



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO
MARANHÃO CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

NAIZE SANTOS ALVES

**MANEJO EM ÁREAS DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS
COM DIFERENTES MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
IGARAPÉ-AÇU – PA**

IMPERATRIZ – MA

2024

NAIZE SANTOS ALVES

**MANEJO EM ÁREAS DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS COM
DIFERENTES MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
IGARAPÉ-AÇU – PA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernandes Silva Dionisio

IMPERTRIZ - MA

2024

L732a

Alves, Naize Santos

Manejo em áreas de florestas secundárias com diferentes métodos de restauração no município de Igarapé-Açu – PA. / Naize Santos Alves. – Imperatriz, MA, 2024.

47 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2024.

1. Floresta secundária - manejo. 2. Sistemas agroflorestais - SAFs. 3. Incremento - Crescimento. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 630*5/*6

NAIZE SANTOS ALVES

**MANEJO EM ÁREAS DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS COM
DIFERENTES MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
IGARAPÉ-AÇU – PA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernandes Silva Dionisio

Aprovado (a) em: 05/03/2024

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
LUIZ FERNANDES SILVA DIONISIO
Data: 09/03/2024 21:33:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luiz Fernandes Silva Dionisio
Doutor em Ciências Florestais
Universidade Federal de Roraima - UFRR
(Orientador)



Documento assinado digitalmente
NISANGELA SEVERINO LOPES COSTA
Data: 12/03/2024 10:59:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Msc. Nisângela Severino Lopes Costa
Mestre em Ciências Florestais
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL
(Membro)



Documento assinado digitalmente
MICHAEL DOUGLAS ROQUE LIMA
Data: 11/03/2024 09:39:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Michael Douglas Roque Lima
Doutor em Ciência e Tecnologia da Madeira
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL
(Membro)

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãs
pelo amor, incentivo e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e saúde, por sempre me guiar na minha jornada pessoal e, agora, profissional, pelas oportunidades concedidas e pelos desafios futuros que com certeza superarei.

À minha mãe Neuzimar Pereira ,meu Pai Edson Pereira e minhas irmãs, Denise e Thaisa, por serem as pessoas que mais me incentivaram desde o início dessa jornada para ser Engenheira Florestal.

À Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, pela oportunidade de cursar graduação, por toda contribuição ao meu aprendizado e pelas experiências marcantes que me proporcionou ao longo do curso.

Ao Dr. Luiz Fernandes que durante a realização do trabalho me ajudou bastante e me orientou, muito obrigada. A todos aqueles professores e funcionários da UEMASUL que doaram seu tempo e esforço para proporcionar o melhor ensino e serviço possível.

Aos estudantes do curso de Engenharia Florestal da UEMASUL, em especial à turma de 2018.2, pela troca de experiências e vivências ao longo da graduação.

As minhas colegas de turma e amigas, Bruna, Gabrielly, Lara e Sara pela parceria, amizade, compartilhamento de conhecimento e trabalhos e companheirismo. A todos aqueles que, mesmo não tendo citado seus nomes aqui, mas que direta ou indiretamente contribuíram para essa conquista em minha vida.

Muito obrigada!

“Buscai primeiro o reino de Deus e sua justiça
e todas essas coisas vos serão acrescentadas”
Mateus 6:33

RESUMO

O município de Igarapé-Açu, historicamente associado à agricultura itinerante de derrubada e queima, apresenta ecossistemas alternados compostos por capoeiras. O presente estudo foi conduzido em uma floresta secundária na Fazenda Fattoria Piave, buscando identificar o melhor método de manejo para uma floresta em sucessão. O estudo avaliou diferentes métodos ao longo de 4 anos, utilizando três parcelas permanentes em locais distintos: uma sem intervenção (controle), uma de manejo e uma terceira com sistemas agroflorestais (SAFs). Foram analisados diâmetro, altura, área basal, incremento periódico anual (IPA), taxa de mortalidade e taxa de recrutamento. Os resultados revelaram diferenças significativas nas taxas de recrutamento e IPA. A Área de SAFs destacou-se com a mais alta taxa de recrutamento ($32,99 \text{ ano}^{-1}$), enquanto a área controle apresentou o maior IPA ($0,75 \text{ cm ano}^{-1}$). A área controle também registrou a maior taxa de mortalidade ($4,74 \text{ ano}^{-1}$). Quanto à área basal, os SAFs demonstraram a maior área basal ($28,74 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), principalmente devido à presença da espécie *Jacaranda copaia*. A *Tapirira guianensis* foi a espécie dominante na área controle, enquanto na área de Manejo prevaleceu a espécie *Lacistema pubescens*. Diante disso, os resultados indicam que a implementação de SAFs ou práticas de manejo são estratégias mais vantajosas em comparação com a ausência de intervenção.

