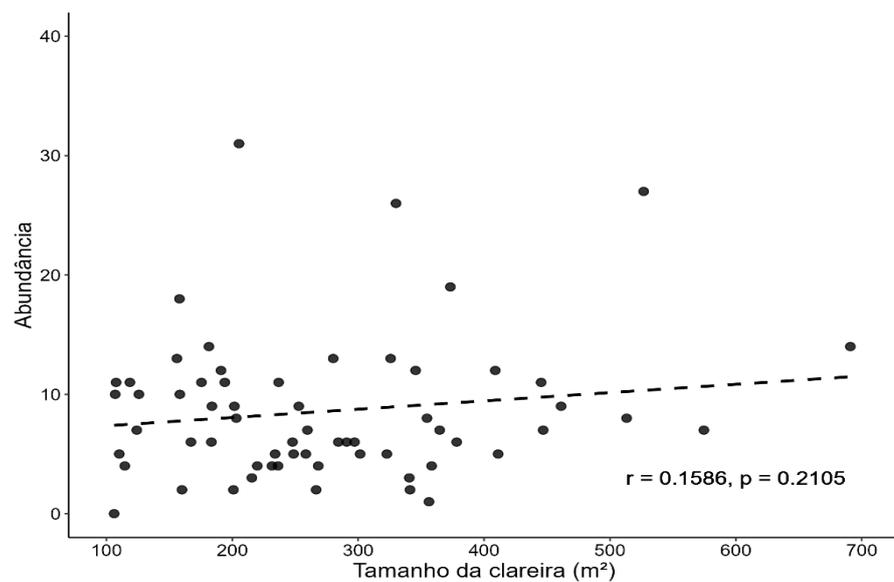


Figura 6. Gráfico de dispersão da associação entre a abundância de mudas e área da clareira.

A riqueza de espécies comerciais não esteve associada de maneira positiva com a área da clareira.

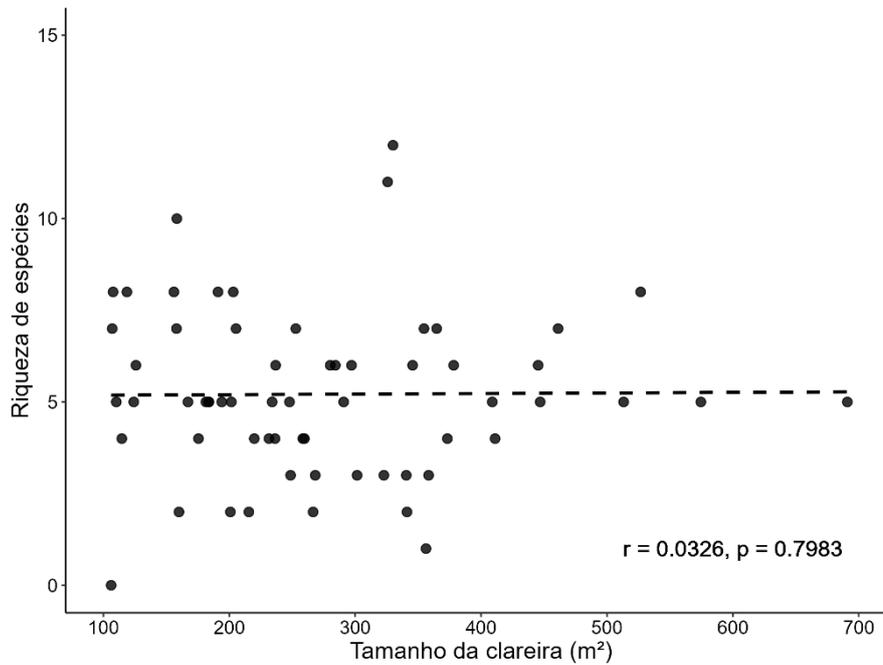


Figura 7. Gráfico de dispersão da associação entre a riqueza de espécies e a área da clareira.

Em relação a abundância de mudas comerciais e a abertura de dossel, foi constatada uma correlação positiva e significativa. Conforme aumenta a abertura dossel, aumenta também a regeneração de mudas comerciais nas clareiras de exploração. As mudas de espécies do gênero *Protium* se favoreceram dessa abertura de dossel, pois, são espécies que germinam e se estabelecem nesses ambientes com maior incidência de luz, com maior destaque para as espécies de *Protium apiculatum* e *Protium decandrum*.

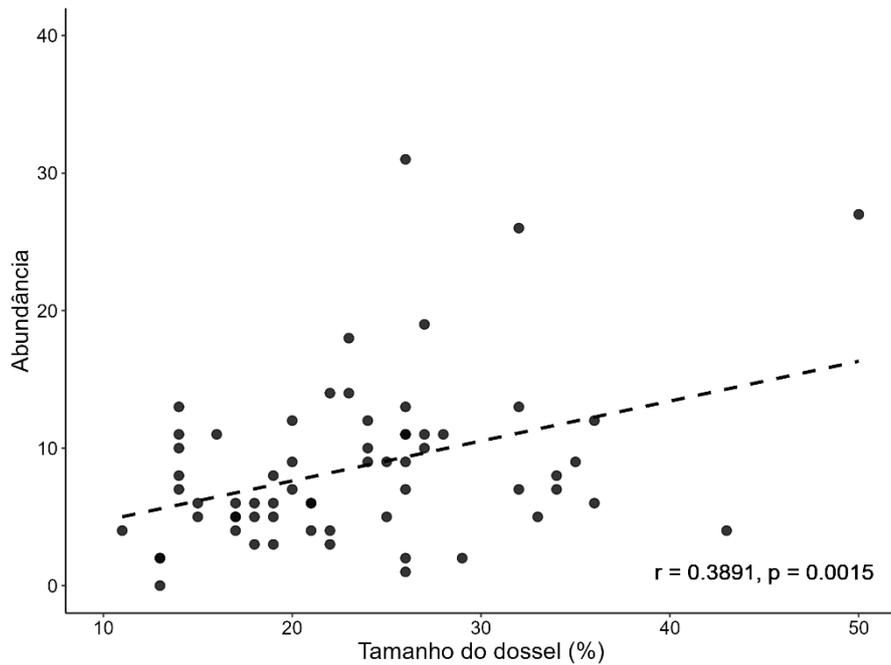


Figura 8. Gráfico de dispersão da associação entre a abundância de mudas e abertura do dossel.

Não foi observada uma correlação significativa entre a riqueza de espécies comerciais e a abertura do dossel. Embora tenha uma tendência positiva, indicando que à medida que a abertura do dossel aumenta, a riqueza de espécies comerciais nas clareiras de exploração tende a aumentar.

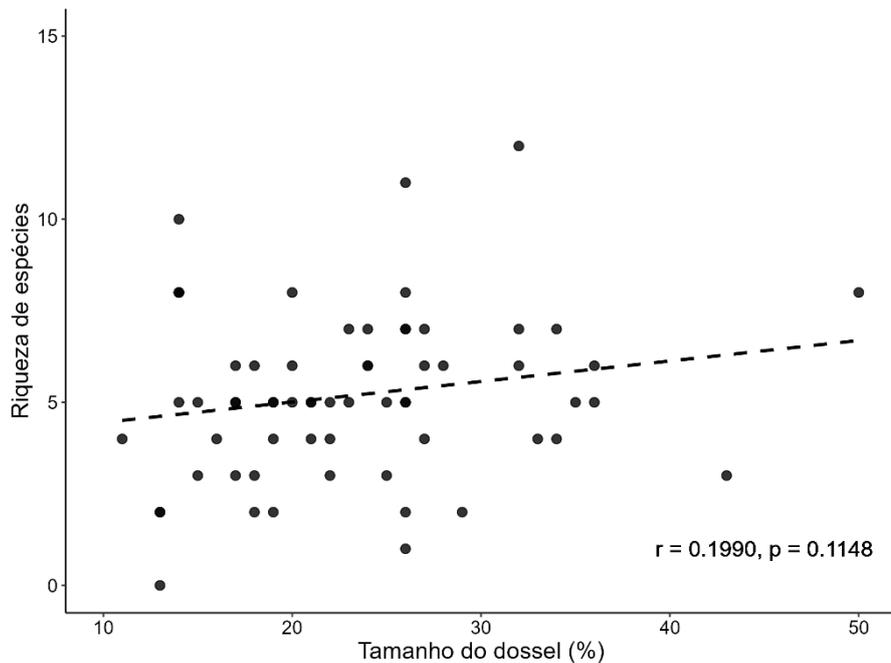


Figura 9. Gráfico de dispersão da associação entre a riqueza de espécies e abertura de dossel.

1.3 DISCUSSÃO

Os estudos sobre a regeneração natural de espécies arbóreas comerciais em áreas de clareiras são essenciais para identificar os níveis de impacto do manejo florestal sobre essas florestas. No presente estudo, o número de mudas de espécies comerciais regenerando nas clareiras foi de 543 indivíduos, um valor semelhante ao registrado em clareiras de florestas tropicais úmidas. Em pesquisas realizadas em áreas com diferentes intensidades de perturbação, observou-se 542 mudas regenerando em clareiras, enquanto em florestas de Gana, submetidas ao manejo florestal sustentável, foram encontradas 480 mudas em clareiras (Hammond et al., 2021, 2022).

Essa expressiva regeneração observada nas clareiras estudadas pode ser atribuída ao tipo de manejo implementado, caracterizado por baixa escala e impacto reduzido, o que dispensa o uso de máquinas pesadas. Essa abordagem minimiza danos à floresta remanescente e ao solo, favorecendo o sucesso da regeneração natural, dado que a compactação excessiva do solo causada por máquinas pesadas pode prejudicar esse processo (D'Oliveira et al., 2007).

Nas clareiras investigadas, a família Burseraceae foi responsável por mais de 50% da abundância de indivíduos, corroborando sua representatividade em inventários florísticos de florestas tropicais da Amazônia brasileira (Leitão Filho, 1987; Mendes et al., 2013). A família Fabaceae destacou-se como a mais rica em espécies, sendo amplamente dispersa e hiperdominante na região amazônica (Terborgh & Andresen, 1998). Espécies do gênero *Protium*, um dos cinco gêneros mais abundantes na Bacia Amazônica (Jardine et al., 2020), dominaram a regeneração nas clareiras, possivelmente devido a um banco de sementes persistente no solo, cuja germinação é estimulada pela maior incidência de luz.