Palavras-chave: Manejo; Floresta Secundária; Restauração; Incremento e crescimento

ABSTRACT

The municipality of Igarapé Açu, historically associated with slash-and-burn shifting agriculture, features alternating ecosystems composed of secondary-growth forests (capoeiras). A study was conducted in a secondary forest at Fattoria Piave Farm, aiming to identify the best management method for a successful forest. The study evaluated different methods over 4 years, using three permanent plots in distinct locations: one without intervention (control), one under management, and a third with agroforestry systems (SAFs). Diameter, height, basal area, annual periodic increment, mortality rate, and recruitment rate were analyzed. The results revealed significant differences in recruitment rates and Annual Periodic Increment (API). The Agroforestry Systems (SAFs) area stood out with the highest recruitment rate (32.99 years^{-1}), while the Control Area exhibited the highest API ($0.75 \text{ cm year}^{-1}$). The control area also recorded the highest mortality rate (4.74 years^{-1}). Regarding basal area, Agroforestry Systems (SAFs) demonstrated the largest basal area ($28.74 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), primarily due to the presence of the *Jacaranda copaia* species. *Tapirira guianensis* was the dominant species in the Control Area, while in the Managed Area, the prevailing species was *Lacistema pubescens*. Therefore, the results indicate that the implementation of Agroforestry Systems (SAFs) or management practices proves to be more advantageous compared to the absence of intervention.

Keywords: Management; Secondary Forest; Restoration; Increment and Growth

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Localização da área de estudo com distribuição das parcelas em floresta secundária no município de Igarapé-Açú, ParáBrasil21
- Figura 2** - Desenho esquemático de uma parcela permanente de 1 ha (100m x 100m)..... 23
- Figura 3** - Área das parcelas: (A) Imagem da clareira; (B) Indivíduos dentro das clareiras artificiais em floresta secundária no município de Igarapé-Açú; (C) Área sem intervenção (D) Área em processo de restauração florestal; (E) Aspectos do paraparâ no SAFs24
- Figura 4** - Boxplot mostrando a taxa média de mortalidade (A) e recrutamento (B) das áreas: controle, manejo, e SAFs em floresta secundária manejadas ao longo de 4 anos (2018-2022) no município de Igarapé=Açú , PA, Brasil. A linha horizontal mais grossa representa a mediana, a caixa o intervalo interquartil e as linhas tracejadas os valores extremos, respectivamente. Letras indicam diferenças estatística significativas ($p = 0,05$) em ANAVA com o teste post-hoc de Tukey.....27
- Figura 5** - Boxplot mostrando a area basal das áreas: controle, manejo e SAFs em floresta secundária manejadas ao longo de 4 anos (2018-2022) no município de Igarapé-Açú, PA,Brasil29
- Figura 6** - Área basal das espécies que predominam as áreas de controle, manejo e SAFS em uma área de floresta secundária em Igarapé-Açú, PA, Brasil 30
- Figura 7** - Boxplot mostrando o Incremento Periódico Anual em diâmetro de indivíduos das áreas de controle, SAFs e manejo, em floresta secundária, no município de Igarapé-Açú, PA, Brasil..... 32

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 6 |
| 2 OBJETIVOS..... | 9 |
| 2.2 Objetivo Geral..... | 9 |
| 2.3 Objetivo Específico..... | 9 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA..... | 10 |
| 3.1 Manejo de Floresta Secundária..... | 10 |
| 3.1.1 Espécies manejadas | 12 |
| 3.2 Caracterização de clareiras florestais..... | 14 |
| 3.3 Restauração Florestal | 15 |
| 3.3.1 Técnicas e métodos de restauração. | 16 |
| 3.4 Regeneração Natural..... | 18 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 21 |
| 4.1 Caracterização da área de estudo..... | 21 |
| 4.2 Histórico da área..... | 22 |
| 4.3 Parcela Permanente..... | 22 |
| 4.4 Variáveis analisadas | 24 |
| 4.5 Análise de dados | 26 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 27 |
| 5.1 Taxa de Mortalidade e Recrutamento | 27 |
| 5.2 Área basal..... | 28 |
| 5.3 Incremento periódico anual..... | 31 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 33 |
| REFERÊNCIAS | 34 |

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica é reconhecida mundialmente por ocupar uma área de 5,5 milhões de km², conter mais de 30% das florestas tropicais remanescentes do mundo, abrigar um quinto das espécies terrestres conhecidas e deter 10% de toda a diversidade do planeta (SATO et al., 2015; LLOPART et al., 2018; SHAHZAIB, 2020).

Segundo dados de 2020, 72,8% do bioma amazônico eram ocupados por florestas nativas e 3,7% por secundárias – área desmatadas abandonadas em processo de regeneração, a porção desflorestada chegava a 17,6% e era quase toda tomada por criação de gados e cultura agrícola (EMBRAPA/INPE, 2020).

Nas últimas décadas, grande parte dessas florestas foram devastadas por conta de atividades agropecuárias (TER STEEGE et al., 2015), sendo estas as grandes causadoras da conversão das florestas primárias em florestas secundárias (CHAZDON, 2012). Essa nova forma de uso e ocupação do solo, gerada pela conversão da sua camada original, promove constantes prejuízos financeiros e ambientais, que afetam a qualidade de vida da sociedade (SILVA e BRANDÃO, 2020).

Tais prejuízos ambientais estão relacionados à degradação de ambientes naturais ocasionados pelo uso indevido desses recursos, que afetam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo quando há a retirada da sua camada superficial para fins comerciais madeireiros ou atividades agropecuárias (ABADIAS; FONSECA; BARBOSA, 2020).

As florestas secundárias possuem uma relevância econômica e social e desempenham papel de elevada importância ecológica em termos de crescimento florestal, acúmulo de biomassa, controle de erosão, conservação de nutrientes, benefícios hidrológicos e manutenção da biodiversidade (NEPSTAD et al., 1996; PEREIRA e VIEIRA, 2001; BAAR et al., 2004)

Nesse contexto, é preciso promover a recuperação das áreas que foram alteradas e/ou degradadas, realizando-se também monitoramentos frequentes para saber se o objetivo da recuperação está sendo atingido. Esse monitoramento é realizado por meio de parâmetros (indicadores), sendo eles necessários para entender como se encontra a área em processo de restauração (BRANCALION et al., 2012).

A restauração e o uso econômico sustentável de florestas tornaram-se desafio e prioridade no Brasil, tendo em vista a Lei nº 12.651, de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (BRASIL, 2012) e a contribuição das florestas para o sequestro de carbono e mitigação do aquecimento global (QUINTÃO et al., 2021).

A restauração, embora não considere a formação de uma floresta como a original, leva em conta que as florestas frutos de restauração são ecossistemas funcionais e sustentáveis, com elevada diversidade ao longo do tempo. Com essa visão de restauração, além do plantio de mudas, outras técnicas como condução da regeneração natural, semeadura direta, transplante de plântulas e plantio de enriquecimento vem sendo utilizadas (RODRIGUES; GANDOLFI, 2000; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2009).

Existem várias técnicas de restauração ativa de florestas nativas, que vão desde o estímulo ao banco de sementes do solo, até o plantio de múltiplas espécies florestais. As respostas do ambiente degradado a essas diferentes técnicas dependerão dos fatores e histórico de degradação e das condições ambientais do sítio. No Nordeste Paraense, ainda é preciso estabelecer as técnicas mais eficientes e viáveis para a restauração das APPs e para restauração e uso econômico de áreas de RL das propriedades rurais (VALLE et al., 2020).

Nas últimas décadas tem sido bastante difundida como técnica de restauração a utilização de sistemas agroflorestais (SAFs), pois estes, quando bem planejados e manejados, podem aproximar-se ecologicamente de comunidades florestais, em termos de diversidade, além de fornecerem renda ou produção de subsistência ao agricultor (MACDICKEN e VERGARA, 1990).

Práticas silviculturais baseadas na abertura de clareiras artificiais têm sido cada vez mais sugeridas para promover a regeneração, restauração florestal e crescimento de espécies arbóreas de valor comercial (SCHWARTZ; LOPES, 2015; ÁVILA et al., 2017; NEVES et al., 2019). A abertura de clareiras em florestas degradadas, oferece as condições ideais de luz para o crescimento de espécies florestais pioneiras e demandantes de luz (JARDIM, 2015, COSTA et al., 2020).

O estado do Pará possui um passivo florestal estimado em 3 milhões de hectares, boa parte localizado no Nordeste Paraense, um dos espaços geográficos com histórico de antropização mais antigos da Amazônia brasileira. Devido à complexidade dos ecossistemas florestais, ações de restauração e manejo de florestas requerem uma rotina de observações e análises que devem ser estabelecidas e repetidas ao longo do tempo (SCHAEFER, 2022). Com isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar diferentes métodos de manejo na restauração de floresta secundária ao longo de 4 anos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar diferentes métodos de manejo na restauração de florestas secundárias ao longo de quatro anos no município de Igarapé Açu – PA.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a dinâmica de crescimento, mortalidade e recrutamento de espécies arbóreas em florestas secundárias sob diferentes métodos de restauração;

Analisar a área basal das espécies sob diferentes métodos de restauração em uma floresta secundária;

Apresentar as principais espécies dominantes em área basal nas três áreas de estudo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Manejo de florestas secundárias

A contínua e acelerada diminuição das florestas tropicais naturais vem causando problemas ambientais e sociais, com impactos em vários níveis. Em consequência desse processo, surgem grandes extensões de florestas secundárias, formando um mosaico de tamanho e idade variáveis. (FERREIRA et al., 2003).