As clareiras criam condições favoráveis para a regeneração natural devido à alta incidência de radiação, que promove a germinação e o crescimento de diferentes espécies, contribuindo para a diversidade nesse ambiente (Denslow, 1980). O tamanho das clareiras é um importante preditor da composição de espécies, determinando o sucesso na colonização das plantas (Čater et al., 2014). No presente estudo, a abertura do dossel esteve correlacionada ao tamanho das clareiras, influenciando diretamente o processo

de sucessão, uma vez que a composição de espécies varia entre clareiras grandes e pequenas (Martins et al., 1999). Técnicas de exploração de

vem ser planejadas para criar condições que favoreçam tanto espécies pioneiras quanto tolerantes à sombra (Silva, 1989; Jardim et al., 2007).

Em estudos na Amazônia, clareiras com áreas acima de 700 m² e aberturas de dossel superiores a 27% apresentaram melhores resultados de regeneração natural (D'Oliveira et al., 2010). Entretanto, em relação à densidade de regeneração de espécies comerciais, observou-se que clareiras menores proporcionam melhores condições devido à combinação de níveis moderados de luz difusa e baixos níveis de luz direta, criando um microclima mais favorável à retenção de umidade e nutrientes no solo (Bagnato et al., 2021).

A composição de espécies também é influenciada por fatores abióticos (ex.: luz, temperatura, umidade do solo) e bióticos (ex.: qualidade do húmus, microflora e macroflora), correlacionados ao tamanho das clareiras (Van Dam, 2001). Espécies exigentes de luz tendem a ser recrutadas em clareiras maiores, enquanto espécies tolerantes à sombra predominam em clareiras menores e respondem melhor às condições de baixa irradiância (Muscolo et al., 2014). No presente estudo, espécies tolerantes à sombra e intermediárias foram dominantes, exceto em clareiras grandes, onde espécies exigentes de luz apresentaram maior densidade.

Essa predominância de espécies tolerantes à sombra pode estar associada à regeneração ecológica, caracterizada pela substituição sequencial de espécies exigentes de luz por tolerantes à sombra e pela rápida mortalidade das primeiras (Hammond & Pokorný, 2020). Além disso, a plasticidade fisiológica e morfológica dessas espécies confere uma vantagem competitiva no ambiente de clareiras (Muscolo et al., 2014).

Perturbações decorrentes de atividades antrópicas criam oportunidades para regeneração natural, aumentando a composição e riqueza de espécies, embora características como o tamanho e a idade das clareiras influenciem diretamente esses processos (Whitmore, 1978). A abertura do dossel favorece principalmente a regeneração de espécies pioneiras, mas valores elevados de abertura devem ser planejados para não comprometer o equilíbrio ecológico. Estudos recomendam aberturas de dossel de até 38% para maximizar a regeneração de espécies desejáveis (D'Oliveira et al., 2010; Putz, 1984).

Apesar das condições favoráveis criadas pelas clareiras, fatores como a disponibilidade de propágulos podem limitar a regeneração, sendo necessário considerar práticas como o plantio de enriquecimento para aumentar a densidade e riqueza de espécies comerciais (Schwartz et al., 2013).

Portanto, compreender a dinâmica da regeneração natural em clareiras, considerando as limitações de cada tipo de floresta e as variáveis ambientais envolvidas, é fundamental para aprimorar o manejo florestal e direcionar a regeneração para fins específicos.

1.4 CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que o tamanho das clareiras e a abertura do dossel influenciam a regeneração de espécies comerciais na Amazônia Central. As clareiras de diferentes tamanhos beneficiam igualmente os grupos ecológicos, como regeneração nas três classes de tamanho.

O manejo florestal em pequena escala mostrou-se eficiente para a recuperação da vegetação, destacando a importância de práticas sustentáveis. Estratégias como o plantio de enriquecimento podem aprimorar a composição de espécies regenerando naturalmente nas clareiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, N. R. P. De, & Vieira, A. F. S. G. (2020). Classificação de Unidades Ambientais na Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Sanabani (BHS), em Silves-Amazonas. *Ateliê Geográfico*, 14(3), 192–217.

Aguiar, S. H. S.; Carvalho, J. O. P.; Ruschel, A. R.; Ramos, E. M. L. S.; Rocha, E. S.; Castro, T. C.; Silva, B. M. F. Dinâmica da regeneração natural de espécies madeireiras durante três décadas da exploração florestal na Floresta Nacional do Tapajós, Brasil. *Scientia Forestalis*, v. 47, n. 121, p. 157-166, 2019.

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Amaral, P. H. C.; Veríssimo, J. A. O.; Vidal, E. J. D. Floresta para sempre: Um manual para a produção de madeira na Amazônia. Belém: Imazon, 1998. P. 130.

Amir, A. A. (2012). Canopy gaps and the natural regeneration of Matang mangroves. *Forest Ecology and Management*, 269, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.12.040>

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, 0. 225-235, 2017.

Bagnato, S., Marziliano, P. A., Sidari, M., Mallamaci, C., Marra, F., & Muscolo, A. (2021). Effects of Gap Size and Cardinal Directions on Natural Regeneration, Growth Dynamics of Trees outside the Gaps and Soil Properties in European Beech Forests of Southern Italy. *Forests*, 12(11), 1563. <https://doi.org/10.3390/f12111563>

Belart, F., & Bowers, S. (2021). Small-Scale Harvesting for Woodland Owners. Oregon State University Extension Service, 15.

Brokaw, N. V. L. (1985). Gap-Phase Regeneration in a Tropical Forest. *Ecology*, 66(3), 682–687. <https://doi.org/10.2307/1940529>

Bulfe, N. M. L.; Galvão, F.; Filho, A. F.; Donagh, P. M. Efeitos da exploração convencional e de impacto reduzido em uma floresta estacional semidecidual na província de Misiones, nordeste da Argentina. *FLORESTA*, v. 39, n. 2, p. 365-379, 2009.

Čater, M., Diaci, J., & Roženberger, D. (2014). Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. *Forest Ecology and Management*, 325, 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.001>

Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45–67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>

Connell, J. H., & Lowman, M. D. (1989). Low-Diversity Tropical Rain Forests: Some Possible Mechanisms for Their Existence. *The American Naturalist*, 134(1), 88–119. <https://doi.org/10.1086/284967>

D'Arace, L. M. B. Regeneração natural em clareiras após a colheita florestal na Amazônia oriental. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2019.

D'Oliveira, M. V. N. Regeneração florestal em clareiras artificiais após dois anos de abertura de dossel no Estado do Acre- Amazônia Ocidental. Rio Branco, AC. EMBRAPA, p. 76, 2009.

D'Oliveira, M. V. N., Araújo, H. J. B., Correia, M. F., & Silva, M. P. (2007). Manejo Florestal Sustentável na Pequena Propriedade. In *Embrapa Acre* (Vol. 106).

D'Oliveira, M. V. N.; Ribas, L, A. Forest regeneration in artificial gaps twelve years after canopy opening in Acre State Westers Amazon. *Forest Ecology and Management*, 261, 1722-1731, 2011.

Denslow, J. S. (1980). Gap Partitioning among Tropical Rainforest Trees. *Biotropica*, 12(2), 47. <https://doi.org/10.2307/2388156>

Duguid, M. C., Frey, B. R., Ellum, D. S., Kelty, M., & Ashton, M. S. (2013). The influence of ground disturbance and gap position on understory plant diversity in

upland forests of southern New England. *Forest Ecology and Management*, 303, 148–159. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.018>

Emmert, F. Combinação de dados de campo e métodos computacionais para o planejamento da exploração florestal na Amazônia. Tese de Doutorado. Universidade Nacional de Brasília, DF, 2014.

Hammond, M. E., & Pokorný, R. (2020). Diversity of Tree Species in Gap Regeneration under Tropical Moist Semi-Deciduous Forest: An Example from Bia Tano Forest Reserve. *Diversity*, 12(8), 301. <https://doi.org/10.3390/d12080301>

Hammond, M. E., Pokorný, R., Abugre, S., & Gyedu, A. (2022). Natural regeneration in logging gaps of different sizes in Subri River Forest Reserve (Ghana). *Journal of Forestry Research*, 33(4), 1157–1174. <https://doi.org/10.1007/s11676-021-01435-4>

Hammond, M. E., Pokorný, R., Dobrovolný, L., Hiitola, N., & Friedl, M. (2020). Effect of gap size on tree species diversity of natural regeneration - case study from Masaryk Training Forest Enterprise Křtiny. *Journal of Forest Science*, 66(10), 407–419. <https://doi.org/10.17221/78/2020-JFS>

Hammond, M. E., Pokorný, R., Okae-Anti, D., Gyedu, A., & Obeng, I. O. (2021). The composition and diversity of natural regeneration of tree species in gaps under different intensities of forest disturbance. *Journal of Forestry Research*, 32(5), 1843–1853. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01269-6>

Hartshorn, G. S. (1980). Neotropical Forest Dynamics. *Biotropica*, 12(2), 23. <https://doi.org/10.2307/2388152>

Higuchi, N.; Oliveira Filho, A. T.; Silva, A. C.; Machado, E. L. M.; Santos, R. M.; Pifano, D. S. Dinâmica da comunidade arbórea em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, Minas Gerais, em diferentes classes de solos. *Revista Árvore*, 32, 417-426, 2008.

Hill, M. O. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), 427–432. <https://doi.org/10.2307/1934352>

Horn, H. S. (1985). *Ecological Disequilibria: The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. S. T. A. Pickett and P. S. White, Eds. Academic Press,

Orlando, Fla., 1985. xvi, 472 pp., illus. \$49. *Science*, 230(4724), 434–435. <https://doi.org/10.1126/science.230.4724.434>

Hubbell, S. P., Foster, R. B., O'Brien, S. ., Harms, K. E., Condit, R., Wechsler, B., Wright, S. J., & Loo de Lao, S. (1999). Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. *Science*, 283, 554–557. <https://doi.org/10.1126/ciência.283.5401.554>

Jardim, F. C. S.; Serrão, D. R.; Nemer, T. C. Efeito de diferentes de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. *Acta Amazônica*, v. 37, n. 1, p. 37-48, 2007.

Jardine, K. J., Zorzanelli, R. F., Gimenez, B. O., Oliveira Piva, L. R. de, Teixeira, A., Fontes, C. G., Robles, E., Higuchi, N., Chambers, J. Q., & Martin, S. T. (2020). Leaf isoprene and monoterpene emission distribution across hyperdominant tree genera in the Amazon basin. *Phytochemistry*, 175, 112366. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2020.112366>

Jucker, T., Bongalov, B., Burslem, D. F. R. P., Nilus, R., Dalponte, M., Lewis, S. L., Phillips, O. L., Qie, L., & Coomes, D. A. (2018). Topography shapes the structure, composition and function of tropical forest landscapes. *Ecology Letters*, 21(7), 989–1000. <https://doi.org/10.1111/ele.12964>

Karsten, R. J.; Jovanovic, M.; Melby, H.; Perales, R.; Reynel, C. Regeneration in canopy gaps of tierra-firme forest in the Perivien Amazon: Comparing reduced impact logging and natural, unmagged forests. *Forest Ecology and Management*, 310, 663-671, 2013.