As florestas intensamente antropizadas são um tipo de vegetação que corresponde a aproximadamente 4,5 milhões de hectares na Amazônia, de acordo com o monitoramento do Projeto DEGRAD de 2006 a 2016 (INPE, 2017). No Pará houve aumento do desmatamento no ano de 2021, sendo de 5.257 km² de área desmatada, o estado é o menor em variação percentual de 7,31% em relação ao ano de 2020 (PRODES, 2021).

As florestas secundárias ou capoeiras são vegetações predominantes na paisagem do nordeste paraense. Estima-se, que 30% das áreas da Amazônia que tiveram floresta madura (mata alta) estão recobertas por esse tipo de formação vegetal. Um grande número de famílias que sobrevivem da agricultura de subsistência dependem do efeito de recuperação dos solos resultante do crescimento da mesma (RIOS et al., 2001).

As florestas tropicais secundárias, na maioria das vezes, são áreas resultantes de perturbações humanas onde ocorre a perda da floresta primária original e o desenvolvimento progressivo de uma nova vegetação. Estas florestas são resilientes e conservam as características de rica diversidade e alta capacidade de regeneração, como aquelas encontradas frequentemente na Amazônia, especialmente na região nordeste do estado do Pará (CORDEIRO et al., 2017). São florestas sucessionais que se desenvolvem após o desmatamento da floresta original, e a sucessão secundária é completa quando elas se desenvolvem novamente em comunidades clímax ou florestas primárias (CHOKKALINGAM e DE JONG, 2001).

Este grande e crescente recurso renovável pode fornecer uma ampla gama de bens e serviços valiosos importantes nos níveis local, nacional e internacional. Para estabelecer políticas claras em relação às florestas secundárias, integrá-las nos planos de uso da terra e orientar seu manejo e desenvolvimento por caminhos sustentáveis, é essencial primeiro identificar claramente a verdadeira natureza do recurso e os diferentes tipos que ele abrange (CHOKKALINGAM e DE JONG, 2001).

O manejo florestal é uma prática realizada em florestas tropicais da África, Ásia e América Latina (D'OLIVEIRA et al., 2017; PEARSON et al., 2017; PUTZ et al., 2019). Conforme previsto no inciso VI do Art. 3º da Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006, o manejo florestal:

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

A conservação das florestas tropicais para as gerações futuras, ocorrerá principalmente em florestas modificadas pelo homem (desmatadas e manejadas). Neste contexto, as intervenções silviculturais são consideradas por muitos silvicultores tropicais e ecologistas florestais como ferramentas capazes de conservar efetivamente a biodiversidade das florestas tropicais e os serviços ecossistêmicos, estimulando a produção florestal (PETROKOFISKY et al., 2015).

Para tornar o manejo compatível com a conservação da biodiversidade original, as intervenções não devem levar a mudanças substanciais ou duradouras na composição das espécies vegetais e na diversidade dependente em outros níveis tróficos. Até agora, há apenas escassa informação sobre possíveis limites de intensidade de intervenção na qual tais mudanças de composição podem ocorrer em florestas tropicais (AVILA, 2017).

O estudo da estrutura de uma floresta é fundamental para apoiar práticas de manejo sustentável, previsão de sua produção futura, conciliar produção e conservação de espécies raras e com baixa abundância, sendo um importante aliado no apoio às ações de restauração de uma floresta alterada (DIONÍSIO et al., 2018; SILVA et al., 2015).

As florestas secundárias, muito em função de sua dominância nas paisagens, têm assumido maior importância em conservação da biodiversidade e utilização econômica. Apesar de ser associada a perda da floresta primária ela possui funções ecológicas e econômicas essenciais. Estas áreas sob manejo de longo prazo podem se tornar uma alternativa econômica de uso da terra. A aplicação de perturbações organizadas em florestas secundárias, além de propiciar a melhoria da regeneração natural, permite plantios de enriquecimento, densificação assistida e a instalação de sistemas agroflorestais (CORDEIRO et al., 2017).

3.1.1 Espécies manejadas

Foram plantados indivíduos das espécies *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá) e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá), para realizar o enriquecimento e para instalar o SAFs foi manejado uma variedade de espécies florestais dentre elas estão: *Jacaranda copaia* (parapará), *Carapa guianensis* (andiroba) e *Acacia mangium* (Acacia).

A espécie *H. courbaril* pertence à família Fabaceae, tem altura de 15 a 20 m na fase adulta e o diâmetro pode chegar até 1 m. A espécie apresenta ocorrência em todo Brasil sendo classificada como uma espécie clímax. A espécie é caracterizada pela resiliência e desenvolvimento em diferentes tipos de solo, como em solos úmidos ou que possuem inundações temporárias e em terra firme. O fruto do jatobá é rico em proteína e utilizado para alimentação. A espécie é bastante visada para fins de plantios de áreas degradadas (DUBOC et al., 2016).