Leitão Filho, H. de F. (1987). Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. *IPEF*, 35, 41–46.

Lhotka, J. M. (2013). Effect of gap size on mid-rotation stand structure and species composition in a naturally regenerated mixed broadleaf forest. *New Forests*, 44(3), 311–325. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9319-7>

Martins, E. P.; Oliveira, A. D.; Scolforo, J. R. S. Avaliação dos danos causados pela exploração florestal à vegetação remanescente em florestas naturais. *Cerne*, v. 3, n. 1, p. 14-24, 1997.

Martins, S. V. Aspectos da dinâmica de clareira em uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1999.

Mendes, F. da S., Silva Jardim, F. C. da, Carvalho, J. O. P. de, Souza, D. V., Araújo, C. B., Oliveira, M. G. de, & Leal, E. da S. (2013). Dinâmica da estrutura da vegetação do sub-bosque sob influência da exploração em uma floresta de terra firme no município de Moju - PA. *Ciência Florestal*, 2, 377–389.

Muscolo, A., Bagnato, S., Sidari, M., & Mercurio, R. (2014). A review of the roles of forest canopy gaps. *Journal of Forestry Research*, 25(4), 725–736. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0521-7>

Naaf, T., & Wulf, M. (2007). Effects of gap size, light and herbivory on the herb layer vegetation in European beech forest gaps. *Forest Ecology and Management*, 244(1–3), 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.04.020>

Nagel, T. A., Svoboda, M., Rugani, T., & Diaci, J. (2010). Gap regeneration and replacement patterns in an old-growth *Fagus–Abies* forest of Bosnia–Herzegovina. *Plant Ecology*, 208(2), 307–318. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9707-z>

Obiri, J. A. F., & Lawes, M. J. (2004). Chance versus determinism in canopy gap regeneration in coastal scarp forest in South Africa. *Journal of Vegetation Science*, 15(4), 539–547. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02293.x>

Potapov, P., Hansen, M. C., Laestadius, L., Turubanova, S., Yaroshenko, A., Thies, C., Smith, W., Zhuravleva, I., Komarova, A., Minnemeyer, S., & Esipova, E. (2017). The last frontiers of wilderness: Tracking loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013. *Science Advances*, 3(1), 1–14. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600821>

Putz, F. E. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*, 19, 334-341, 1984.

Ricklefs, R. E. (1977). Environmental Heterogeneity and Plant Species Diversity: A Hypothesis. *The American Naturalist*, 111(978), 376–381. <https://doi.org/10.1086/283169>

Rüger, N., Wirth, C., Wright, S. J., & Condit, R. (2012). Functional traits explain light and size response of growth rates in tropical tree species. *Ecology*, 93(12), 2626–2636. <https://doi.org/10.1890/12-0622.1>

Schwartz, G. Lopes, J. C. A.; Peña-Claros, M. Post-harvesting silvicultural treatments in logging gaps: A comparison between enrichment planting and teadinf of natural regeneration. *Forest Ecology and Management*, 293, 57-64, 2013.

Silva, D. T. C., BARBOSA., DOS SANTOS, M. L. V., DA SILVA, A. C., BRITO, G., RODRIGUES, J. T., & DE ALMEIDA, H. M. (2021). Caracterização Climatológica da Cidade de Manaus/AM. *Biodiversidade Brasileira - BioBrasil*, 11(4), 60–71. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i4.1780>

Silva, J. N. M. The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian amazon after logging. Doctor Thesis. University of Oxford, Oxford, 1989, 302 p.

Simpson, E. H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 163, 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>

ter Steege, H., Pitman, N. C. A., Sabatier, D., Baraloto, C., Salomão, R. P., Guevara, J. E., Phillips, O. L., Castilho, C. V., Magnusson, W. E., Molino, J.-F., Monteagudo, A., Núñez Vargas, P., Montero, J. C., Feldpausch, T. R., Coronado, E. N. H., Killeen, T. J., Mostacedo, B., Vasquez, R., Assis, R. L., ... Silman, M. R. (2013). Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science*, 342(6156). <https://doi.org/10.1126/science.1243092>

Terborgh, J., & Andresen, E. (1998). The composition of Amazonian forests: patterns at local and regional scales. *Journal of Tropical Ecology*, 14(5), 645–664. <https://doi.org/10.1017/S0266467498000455>

Van Breugel, M., Bongers, F., & Martínez-Ramos, M. (2007). Species Dynamics During Early Secondary Forest Succession: Recruitment, Mortality and Species Turnover. *Biotropica*, 39(5), 610–619. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00316.x>

Van Dam, O. (2001). Forest filled with gaps: effects of gap size on water and nutrient cycling in tropical rain forest – a study in Guyana (Tropenbos-Guyana Programme (ed.)).

Wang, G., & Liu, F. (2011). The influence of gap creation on the regeneration of *Pinus tabulaeformis* planted forest and its role in the near-natural cultivation strategy for planted forest management. *Forest Ecology and Management*, 262(3), 413–423. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.007>

Whitmore, T. C. Gaps in the forest canopy. In: Tamlinson, P. B.; Zimmermann, M. H. *Tropical trees as living systems*. New York: Cambridge University Press, p. 639-655, 1978.

Wright, S. J., Muller-Landau, H. C., Condit, R., & Hubbell, S. P. (2003). GAP-DEPENDENT RECRUITMENT, REALIZED VITAL RATES, AND SIZE DISTRIBUTIONS OF TROPICAL TREES. *Ecology*, 84(12), 3174–3185. <https://doi.org/10.1890/02-0038>

Yang, X., Li, J., Fan, N., Wang, Y., & Zhang, Z. (2023). Effects of Gap Size on Natural Regeneration in *Picea asperata* Forests of Northern China. *Forests*, 14(10), 2102. <https://doi.org/10.3390/f14102102>

Zenner, E. K., Kabrick, J. M., Jensen, R. G., Peck, J. E., & Grabner, J. K. (2006). Responses of ground flora to a gradient of harvest intensity in the Missouri Ozarks. *Forest Ecology and Management*, 222(1–3), 326–334. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.10.027>

Zimmer, H. C., Offord, C. A., Auld, T. D., & Baker, P. J. (2016). Establishing a Wild, Ex Situ Population of a Critically Endangered Shade-Tolerant Rainforest Conifer: A Translocation Experiment. *PLOS ONE*, 11(7), e0157559. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157559>

CAPÍTULO II

CRESCIMENTO E MORTALIDADE DE ESPÉCIES COMERCIAIS EM PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO EM CLAREIRAS DE EXPLORAÇÃO DE MANEJO FLORESTAL EM PEQUENA ESCALA NO MÉDIO AMAZONAS.

RESUMO

O manejo de recursos florestais madeireiros de forma inadequada no decorrer dos anos trouxe consigo algumas consequências, afetando o desenvolvimento de novas espécies em decorrência da perda de diversidade biológica da floresta. O manejo florestal de baixo impacto surgiu como uma alternativa para minimizar esses impactos, permitindo a exploração dos recursos florestais, aliada a conservação da floresta. Com a exploração florestal são abertas muitas clareiras no interior da floresta, dando início ao processo de regeneração natural, que muitas vezes é insuficiente para repor os estoques de madeira a longo prazo, sendo necessário a adoção de tratamentos silviculturais. Diante do exposto, esse estudo avaliou o crescimento (altura e diâmetro) e mortalidade de oito espécies comerciais plantadas em clareiras de exploração no interior do estado do Amazonas. Para isso, foram plantadas mudas de Cumaru (*Dipteryx odorata*), Ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*), Mogno (*Swietenia macrophylla*), Castanheira (*Bertholletia excelsa*), andiroba (*Carapa guianensis*), Seringueira (*Hevea brasiliensis*), Tauari (*Cariniana micrantha*) e Jatobá (*Hymenaea courbaril*) em clareiras de exploração. Foram selecionadas 64 clareiras para o plantio, 32 clareiras receberam o tratamento de liberação. o tratamento consistiu em eliminar as plantas competidoras em um raio de 1 metro a partir da projeção de copa das espécies plantadas. O crescimento (altura e diâmetro) foi realizado em visitas bimestrais. Os dados foram analisados por meio da correlação de Pearson e teste T de Student. Os resultados evidenciaram que o crescimento das mudas variou conforme a espécie e as características estruturais das clareiras. O cumaru apresentou melhores resultados de crescimento em diâmetro conforme aumenta a área da clareira. O mogno apresentou correlação negativa ($r = -0,43$, $p = 0,042$) em altura e ($r = -0,49$, $p = 0,018$) em diâmetro nas clareiras com tratamento de liberação. As espécies de Tauari e Seringueira também apresentaram correlações significativas com as características da clareira. As demais espécies, embora tenham apresentado tendência, não foi significativa. Para garantir êxito no plantio de enriquecimento é necessário selecionar as espécies de maneira criteriosa, aquelas mais adaptáveis e que possuem crescimento rápido e não necessitem de muitas intervenções.

Palavras-chave: Manejo florestal em pequena escala, Clareiras de exploração, Regeneração artificial, *Cariniana Micrantha*, *Swietenia macrophylla*.

ABSTRACT

The inadequate management of timber forest resources over the years has had some consequences, affecting the development of new species due to the loss of biological diversity in the forest. Low-impact forest management emerged as an alternative to minimize these impacts, allowing the exploitation of forest resources, combined with forest conservation. With forest exploitation, many clearings are opened within the forest, initiating the natural regeneration process, which is often insufficient to replenish timber stocks in the long term, requiring the adoption of silvicultural treatments. In view of the above, this study evaluated the growth (height and diameter) and mortality of eight commercial species planted in exploitation clearings in the interior of the state of Amazonas. For this purpose, seedlings of Cumaru (*Dipteryx odorata*), Ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*), Mahogany (*Swietenia macrophylla*), Chestnut (*Bertholletia excelsa*), Andiroba (*Carapa guianensis*), Seringueira (*Hevea brasiliensis*), Tauari (*Cariniana micrantha*) and Jatobá (*Hymenaea courbaril*) were planted in exploration gaps. Sixty-four gaps were selected for planting, 32 of which received the release treatment. The treatment consisted of eliminating competing plants within a radius of 1 meter from the canopy projection of the planted species. Growth (height and diameter) was performed in bimonthly visits. Data were analyzed using Pearson's correlation and Student's t-test. The results showed that seedling growth varied according to the species and the structural characteristics of the gaps. Cumaru showed better growth results in diameter as the clearing area increased. Mahogany showed a negative correlation ($r = -0.43$, $p = 0.042$) in height and ($r = -0.49$, $p = 0.018$) in diameter in the clearings with release treatment. The species Tauari and Seringueira also showed significant correlations with the characteristics of the clearing. The other species, although they showed a trend, were not significant. To ensure success in enrichment planting, it is necessary to select the species carefully, those that are more adaptable and have fast growth and do not require many interventions.

Keywords: Small-scale forest management, Exploitation clearings, Artificial regeneration, *Cariniana Micrantha*, *Swietenia macrophylla*.

INTRODUÇÃO

A floresta amazônica abriga a maior diversidade do planeta, mas, passa por constantes ameaças, devido ao aumento no consumo de produtos florestais madeireiros e não madeireiros (IMAZON, 2010; Gomes et al., 2010). Com a finalidade de aperfeiçoar a produção madeireira, aliada a conservação da floresta, nos últimos anos foram adotadas estratégias sustentáveis. Nesse contexto, destaca-se as técnicas exploração de impacto reduzido, consistindo na implementação de técnicas menos agressivas, planejando todas as atividades de pré e pós-exploração (Zarin et al., 2007; Schwartz et al., 2013)

A exploração de impacto reduzido, dentro do manejo florestal, permite a produção de madeira em ciclos de corte distintos (Holmes et al., 2002) e garante a manutenção dos serviços ecossistêmicos da floresta (Espada et al., 2014), minimizando os impactos, através de técnicas como a queda direcionada e corte de lianas, deixando um ambiente menos perturbado (Bulfe et al., 2009)

Com a exploração madeireira, são abertas clareiras no interior da floresta, com diferentes formas e tamanhos, determinando a quantidade de luz que chegará ao interior da clareira, influenciando no processo de sucessão ecológica (Jardim et al., 2007), e, deixando incertezas se a regeneração será suficiente para repor os estoques de madeira a longo prazo (Schwartz et al., 2013).

Os cenários pós-colheita podem proporcionar ambientes dominados por lianas e espécies sem valor comercial, resultando na regeneração insuficiente de espécies comerciais (Frederiksen e Putz, 2003). Então, quando a regeneração natural não é suficiente para repor os estoques de madeira ao longo dos ciclos de corte, o plantio de enriquecimento torna-se uma alternativa viável para aprimorar os mecanismos de regeneração (Keefe et al., 2009; D'Oliveira e Ribas, 2011).

Alguns estudos demonstram que o plantio em clareiras de exploração requer planejamento e, sobretudo, conhecer o comportamento das espécies é fundamental para garantir bom desempenho em campo (Gomes et al., 2019). Segundo Schwartz et al., (2013), as espécies utilizadas no plantio devem ser de interesse comercial, adaptadas as condições locais e, preferencialmente, nativas da região, que possuam altas taxas de crescimento, buscando diminuir os custos com manutenção. Por exemplo Keefe et al., (2019) em um estudo avaliando a

espécie de *Schizolobium amazonicum* em clareira da exploração do estado do Pará, observaram crescimento em diâmetro de 2,14 cm/ano, evidenciando o potencial da espécie, não necessitando de intervenções trimestrais para garantir seu crescimento.

Conhecer a importância de alguns fatores, como as características da clareira no processo de planejamento do plantio é importante para proporcionar ambientes adequados para o estabelecimento inicial e crescimento das mudas. Segundo Ribeiro et al., (2011) alguns fatores estruturais da clareira, como abertura do dossel possuem relação direta com o desenvolvimento inicial das mudas plantadas, conforme aumenta a abertura do dossel maior será a incidência de luz no interior da clareira.

As características estruturais das clareiras como tamanho e abertura do dossel podem proporcionar ambientes adequados para o estabelecimento inicial de algumas espécies. Em outros casos, é necessário a adoção de tratamentos silviculturais nos plantios de enriquecimento, aprimorando o crescimento em altura e diâmetro, promovendo a reestruturação da floresta (Neves et al., 2020). Em estudo avaliando o crescimento e mortalidade de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* durante os anos de 2005 a 2011, foi observado um crescimento em altura, apesar de não estatisticamente significativo, nas clareiras com tratamento silvicultural, evidenciando que eliminação de plantas indesejáveis proporciona mais luz e menos competição por nutrientes do solo, estimulando o crescimento das mudas (Gomes et al., 2019).

A variedade de espécies selecionadas para exploração na Amazônia é extensa (Brito, 2000). Porém, as respostas sobre a regeneração natural e artificial ainda são insuficientes, sendo necessário compreender a resposta dessas espécies quando inseridas via plantio de enriquecimento. Segundo Quanz et al., (2012), os estudos referentes a regeneração natural e artificial estão em crescente, mas abrange somente uma pequena parcela de espécies que são exploradas na Amazônia, sendo necessário diversificar as espécies, principalmente aquelas com potencial econômico e ecológico.

Este trabalho teve como objetivos avaliar o crescimento (altura e diâmetro) e a mortalidade das espécies inseridas via plantio de enriquecimento nas clareiras de exploração madeireira no estado do Amazonas, comparando dois tratamentos: 1) clareiras com tratamento de liberação; 2) clareiras sem

tratamento de liberação. Ademais, buscou-se avaliar a influência das características da clareira (abertura de dossel e área da clareira) no crescimento e sobrevivência das espécies.

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em dois planos de manejo florestal em pequena escala, localizados na Rodovia AM – 363 (estrada da várzea), no município de Silves, interior do estado do Amazonas. São duas propriedades rurais familiares, o sítio Jatobá que possui área de efetivo manejo florestal de 75,8 ha. A segunda propriedade o sítio Santa Izabel possui área de 87,3 ha sob manejo florestal. Foram explorados nas duas propriedades 741 m³ de madeira. As duas áreas foram exploradas em 2020, seguindo os procedimentos estabelecidos pela resolução CEMAAM n° 007/2013 que regulamenta a categoria de manejo florestal em pequena escala no estado do Amazonas.

O clima da região segundo a classificação de Koppen é do tipo “Am”, tropical úmido, com temperatura média anual de 26,7°C (Kottek et al., 2006). A precipitação média anual gira em torno de 2.500 mm, com maiores intensidades nos meses de janeiro a maio (Silva et al., 2021). O solo predominante na região é o Latossolo Amarelo Distrófico, com perfis de horizontes A, B e C (Abreu e Silva, 2020). A floresta da região caracteriza-se como de Floresta Tropical Densa, ocorrendo em dois ecossistemas distintos: 1° Floresta das Baixas altitudes, ocupando platôs terciários. O 2° é a Floresta de Submontana, ocupando áreas com médias e altas altitudes (Goeldi, 2008).

2.1.2 Caracterização das clareiras

O trabalho ocorreu em duas etapas: em maio de 2022 foram selecionadas 20 clareiras e, em março de 2023 foram selecionadas 44 clareiras. As clareiras foram caracterizadas quanto ao tamanho e abertura do dossel. O tamanho da clareira foi determinado mensurando a distância radial do centro da clareira nas direções norte, sul, leste, oeste, sudeste, sudoeste, nordeste e noroeste. Para determinar a abertura do dossel, foi utilizado o medidor de dossel Plant Canopy Imager CI-110. Foram retiradas três fotografias hemisféricas no centro de cada

clareira. As fotografias hemisféricas foram analisadas software do próprio medidor de dossel, ajustando os filtros de céu, vegetação e limites de borda.

2.1.3 Plantio de enriquecimento

Para o primeiro plantio, realizado em maio de 2022, foram utilizadas mudas de cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Forsyth f.), totalizando 200 mudas distribuídas em 20 clareiras. As mudas de cumaru tinham em média 57 cm de altura quando foram levadas a campo e plantadas. As mudas foram estabelecidas em um espaçamento de 5 x 5 m, ajustado conforme o tamanho de cada clareira. Para o preparo dos berços, com dimensões de 40 x 40 x 40 cm, foi realizada a aplicação de 230 g de calcário como condicionador do solo 30 dias antes do plantio. No momento do plantio, foram adicionados adubos minerais, incluindo 100 g de superfosfato triplo, 20 g de ureia, 20 g de cloreto de potássio e 10 g de um composto de micronutrientes (FTE BR12), visando atender às exigências nutricionais das mudas.

Em março de 2023, foi realizado um novo plantio de enriquecimento, envolvendo sete espécies arbóreas: ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose), seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.), mogno (*Swietenia macrophylla* King), tauari (*Cariniana micrantha* Ducke), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e castanheira-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). O plantio foi realizado em 44 clareiras, totalizando 434 mudas. Destas, foram plantadas 150 mudas de *H. serratifolius*, 92 de *S. macrophylla*, 56 de *H. brasiliensis*, 44 de *C. micrantha*, 38 de *H. courbaril*, 31 de *B. excelsa* e 23 de *C. guianensis*. As mudas tinham em médio 48,5 cm no momento do plantio. Todos os procedimentos adotados seguiram os mesmos critérios estabelecidos no primeiro plantio.

2.1.4 Tratamento silvicultural de liberação

O tratamento silvicultural de liberação foi aplicado em 32 clareiras, sendo 10 oriundas do primeiro plantio, realizado em 2022, e 22 do segundo plantio, realizado em 2023. Esse tratamento foi iniciado logo após o plantio nas clareiras selecionadas e consistiu na remoção de espécies vegetais sem valor comercial dentro de um raio de 1 metro a partir da projeção da copa das mudas plantadas. O objetivo principal dessa prática foi eliminar a competição por recursos

essenciais, como água, nutrientes do solo e, principalmente, luz solar. O manejo foi mantido ao longo do experimento, sendo realizado durante as visitas bimestrais, ajustando-se ao crescimento das espécies não comerciais presentes nas clareiras.

2.1.5 Coleta e Análise de dados

A coleta dos dados foi realizada em visitas bimestrais, durante as quais foram medidos o crescimento das mudas (diâmetro e altura) com o auxílio de paquímetro digital e régua hipsométrica, além do registro da mortalidade. Foram realizadas mensurações até o dia 02/07/2024.

Para analisar a relação entre o crescimento e a mortalidade das mudas com as características estruturais das clareiras (como abertura do dossel e área da clareira), utilizou-se o coeficiente de correlação de *Pearson*.

Para comparar as clareiras submetidas ou não ao tratamento de liberação, os valores médios de crescimento e sobrevivência das mudas foram analisados por meio do teste T de Student (bicaudal, $\alpha = 5\%$). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software livre R (R Core Team, 2024).