A espécie pode ser aplicada em locais de clareiras, até fechamento de dossel ou em bordas. Segundo Lorenzi (2002), são indicados para essas condições devido os frutos serem bastante procurados pela fauna e serem bastante indicados para os plantios de áreas degradadas destinadas à recomposição da vegetação arbórea.

A espécie Paricá *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby. Pertence à subfamília Caesalpinioideae, família fabaceae pertence à subfamília Caesalpinaceae da Leguminosae, tem altura de 15 a 40 m na fase adulta e 50 a 100 cm de diâmetro à 1,3 m de altura (DAP). A espécie é nativa da região amazônica, conhecida vulgarmente como paricá, pinho-cuiabano e guapuruvu (MODES, 2016). Apresenta ampla distribuição em altitudes de até 800 m, natural de florestas primária e secundária tanto em solos de terra firme como em várzea alta (DUCKE, 1939).

Normalmente, o paricá responde bem à maioria das práticas silviculturais (CORDEIRO, 1999). A espécie *S. parahyba* var. *amazonicum* se destaca por sua adaptação natural à região amazônica, resistência ao ataque de insetos e doenças, crescimento rápido, tolerância a solos de baixa fertilidade e facilidade de manejo (SCHWARTZ et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019).

Parapará (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.) pertence à família Bignoniaceae, sua distribuição é na região amazônica, em matas altas de terra firme (LORENZI, 1992). É uma árvore de crescimento rápido, fuste retilíneo de 20-30 m de altura com diâmetro até 100 cm,

cujo habitat é mata de terra firme e capoeiras velhas de terra firme (LOUREIRO et al., 1979).

Apresenta um rápido crescimento, sem lançamentos de ramificações e ocorre em florestas naturais da Amazônia, em solos de baixa fertilidade. Por essas características, tem sido indicado para reflorestamento e plantio no sistema de Integração Lavoura Pecuária (ILPF). A madeira é adequada para produção de laminados e também destinada à polpa para papel (KANASHIRO; YARED, 1991).

A andiroba (*C. guianensis* Aubl.) da família meliaceae é uma árvore de dossel que pode atingir mais de 30 m de altura, apresenta sapopemas baixos, tronco reto e cilíndrico. Ocorre em toda a bacia amazônica, nas matas de várzea ou em regiões alagadiças dos rios. A andiroba é uma espécie que apresenta uma cornucópia de benefícios às populações locais da Amazônia, devido a sua grande utilidade na indústria madeireira, seu valor ecológico e propriedades medicinais do óleo extraído das suas sementes (LORENZI, 1979.)

A andiroba é uma espécie de grande plasticidade, possui bom desenvolvimento sob condições de sombreamento, mas também apresenta desempenho favorável em plantios a pleno sol (AZEVEDO et al., 1997; LIMA, 1999). Esse tipo de espécie pode ser considerada como pioneira antrópica, de acordo com o conceito proposto por (KAGEYAMA e GANDARA, 2000). Neste contexto, é comum o plantio de andiroba a pleno sol ou no estágio inicial dos sistemas agroflorestais, como espécie pioneira.

A. mangium (Acácia) da família Mimosaceae é uma espécie pioneira e heliófita, que aparece de forma dispersa nas margens de áreas de cultivos agrícolas ou nas margens de florestas naturais. Em seu habitat natural, alcança de 25 a 30 m de altura (em condições adversas não chega a 10 m) e 90 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983; Yared et al., 1990). A *A. mangium* cresce bem em solos compactados, erodidos e degradados, em declividades acentuadas e em locais infestados com ervas daninhas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983; CATIE, 1992).

O sucesso da *A. mangium* em plantios comerciais é devido ao seu crescimento vigoroso, tolerância a solos ácidos e pobres, habilidade para se desenvolver bem em condições onde a competição é severa, relativa tolerância a doenças e boas propriedades da madeira para utilização em diversos fins (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983).

3.2 Caracterização de clareiras florestais

A abertura de clareiras decorrente da queda de pequenos galhos ou morte natural de uma ou mais árvores, são distúrbios comuns de pequena escala, formando uma abertura no dossel da floresta. Essas clareiras naturais são a forma mais visível de perturbação em ambientes de floresta natural (SIRI et al., 2019). As clareiras artificiais que são ocasionados pelo corte de árvores tem um grande impacto em relação as clareiras naturais. Modificações na floresta ocasionada pela exploração madeireira alteram diversos fatores, como a regeneração natural, crescimento, mortalidade e recrutamento de indivíduos que integram as comunidades destas florestas (SCHWARTZ et al., 2012; DIONISIO et al., 2018).

Podem ser classificadas em pequenas, médias e grandes, variando de acordo com sua abertura. Algumas espécies florestais apresentam estratégias próprias para se adaptarem de acordo com os distúrbios gerados pelas clareiras, visto que, a entrada de radiação solar ocorre de forma mais intensa e em diferentes quantidades (JARDIM, 2015). A abertura dessas clareiras é acompanhada por alterações nas condições ambientais no local, sendo a principal delas o aumento da disponibilidade de irradiância (JARDIM et al., 2007), que impulsionam o início dos processos dinâmicos da regeneração natural, que são fundamentais para garantir a renovação das florestas tropicais (PUIG, 2008)

Um fator determinante para o comportamento das espécies é a radiação solar. Diante disso, é notório que a ocorrência de clareiras dentro de uma floresta possibilita regular a estrutura da população, permitindo assim que a plântula se estabeleça (MACIEL et al., 2003). Conseqüentemente, a quantidade de luminosidade que chegam até o piso da floresta variam em relação ao tamanho das clareiras, como exemplo as clareiras pequenas, normalmente beneficiam as espécies intermediárias e clímax em detrimento das pioneiras (JARDIM et al., 2007).

A formação de clareiras pela mortalidade de árvores adultas é considerada um processo-chave, uma vez que aumenta a disponibilidade local de recursos, mais notavelmente a luz (GRUBB 1977; SWAINE e WHITMORE 1988; Marra et al., 2014). Árvores exigentes de luz (pioneiras) ganham o potencial de se promover e ocupam a clareira pela dispersão eficiente e de rápido crescimento (DENSLOW, 1987; CLARK, 2001; DALLING et al., 2004)

. Desta forma, cada vez mais os estudos se direcionam para a compreensão da dinâmica e parâmetros estruturais de florestas tropicais exploradas, bem como os impactos causados pelo manejo sustentável nas florestas remanescentes. Avanços nas tecnologias de sensoriamento

remoto, embora englobem custos elevados, em determinadas modalidades, corroboram para que o levantamento dos dados possa ser feito com alta precisão, qualidade e adaptação às diferentes situações (FIGUEIREDO et al., 2007). A dinâmica de clareiras é considerada um ponto chave para compreender estas mudanças, pois é fundamental para o desenvolvimento e estrutura das florestas, principalmente florestas tropicais, tendo em vista que afeta diretamente o sistema de regeneração natural das mesmas (HUNTER et al., 2015).

O estudo da regeneração natural é uma importante ferramenta para obter informações sobre o ingresso e sobrevivência de espécies que estão associados a formação das clareiras em decorrência da exploração, entre outras informações fundamentais para embasar as próximas explorações madeireiras e as intervenções silviculturais (QUADROS et al., 2013). No entanto, entender o processo de regeneração das espécies é uma tarefa complexa, pois está relacionada às características ecológicas das espécies e às condições ambientais (SANTOS et al., 2015).

3.3 Restauração florestal

A preocupação com a reparação de danos provocados pelo homem aos ecossistemas não é recente e atualmente desponta como um importante desafio a ser superado. Neste sentido, têm sido estabelecidas plantações florestais no Brasil desde o século XIX por diferentes razões. Entretanto, somente na década de 1980, com o desenvolvimento da ecologia da restauração como ciência, o termo restauração ecológica e suas derivações passaram a ser mais claramente definidos (CURY et al., 2011).

A restauração florestal envolve a reconstrução gradual da floresta, resgatando sua biodiversidade, função ecológica e sustentabilidade ao longo do tempo, determinadas pelo resgate de várias espécies diferentes, incluindo outras formas de vidas além de árvores (ervas, arbustos, cipós e fauna) e também as funções que cada espécie desempenha, de forma isolada ou em conjunto (MOLINA et al., 2015).

A restauração de uma área degradada exige conhecimento da dinâmica das florestas e de suas formações, considerando a correlação entre as técnicas de restauração e as formas com que os ambientes se restabelecem por meio de processos naturais, lentos e graduais, substanciais ao aumento no número de espécies vegetais e animais, além de possíveis mudanças na composição da fauna e da flora durante as etapas regenerativas do sistema ecológico (ROCHA et al., 2016).

Para restaurar uma área degradada, é necessário entender o caminho da sucessão ecológica, os processos envolvidos nessa dinâmica e as técnicas utilizadas para mitigar os efeitos da degradação para alcançar a taxa de restauração exigida e para que a vegetação alcance sua resiliência (ROCHA et al., 2016).