2.2 RESULTADOS

2.2.1 Relação geral entre crescimento e estrutura das clareiras

2.2.1.1 Plantio de *Dipteryx odorata*

Foi constatado que a área das clareiras não influenciou significativamente o crescimento das mudas de *D. odorata*, tanto em altura ($r = -0,05$, $p = 0,430$) quanto em diâmetro ($r = 0,04$, $p = 0,483$). De forma semelhante, o tamanho da abertura do dossel também não apresentou efeito significativo sobre o crescimento em altura ($r = 0,03$, $p = 0,592$), apesar da correlação positiva sugerir um potencial incremento associado ao aumento na abertura. No entanto, para o crescimento em diâmetro, observou-se uma correlação positiva e significativa com a abertura do dossel ($r = 0,14$, $p = 0,015$), indicando que condições de maior luminosidade podem favorecer o desenvolvimento diamétrico das mudas, mesmo que o efeito seja sutil (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficientes de correlação de Pearson e valor de p geral do crescimento em diâmetro e altura das mudas de cumaru.

Espécie	Variável	Área da clareira (r)	ρ	Abertura do dossel (r)	ρ
<i>Dipteryx odorata</i>	Altura	-0,05	0,430	0,03	0,592
	Diâmetro	0,04	0,483	0,14	0,015*

Valores significativos ($\rho < 0,05$) indicados com (*).

2.2.1.2 Plantio misto

A análise de correlação de Pearson entre o crescimento das mudas (altura e diâmetro) e a área da clareira e abertura do dossel, sem considerar os tratamentos aplicados nas clareiras, revelou padrões variáveis entre as sete espécies avaliadas. Embora nenhuma correlação tenha alcançado significância estatística, foram identificadas algumas tendências relevantes. A Andiroba (*C. guianensis*) apresentou uma correlação negativa moderada entre a área da clareira e a altura das mudas ($r = -0,42$; $p = 0,075$), sugerindo uma possível redução no crescimento em clareiras maiores. Por outro lado, a Castanheira (*B. excelsa*) demonstrou correlações positivas, embora não significativas, entre a área da clareira e o diâmetro das mudas ($r = 0,27$; $p = 0,350$), indicando uma tendência de crescimento mais favorável em clareiras de maior extensão. O Ipê-amarelo (*H. serratifolius*) exibiu correlações fracas e não significativas com ambos os fatores ambientais, o que sugere uma baixa sensibilidade às variações de área da clareira e abertura do dossel no intervalo estudado. Já o Tauari (*C. micrantha*) destacou-se com a maior correlação positiva entre a área da clareira e a altura das mudas ($r = 0,47$; $p = 0,090$), indicando uma possível tendência de crescimento mais expressivo em clareiras de maior tamanho (Tabela 2)

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson e valor de p geral do crescimento em diâmetro e altura das mudas do plantio.

Espécie	Variável	Área da clareira (r)	ρ	Abertura do dossel (r)	ρ
<i>Carapa guianensis</i>	Altura	-0,42	0,075	-0,15	0,541
	Diâmetro	-0,33	0,168	0,03	0,915
<i>Bertholletia excelsa</i>	Altura	0,11	0,714	0,25	0,395
	Diâmetro	0,27	0,350	0,18	0,540
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Altura	-0,12	0,337	0,13	0,315
	Diâmetro	-0,10	0,425	0,19	0,123
<i>Hymenaea courbaril</i>	Altura	0,36	0,096	0,16	0,487
	Diâmetro	0,37	0,094	0,08	0,728
<i>Swietenia macrophylla</i>	Altura	-0,05	0,753	0,27	0,079
	Diâmetro	-0,17	0,289	0,22	0,160
<i>Hevea brasiliensis</i>	Altura	0,11	0,535	0,28	0,110
	Diâmetro	0,21	0,241	0,17	0,337
<i>Cariniana micrantha</i>	Altura	0,47	0,090	-0,11	0,703
	Diâmetro	-0,007	0,982	0,12	0,694

Valores significativos ($\rho < 0.05$) indicados com (*).

2.2.2 Influência do tratamento silvicultural de liberação

2.2.2.1 Plantio de *Dipteryx odorata*

Nas clareiras submetidas ao tratamento de liberação de espaço, não foram detectados efeitos significativos da área das clareiras sobre o crescimento das mudas de cumaru, seja em altura ($r = -0,07$, $p = 0,344$) ou em diâmetro ($r = 0,04$, $p = 0,582$). De maneira semelhante, a abertura do dossel também não apresentou influência significativa no crescimento em altura ($r = -0,06$, $p = 0,474$) ou em diâmetro ($r = 0,02$, $p = 0,752$). Esses resultados, corroborados pelo teste T de Student, confirmam que o tratamento de liberação não resultou em ganhos significativos no crescimento das mudas. A altura média das mudas nas clareiras com tratamento foi de 77,89 cm, enquanto nas clareiras sem tratamento foi de 78,70 cm ($p = 0,788$). De forma similar, o diâmetro médio foi de 8,65 mm nas clareiras com tratamento e de 8,30 mm nas clareiras sem tratamento ($p = 0,109$). Esses achados sugerem que, sob as condições avaliadas, os recursos disponíveis, como luz e nutrientes, não foram suficientemente limitantes para que o tratamento promovesse diferenças expressivas no crescimento das mudas.

Nas clareiras sem tratamento de liberação, por outro lado, observou-se que a área das clareiras não teve influência significativa no crescimento das mudas, tanto em altura ($r = 0,01$, $p = 0,895$) quanto em diâmetro ($r = -0,002$, $p = 0,981$). No entanto, a abertura do dossel revelou-se um fator determinante. Para o crescimento em altura, a correlação foi positiva e estatisticamente significativa ($r = 0,25$, $p = 0,039$), indicando que mudas localizadas em clareiras com maior abertura de dossel beneficiaram-se de maior disponibilidade de luz, o que favoreceu o incremento em altura. Em relação ao diâmetro, a correlação foi ainda mais expressiva ($r = 0,40$, $p < 0,001$), demonstrando que a maior entrada de luz proporcionada por clareiras mais abertas foi crucial para o acúmulo de biomassa e expansão diamétrica das mudas (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson do crescimento em diâmetro e altura das mudas de *Cumaru* nas clareiras com tratamento e sem tratamento de liberação.

Espécie	Variável	Tratamento de Liberação				Controle			
		Área da clareira	ρ	Abertura do dossel	ρ	Área da clareira	ρ	Abertura do dossel	ρ
D. odorata	Altura	-0,07	0,344	-0,06	0,474	0,01	0,895	0,25	0,039
	Diâmetro	0,04	0,582	0,02	0,752	-0,002	0,981	0,40	0,001*

Valores significativos ($p < 0,05$) indicados com (*).

2.2.2.2 Plantio misto

Nas clareiras submetidas ao tratamento silvicultural de liberação os resultados de crescimento em altura e diâmetro mostrou variações entre as espécies. Na maioria dos resultados não apresentando correlação com a área de clareira e abertura do dossel. Somente o mogno apresentou correlação positiva e significativa com a área da clareira, tanto para altura ($r = -0,43$, $p = 0,042$), como também para o diâmetro ($r = -0,049$, $p = 0,018$). Em relação a abertura do dossel destaca-se a seringueira com crescimento significativo em altura ($r = 0,59$, $p = 0,008$) e diâmetro ($r = 0,54$, $p = 0,017$). A *C. micrantha*

apresentou crescimento significativo em diâmetro ($r = 0,89$, $p = 0,045$) com a abertura do dossel (Tabela 4).

Nas clareiras sem tratamento silvicultural de liberação os resultados de correlação entre as sete espécies analisadas foram baixos, indicando que as condições de competição natural, as características estruturais das clareiras podem não ser os principais determinantes para o desempenho das mudas. Apenas duas espécies apresentaram correlação positiva e significativa, o *S. macrophylla* ($r = 0,53$, $p = 0,021$) e *C. micrantha* ($r = 0,70$, $p = 0,034$) ambas com a área da clareira (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson do crescimento em diâmetro e altura das mudas no plantio nas clareiras com tratamento e sem tratamento de liberação.

Espécie	Variável	Tratamento de Liberação		Controle	
		Área da clareira	Abertura do dossel	Área da clareira	Abertura do dossel
<i>C. guianensis</i>	Altura	-0,37	-0,26	-0,39	-0,07
	Diâmetro	-0,45	-0,22	0,03	0,23
<i>B. excelsa</i>	Altura	0,01	0,23	0,55	0,39
	Diâmetro	0,23	0,31	0,93	-0,58
<i>H. serratifolius</i>	Altura	-0,12	0,29	-0,09	0,15
	Diâmetro	-0,19	0,30	0,01	0,23
<i>H. courbariul</i>	Altura	0,46	0,32	0,14	0,008
	Diâmetro	0,43	0,11	0,23	0,05
<i>S. macrophylla</i>	Altura	-0,43*	0,22	0,53*	0,41
	Diâmetro	-0,49*	0,11	0,36	0,38
<i>H. brasiliensis</i>	Altura	-0,02	0,59*	0,28	0,12
	Diâmetro	0,09	0,54*	0,22	0,03
<i>C. micrantha</i>	Altura	0,22	0,28	0,70*	-0,17
	Diâmetro	-0,03	0,89*	-0,02	0,02

Valores significativos ($p < 0,05$) indicados com (*).

Como observado o mogno apresentou bons resultados de crescimento nas clareiras com e sem tratamento de liberação. Acreditamos que o tratamento silvicultural tenha acentuado algum estresse da planta, como a baixa disponibilidade de água em função da alta incidência luminosa em clareiras grandes. Enquanto nas clareiras sem tratamento, acreditamos que o efeito sobre o crescimento em altura está relacionado ao seu grupo ecológico, uma espécie exigente de luz, estando em cenário de competição, a espécie irá maximizar a distribuição dos seus fotoassimilados para o seu crescimento em altura. Da mesma forma para espécie de tauari, que em ambientes de competição irá

direcionar seu crescimento em altura para vencer a competição com as espécies circundantes.