No processo de restauração florestal, independentemente do método utilizado, torna-se necessária a execução de monitoramentos periódicos para avaliação de indicadores ou variáveis que demonstram o desenvolvimento da restauração, sendo possível, com esses resultados, avaliar se a evolução do processo de restauração está seguindo uma trajetória planejada ou se é preciso readequá-lo. Para isso, torna-se necessário avaliar um ecossistema de referência que esteja nas proximidades das áreas em restauração concomitantemente, pois remanescentes ou fragmentos florestais distantes comprometem a regeneração natural por meio da dispersão de sementes, realizada pela fauna silvestre (KAUANO et al., 2013).

As práticas de restauração florestal têm se tornado ferramentas indispensáveis para o desenvolvimento econômico sustentável, frente à degradação dos ecossistemas. Essas práticas devem ser acompanhadas do monitoramento contínuo e periódico dos indicadores, os quais demonstrem a eficiência do método aplicado (PRACH et al., 2019; MARTINS et al., 2020) para que seja possível identificar os desvios das trajetórias desejadas, fornecendo avaliações consistentes para os órgãos ambientais.

3.3.1 Técnicas e métodos de restauração

Em florestas secundárias ou áreas em processo de regeneração, decorrentes de ações antrópicas, possuem baixa diversidade, o plantio de enriquecimento é uma alternativa, pois se consiste em introduzir, por métodos ativos, espécies que não têm facilidade de colonização, tais como as raras, as ameaçadas ou com sementes muito grandes e de difícil dispersão (LAMB e GILMOUR, 2003). De acordo com Rodrigues e Gandolfi (2000) o plantio de enriquecimento pode ser utilizado em áreas muito degradadas e que não conservam nenhuma das características bióticas da formação original.

No Brasil, a principal técnica utilizada para a restauração ecológica de ambientes florestais é o plantio de mudas de espécies florestais (CAMARGO et al., 2002; LAMB, 2005). Essa técnica é baseada nos meios de produção silviculturais tradicionais, e foi utilizada por muitos anos sem considerar os processos ecológicos envolvidos na dinâmica das florestas, utilizando em sua maioria espécies exóticas, sem critérios de seleção, visando recriar a fisionomia florestal (RODRIGUES et al., 2009).

O plantio de mudas tem sido o método mais utilizado em projetos de restauração (FERREIRA et al., 2007), pois ameniza os fatores desfavoráveis, acelerando a sucessão natural (BROWN; LUGO, 1994; SILVA JÚNIOR et al., 1995). O método é eficaz, pois as mudas se estabelecem e crescem rapidamente, evitando as barreiras de germinação e mortalidade inicial de plântulas (HOOL et al., 2011). Os plantios de mudas podem ter alta diversidade de espécies e considerarem espécies pioneiras e tardias, garantindo a estruturação rápida e a manutenção da floresta (LAMB, 2005).

O sucesso do projeto de restauração de áreas degradadas por meio do plantio de mudas, depende do estabelecimento das espécies vegetais, considerando a taxa de sobrevivência e de crescimento dessas plantas, de maneira que o monitoramento, a partir do transplante da muda do viveiro para a área em restauração, é essencial (OLIVEIRA et al., 2015).

Em seus estudos sobre restauração de áreas degradadas, Aranha e Polisel (2020), apontam a importância do monitoramento do desenvolvimento das mudas, observando as necessidades da área e definindo a melhor forma de prosseguir, criando um ambiente mais favorável para o avanço da sucessão ecológica, de forma que o ambiente recupere sua resiliência.

O monitoramento de áreas em processo de restauração é justificado por crescentes questionamentos em relação ao tempo de monitoramento necessário para afirmar que determinada área se encontra restaurada e sobre a flexibilidade da variável empregada (REIS et al., 2014).

Outra técnica utilizada é o plantio que envolvem o consórcio de múltiplas espécies, e seus mais variados desenhos preveem a associação, no tempo e no espaço, de árvores com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas e forrageiras (NAIR, 1993). O sucesso dessa combinação depende da integração e complementaridade entre as diferentes espécies e suas funções, e das mais variadas práticas de manejo aplicadas a esses sistemas

Os SAFs, pela aproximação aos ecossistemas naturais em estrutura e diversidade, representam um grande potencial para a restauração de áreas e ecossistemas degradados. Podem ser empregados tanto como estratégia metodológica de restauração, com o objetivo de reduzir os custos por meio da compensação financeira em curto e médio prazos por produtos agrícolas e florestais, como para a constituição de agroecossistemas sustentáveis, com produtos orgânicos e saudáveis.

3.4 Regeneração natural

A regeneração natural consiste em todo e qualquer tipo de espécie vegetal nativa (ervas, arbustos, palmeiras e árvores) que se estabeleça naturalmente e se desenvolva nas áreas de restauração ecológica. A presença desses regenerantes representa grande importância para o projeto de restauração, visto que quanto maior ela for, menor a necessidade de introdução de indivíduos por meio de mudas ou sementes na área a ser restaurada. Adicionalmente, a regeneração natural permite a chegada de outras formas de vida vegetal, como arbustos, ervas e palmeiras, que são de elevada importância para acelerar o desenvolvimento da área em processo de restauração, reduzindo custos de manutenção (NAVE et al., 2015).