Apesar das análises utilizando o coeficiente de correlação de Pearson indicarem correlação significativa em alguns casos. Como pode ser observado na figura 1, o teste T mostrou que apenas a espécie de *C. guianensis* obteve crescimento estatisticamente significativo entre os tratamentos, com crescimento significativo em diâmetro nas clareiras sem tratamento silvicultural de liberação. Em relação ao crescimento em altura nas clareiras com e sem tratamento, o teste T mostrou que não ocorreu diferenças significativas no crescimento (Figura 1)

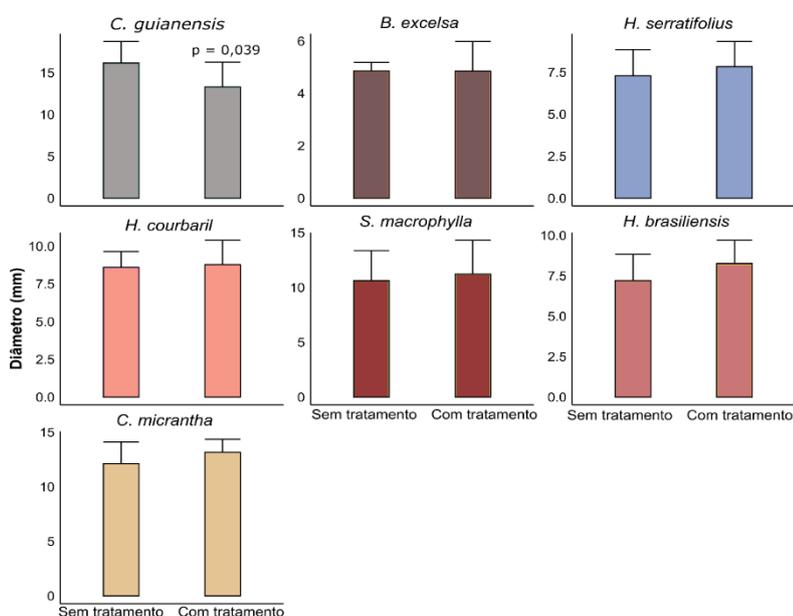


Figura 1: Teste t de Student para comparação do crescimento em diâmetro das mudas nas clareiras com e sem tratamento de liberação.

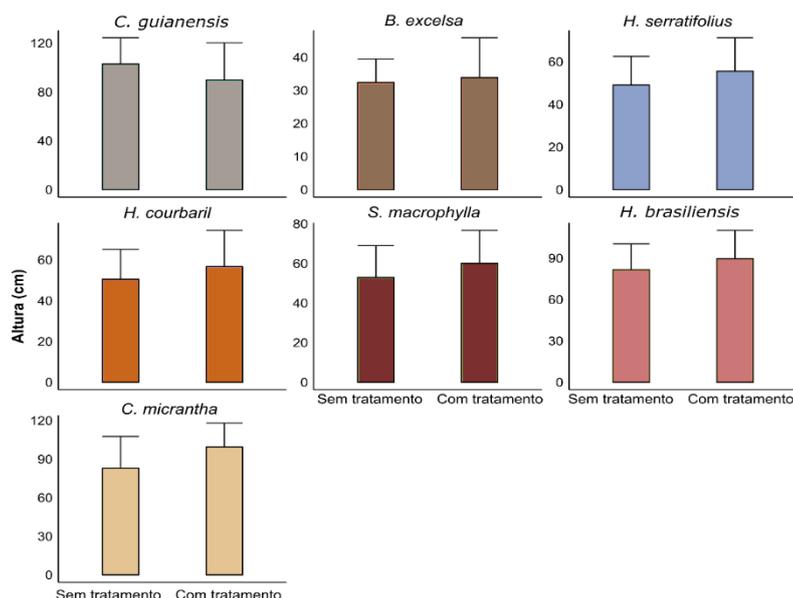


Figura 2: Teste t de Student para comparação do crescimento em altura das mudas nas clareiras com e sem tratamento de liberação.

2.2.3 Mortalidade de mudas

2.2.3.1 Plantio de *Dipteryx odorata*

A sobrevivência das mudas de *D. odorata* plantadas nas clareiras foi de 77,5%, correspondendo a 155 mudas sobreviventes. Entre as mudas que receberam o tratamento de liberação, a mortalidade foi de 11% (22 mudas), enquanto nas que não receberam o tratamento, foi de 11,5% (23 mudas). Observou-se que a maior percentual de mortalidade (14%) ocorreu nos três primeiros meses após o plantio. As clareiras com maior mortalidade foram B01 (7 mudas), B04 (7 mudas) e A01 (6 mudas), todas com áreas superiores a 300 m², sendo B01 e B04 as maiores, com 513,21 m² e 526,75 m², respectivamente. Houve uma correlação positiva ($r = 0,71$, $p = 0,001$) entre a área das clareiras e a mortalidade das mudas (Figura 3), indicando que maiores áreas de clareira estão associadas a uma maior mortalidade. Para a abertura do dossel não foi observada correlação significativa entre a mortalidade e seu tamanho (Figura 4).

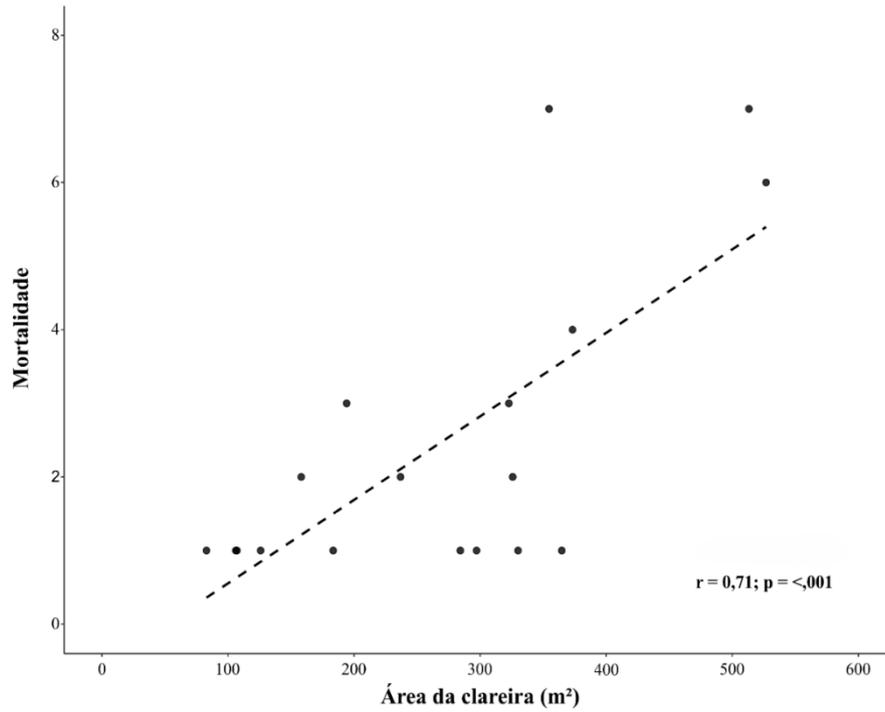


Figura 3: Gráfico de dispersão da associação entre a mortalidade de mudas de *D. odorata* e a área da clareira.

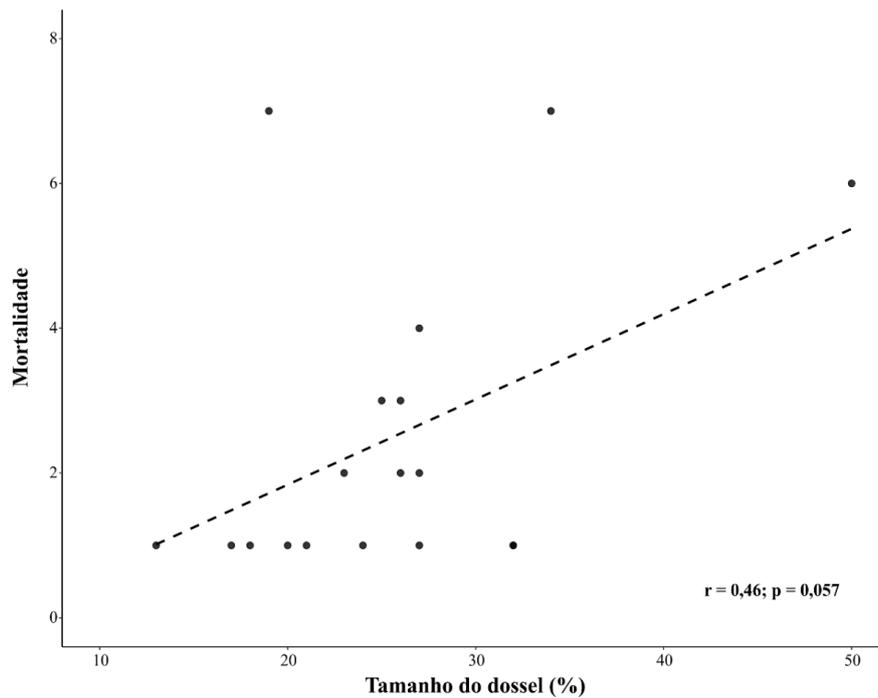


Figura 4: Gráfico da dispersão da associação entre a mortalidade de mudas de *D. odorata* e a abertura do dossel.

2.2.3.2 Plantio misto

A análise da mortalidade das mudas utilizadas no plantio de enriquecimento realizado em 2023 revelou um percentual geral de 51,61% (224 mudas). Quando comparadas as condições de manejo, as mudas submetidas ao tratamento de liberação apresentaram uma mortalidade de 26,73%, enquanto as mudas mantidas como controle apresentaram mortalidade de 24,88%. Entre as espécies avaliadas, *H. serratifolius*, *S. macrophylla* e *C. micrantha* destacaram-se com os maiores percentuais de mortalidade, evidenciando diferenças nas respostas adaptativas entre as espécies ao ambiente de clareira (Figura 5).

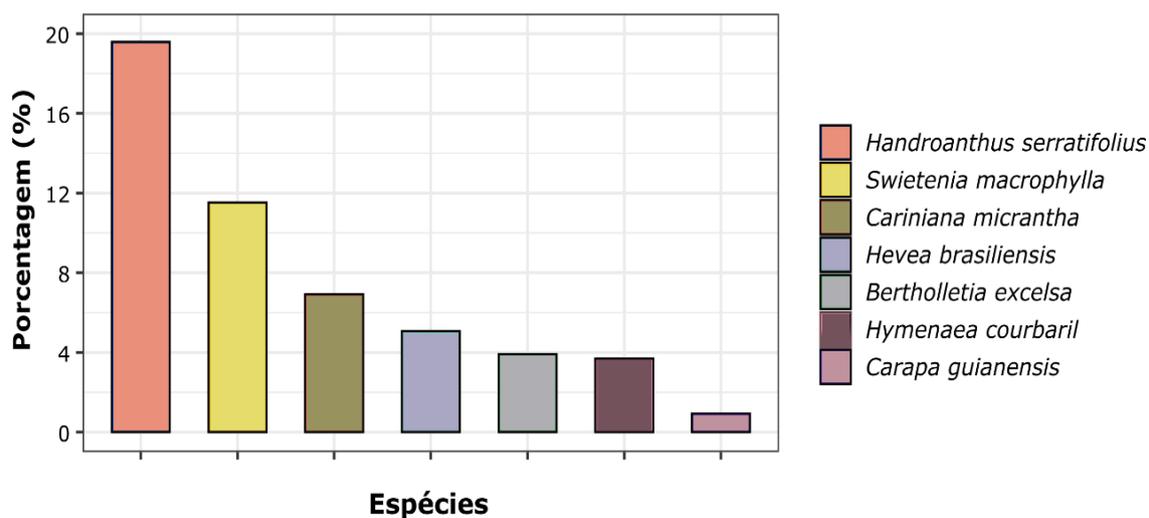


Figura 5: Percentual de mortalidade das sete espécies do plantio misto nas clareiras.

A mortalidade das mudas mostrou-se influenciada por fatores estruturais das clareiras. Foi observada uma correlação positiva e significativa entre a área das clareiras e a mortalidade ($r = 0,65$; $p < 0,001$), indicando que clareiras maiores tendem a registrar maior número de mudas mortas. De maneira semelhante, a abertura do dossel também apresentou uma relação positiva e significativa com a mortalidade ($r = 0,33$; $p = 0,029$), embora com menor magnitude. Esses resultados sugerem que o ambiente microclimático, condicionado pelas dimensões da clareira e pela cobertura do dossel, exerce

2.3 DISCUSSÃO

Os estudos envolvendo o estabelecendo inicial de espécies florestais inseridas via plantio de enriquecimento em clareiras de exploração são essenciais para compreendermos o comportamento das espécies nesses ambientes. No presente estudo, encontramos padrões variados de resposta entre as espécies analisadas.

O primeiro plantio, envolvendo somente a espécie de *D. odorata*, sem considerar tratamento silvicultural, observamos uma correlação positiva e significativa com a abertura do dossel ($r= 0,15$, $p = 0,015$) para o crescimento em diâmetro. No seu desenvolvimento inicial, a espécie *D. odorata* apresenta melhor desempenho em ambientes com maior incidência de luz, mas possui capacidade de se adaptar em ambientes com pouca luminosidade (Uchida & Campos, 200). O crescimento das mudas plantadas tem tendência de se correlacionar positivamente com as características da clareira, aumentando conforme a abertura do dossel e área da clareira (Jennings et al., 2001). Logo, a disponibilidade recursos proporcionada pelas clareiras, principalmente luz, é fundamental para o estabelecimento e desenvolvimento das mudas (Kanegae et al., 2000).

Em relação ao plantio misto, quando avaliamos a correlação entre o crescimento das mudas para cada espécie com a estrutura das clareiras, sem separação entre clareiras com e sem tratamento silvicultural, não observamos nenhuma correlação significativa, no entanto algumas espécies apresentaram padrões variáveis. A espécie de *C. guianensis* apresentou uma correlação negativa moderada entre a área da clareira e a altura das mudas, sugerindo que clareiras maiores podem não ser ideais para o crescimento dessa espécie. Essa tendência pode estar relacionada ao fato de que clareiras extensas expõem as mudas a condições microclimáticas mais extremas, como maior incidência solar, aumento da temperatura e redução da umidade, que podem ser estressantes para espécies mais adaptadas a ambientes com dossel parcialmente fechado (Latif, Blackburn 2010).

Por outro lado, a espécie *B. excelsa* demonstrou uma tendência positiva, embora não significativa, entre a área da clareira e o diâmetro das mudas. Esse resultado sugere que a espécie pode se beneficiar de clareiras maiores, onde a

maior disponibilidade de luz favorece o acúmulo de biomassa e o seu crescimento já que é uma espécie demandante de luz. No entanto, a ausência de significância estatística indica que outros fatores, como a competição por recursos ou a qualidade do solo, também podem influenciar seu crescimento (Dos Santos & Ferreira, 2020).

O *H. serratifolius* apresentou correlações fracas e não significativas com ambos os fatores ambientais (área da clareira e abertura do dossel), indicando uma baixa sensibilidade às variações dessas condições no intervalo estudado. Isso sugere que a espécie pode ser menos influenciada por mudanças na luminosidade e no tamanho da clareira, ao menos dentro dos limites observados. No entanto, para que as mudas de *H. serratifolius* se desenvolvam de forma adequada, é fundamental que haja condições ambientais satisfatórias, especialmente em relação à disponibilidade de nutrientes e água (Goulart et al., 2017). Em ambientes de clareira, a compactação do solo e a possível redução na disponibilidade de nutrientes, embora no manejo de impacto reduzido seja menor, podem limitar o crescimento dessa espécie, destacando a importância de fatores edáficos para o seu estabelecimento e desenvolvimento (Tálamo et al., 2013).

Já a espécie de *C. micrantha* destacou-se com a maior correlação positiva entre a área da clareira e a altura das mudas, indicando uma possível tendência de crescimento mais expressivo em clareiras de maior tamanho. Apesar de apresentar crescimento relativamente lento, a espécie de *C. micrantha* tem tendência a aumentar suas taxas de crescimento em ambientes com maior disponibilidade de luz (Wandelli & Cavalcante, 2013). Essas características indicam que a espécie possui potencial para se adaptar em ambientes de clareira, sendo uma opção para plantio de enriquecimento (Tanaka & Vieira, 2006).

Quando consideramos os tratamentos silviculturais aplicados nas clareiras, observamos que eles tiveram efeitos diferenciados sobre o crescimento das espécies, as mudas de mogno plantadas em clareiras apresentaram crescimento reduzido em áreas de maior extensão submetidas ao tratamento de liberação de espaço. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento do estresse hídrico nessas condições, uma vez que a maior incidência de radiação solar e a conseqüente elevação da evapotranspiração em clareiras

amplas reduzem a disponibilidade de umidade no solo. Como a *S. macrophylla* é uma espécie sensível a variações ambientais, a intensificação do déficit hídrico causada pelo tratamento silvicultural pode ter limitado seu crescimento, explicando a correlação negativa observada entre o crescimento das mudas e o tratamento de liberação (Grogan et al., 2014; Gerhardt, 1996).

Por outro lado, nas clareiras sem intervenção silvicultural, a altura das mudas de *S. macrophylla* apresentou correlação positiva e significativa com a área da clareira. Esse padrão pode estar associado à intensa competição de luz nesses ambientes, um fator essencial para o desenvolvimento dessa espécie. A distribuição heterogênea dos recursos em clareiras maiores pode intensificar a competição por nutrientes entre as espécies estabelecidas, favorecendo aquelas com maior capacidade de alocação de recursos para o crescimento vertical (Zhang & Yi, 2021). Assim, a maximização da produção de fotoassimilados para o crescimento em altura pode representar uma estratégia adaptativa do mogno para reduzir os efeitos da competição com espécies generalistas presentes nos ambientes de clareira.

No caso da *H. brasiliensis*, espécie demandante de luz, a abertura do dossel aliado ao tratamento de liberação favoreceu o seu crescimento em altura e diâmetro, sendo observado pela relação positiva e significativa com a abertura do dossel. A elevada incidência de luz permite uma maior eficiência fotossintética, promovendo a assimilação de carbono e, conseqüentemente, um maior acúmulo de biomassa (Kull; Kruijt, 1999). Além disso, o tratamento de liberação pode ter contribuído para esse resultado ao reduzir a competição por recursos como água e nutrientes. Ao eliminar competidores ao redor das mudas, cria-se um ambiente mais favorável para o estabelecimento e crescimento da espécie, possibilitando a alocação de recursos para o incremento em altura e diâmetro, em vez de apenas garantir sua sobrevivência em condições subótimas (Swaine; Whitmore, 1988). Esse resultado está alinhado à ecologia da *H. brasiliensis*, uma vez que sua estratégia de crescimento está fortemente associada à disponibilidade de luz e à redução da competição.

Para a espécie de *C. micrantha*, o seu crescimento em diâmetro foi favorecido pelo aumento da abertura de dossel e pelo tratamento de liberação ao redor das mudas. A remoção de competidores próximos provavelmente reduziu a competição por recursos dentro da clareira e aumentou a

disponibilidade de luz, um fator essencial para espécies heliófilas como *C. micrantha* (Denslow, 1987). Em condições de maior luminosidade e menor competição por recursos, a espécie pode ter priorizado o investimento em estrutura de suporte, aumentando o diâmetro do caule antes de direcionar recursos para o crescimento vertical (King, 1990). Nas clareiras onde não foi realizado o tratamento silvicultural, observou-se uma correlação significativa entre o crescimento em altura de *C. micrantha* e a área da clareira. Em ambientes sem liberação de espaço ao redor das mudas, a competição por luz pode ter sido mais intensa, levando a um aumento no crescimento em altura como estratégia competitiva (Brokaw, 1985). Como planta heliófila, a *C. micrantha* tende a priorizar o crescimento vertical em ambientes sombreados para alcançar a luz, alocando mais recursos para o crescimento em altura em detrimento do diâmetro (Niklas, 1995; Bertram, 1989).

Em relação ao percentual de sobrevivência, o plantio de *D. odorata* apresentou 77,5% de sobrevivência, sem diferença entre os tratamentos. A área da clareira apresentou grande influência sobre a mortalidade de mudas. O plantio misto apresentou um percentual de sobrevivência de 48,39%, sem diferenças estatísticas entre o tratamento de liberação. Porém, a mortalidade das mudas mostrou-se influenciada por fatores estruturais das clareiras, tanto para área, como abertura do dossel. Dentre as espécies avaliadas, destacam-se *H. serratifolius*, *S. macrophylla* e *C. micrantha*. O grande percentual de mortalidade de algumas espécies plantadas está ligado ao processo de adaptação ao ambiente de clareira (Castro et al., 2013).

Em nosso experimento, o percentual de sobrevivência para o plantio de *D. odorata* e misto foram menores que os relatados por Pinto (2023) 88,5% e Nemmer et al., (2002) 80% de sobrevivência, ambos na Amazônia brasileira. A mortalidade de espécies está ligada a fatores bióticos (ataque de insetos) e abióticos (temperatura, água e luz) (Swiane et al., 1997, D'Oliveira, 2000).

As espécies de *H. serratifolius*, *S. macrophylla* e *C. micrantha* com altos índices de mortalidade, mostraram-se sensíveis as condições encontradas no interior das clareiras, enquanto as demais espécies se adaptaram melhor. O melhor desempenho em crescimento e sobrevivência de espécies é devido sua capacidade de tolerar altos índices de irradiância proporcionado pela abertura do dossel e ampla área de clareira (Gomes et al., 2010). Essas características,

aliado aos tratamentos silviculturais, diminuem a competição por nutrientes e luz, garantem bons percentuais de sobrevivência das mudas plantadas (Doucet et al., 2009). Logo, é necessária uma seleção criteriosa das espécies, considerando que as respostas serão diferentes entre os grupos (Keefe, 2009, Souza et al., 2010).

Portanto, compreender as exigências e comportamento das espécies selecionadas para o plantio de enriquecimento em clareiras é primordial para garantir êxito. As espécies devem possuir rápido crescimento, baixos percentuais de mortalidade, para evitar situações onerosas como intervenções nas clareiras.

2.4 CONCLUSÃO

Neste estudo, analisamos o crescimento e mortalidade de oito espécies comerciais em clareiras de exploração madeireira, comparando o desempenho em clareiras com tratamento e sem tratamento silvicultural de liberação. Nossos resultados foram variados entre as espécies estudadas, e dependentes das características estruturais da clareira.

A espécie de *D. odorata* apresentou crescimento significativa em diâmetro nas clareiras com maior abertura do dossel, enquanto as espécies como o *C. micrantha* e *S. macrophylla* apresentaram respostas distintas em relação ao tratamento silvicultural de liberação.

A mortalidade das mudas de maneira geral se mostrou-se influenciada pelas características estruturais das clareiras. As espécies mais sensíveis foram *S. macrophylla*, *H. serratifolius* e *C. micrantha*.

Para garantir êxito no plantio de enriquecimento é necessário selecionar as espécies de maneira criteriosa, aquelas mais adaptáveis e que possuem crescimento rápido e não necessitem de muitas intervenções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bertacchi, M. I. F.; Amazonas, N. T.; Brancalion, P. H.; Brondani, G. E.; Oliveira, A. C.; Pascoa, M. A.; Rodrigues, R. R. Establishment of tree seedlings in the understory of restoration plantations: natural regeneration and enrichment plantings. **Restoration Ecology**, v. 24, n. 1, p. 100-108, 2016.

Bertram, J. E. A. Size-dependent differential scaling in branches: the mechanical design of trees revisited. **Trees** 4: 242–253, 1989.

Bulfe, N. M.; Galvão, F.; Figueiredo, A.; Mac Donagh, P. Efeitos da exploração convencional e de impacto reduzido em uma floresta estacional semidecidual na província de Misiones, nordeste da Argentina. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 365-379, 2009.

Blagitz, M.; Botosso, P. C.; Bianchini, E.; Medri, M. E. Periodicidade do crescimento de espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual do Sul do Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 163-173, 2016.

Brito, M. C. W. Unidades de conservação: interações e resultados. *Annablume*, v. 123, 2000.

Brokaw, N. V. L. Gap-phase regeneration in a tropical forest. **Ecology**, 66: 682-687, 1985.

DENSLOW, J. S. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 18, p. 431-451, 1987.

Dos Santos, V. A. H. F.; Ferreira, M. J. Initial establishment of commercial tree species under enrichment planting in a Central Amazon secondary forest: Effects of silvicultural treatments. **Forest Ecology and Management**, 460, 117822, 2020.

D'Oliveira, M. V. N. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanised forest exploitation in Acre, Brazil. **Forest Ecology and Management**, 127, 67-76, 2000.

D'Oliveira, M. V. N.; Ribas, L. A. Forest regeneration in artificial gaps 12 years after canopy opening in Acre State Western Amazon. **Forest Ecology and Management**, 261, 1722-1731, 2011.

Espada, A. L. V.; Pires, I. P.; Lentini, M. A. W.; Bitterncourt, P. R. G. Manejo florestal e exploração de impacto reduzido em florestas naturais de produção da Amazônia. Belém, Brasil: Fundação Floresta Tropical, 2014.

Finegan, B. 21st century viewpoint on tropical silviculture. In: Pancel, L.; Kohl, M. (Eds.), *Tropical Forestry Handbook*. Springer, Berlin Heidelberg, p. 605-1638, 2015.

Fredericksen, T. S.; Putz, F. E. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. **Biodiversity and Conservation**, p. 1445-1453, 2003.

GERHARDT, Karin. Germination and development of sown mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in secondary tropical dry forest habitats in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, n. 2, p. 275-289, 1996.

Goeldi MPEG-Musei Paraense Emilio. Descrição e análise da flora do médio-baixo rio Xingu. Relatório Técnico, p. 384, 2008.

GOULART, Lívia Mara Lima et al. Produção de mudas de Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) em resposta a fertilização nitrogenada. **Floresta e ambiente**, v. 24, n. 00, p. e00137315, 2017.

Gomes, J. M.; Carvalho, J. O. P.; Silva, M. G.; Nobre, N. V.; Taffarel, M.; Ferreira, J. E. R.; 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 Amazônica**, v. 40, 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. 417-424, 2019.

GROGAN, James et al. Big-leaf mahogany *S. wietenia macrophylla* population dynamics and implications for sustainable management. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 3, p. 664-674, 2015.

Holmes, T. P.; Blate, G. M.; Zweede, J. C.; Pereira Jr, R.; Barreto, P.; Boltz, F. Custos e benefícios financeiros da exploração florestal de impacto reduzido em comparação a exploração florestal convencional na Amazônia Oriental. Belém, Brasil: Fundação Floresta Tropical, 2002.

Horstman, E.; Ayón, J.; Griscom, H. Growth, survival, carbon rates for some dry tropical forest trees used in enrichment planting in the Cerro Blanco protected forest on the Ecuadorian coast. **Journal of Sustainable Forestry**, 1054-9811, 2017.

Hu, J.; Herbohn, J.; Chazdon, R. L.; Baynes, J.; Vanclay, J. Long-term growth responses of three *Flindersia* species to different thinning intensities after selective logging of a tropical rainforest. **Forest Ecology and Management**, 476, 118442, 2020.

IMAZON, A. atividade madeireira na Amazônia brasileira: Produção, receitas e mercado. Serviço Florestal Brasileiro (SBF), v. 20, 2010.

Jardim, F. C.; Serrão, D. R.; Nemer, T. C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras sobre o crescimento e mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. **Acta Amazônica**, v. 37, p. 37-38, 2007.

Jennings, S. B.; Lopes, J.; Brwn, N. D.; Whitmore, T. C. Desempenho comparativo de mudas de espécies florestais em gradiente microclimático criado experimentalmente. In: Silva, J. N. M.; Carvalho, J. O. P.; Yared, J. A. G. (Eds.). A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 227-251, 2001.

Kanegae, M. F.; Braz, V. S.; Franco, A. C. Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgiloides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. **Brazilian Journal of Botany**, v. 23, p. 459-468, 2000.

Keefe, K.; Shulze, M. D.; Pinheiro, C.; Zweede, J. C.; Zarin, D. Enrichment planting as a silvicultural in the Eastern Amazon: a case study of Fazenda Cauixi. **Forest Ecology and Management**, 258, 1950-1959, 2009.

KING, D. A. The adaptive significance of tree height. **American Naturalist**, v. 135, n. 6, p. 809-828, 1990.

Kubler, D.; Hildebrandt, P.; Gunter, S.; Stimm, B.; Weber, M.; Muñoz, J.; Cabrera, O.; Zeilinger, J.; Silva, B.; Mosandl, R. Effects of silvicultural treatments and topography on individual tree growth in a tropical mountain forest in Ecuador. **Forest Ecology and Management**, 475, 117726, 2020.

KULL, O., & KRUIJT, B. Acclimation of photosynthesis to light: A mechanistic approach. **Functional Ecology**, 13, 24–36, 1999.

Latif, Z. A.; Blackburn, G. A. The effects of gap size on some microclimate variables during late summer and autumn in a temperate broadleaved deciduous forest. **International Journal of Biometeorology**, 54: 119–129, 2010.

Long, J. N.; Dean, T. J.; Roberts, S. D. Linkages between silviculture and ecology: examination of several importante conceptual models. **Forest Ecology and Management**, 200, 249-261, 2004.

Nemer, T. G.; Jardim, F. C. S.; Serrão, D. R. Sobrevivência de mudas da regeneração natural de espécies arbóreas três meses após o plantio em clareiras de diferentes tamanhos, Moju-PA. **Revista Árvore**, v. 26, p. 217-221, 2002.

Neves, P. L. P.; Schwartz, G. Lopes, J. C. A.; Leão, F. M. Post-harvesting silvicultural treatments in canopy logging gaps: Medium-term responses of comercial tree species under tending and enrichment planting. **Forest Ecology and Management**, 451, 117521, 2019.

Niklas, K. J. Size-dependent allometry of tree height, diameter and trunk taper. *Ann Bot* 75: 217-227, 1995.

Pinto, R. S. Comportamento silvicultural de espécies madeireiras plantadas e da regeneração natural em clareiras de exploração florestal na floresta nacional do Tapajós. Tese de Doutorado. UFRA-Campus Belém, 2023.

Quanz, B.; Caarvalho, J. D.; Araújo, M. M.; Francez, L. D. B.; Silva, U. D. C.; Pinheiro, K. A. Reduced impact logging does not affect the floristic composition of soil banks. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 3, p. 204-211, 2012.

Reis, L. P.; Carvalho, J. O. P.; Reis, P. C. M.; Gomes, J. M.; Ruschel, A. M.; Silva, M. G. Crescimento de mudas de *Parkia gigantocarpa* Ducke, em um sistema de enriquecimento em clareiras após a colheita de madeira. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 431-436, 2014.

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.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, v. 75, n. 1, p. 81-86, 1988.

TÁLAMO, A.; Lopez, C. J.; Nuñez, Regueiro, M.; Cazini, S. M. Regeneración de plantas leñosas en el Chaco semiárido argentino: relación con factores bióticos y abióticos en micrositios creados por el aprovechamiento forestal. **Floresta (Valdivia)**, v. 34, n. 1, p. 53-62, 2013.

Tanaka, A.; Vieira, G. Autoecologia das espécies florestais em regime de plantio de enriquecimento em linha na floresta primária da Amazonia central. **Acta Amazonica**, 36: 193-2004, 2006.

Tonini, H.; Oliveira Jr., M. M. C. O.; Schwenger, D. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. **Ciência Florestal**, 18, 151-158, 2008.

Uchida, T.; Campos, M. A. A. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. – Fabaceae), cultivadas em viveiro. **Acta Amazonica**, V. 30, n. 1, p. 107-107, 2000.

Wandelli, E. V.; Cavalcante, D. A. Efeito doo plantio agroflorestal adensado de espécies arbóreas na eliminação da vegetação secundária herbácea de

pastagens degradadas. "In: Congresso Brasileiro de sistemas Agroflorestais, 9., 2013.

Zarin, D. J.; Schulze, M. D.; Vidal, E.; Lentini, M. Beyond reaping the first Harvest: management objectives for timber production in the Brazilian Amazon. **Conservation Biology**, v. 21, n. 4, p. 916-925, 2007.

Zhang, M.; Yi, X. Seedling recruitment in response to artificial gaps: predicting the ecological consequence of forest disturbance. **Plant Ecology** 222, 81–92, 2021.