A regeneração natural constitui parte importante no processo de restauração de uma área, uma vez que auxilia na cobertura do solo e no incremento da biodiversidade (SCHIEVENIN et al., 2012; FERNANDES et al., 2019; HÜLLER et al., 2019; MIYAMURA et al., 2019).

Florestas que ocorre um processo natural de regeneração da vegetação são definidas como floresta secundária, áreas onde no passado houve corte raso da floresta primária. Nesses casos, quase sempre as terras foram temporariamente usadas para agricultura ou pecuária e a floresta ressurgiu espontaneamente após o abandono destas atividades. Na agricultura, principalmente a familiar, podem ser considerados três tipos de capoeiras (COSTA, 2004; SALOMÃO et al., 2012).

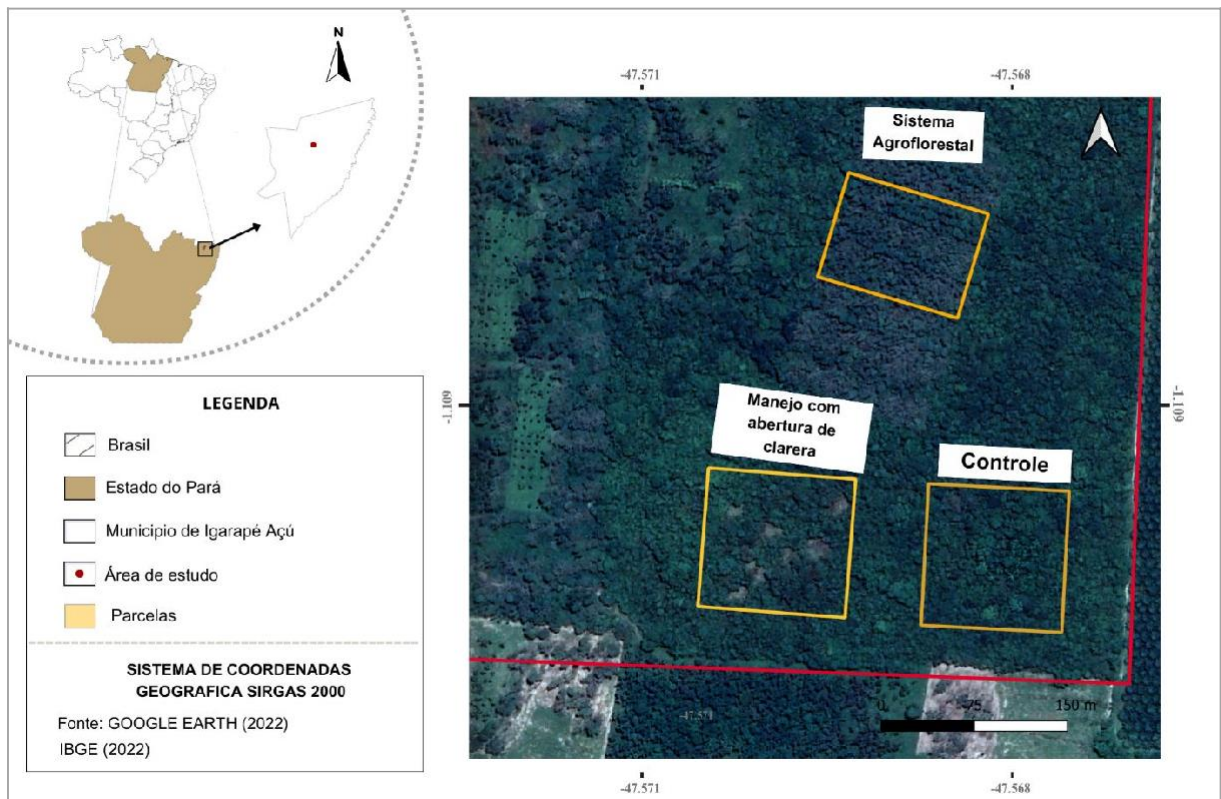
Durigan (2011) considerou que a regeneração natural é o que garante a sustentabilidade de um ecossistema florestal, já que formam a estrutura que abriga todas as outras espécies e propicia as condições necessárias para o desencadeamento dos processos ecológicos. Portanto, a regeneração natural é um importante indicador ecológico. De acordo com Zanetti e Siqueira (2011), a capacidade de regeneração florestal depende dos elos do processo regenerativo (herbívoros vertebrados, chuva de sementes e fatores físicos).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se na fazenda Fattoria Piave (Lat: 01°06'27,52" S e Long: 47°34'17,87"), no município de Igarapé- Açu, localizado na mesorregião do nordeste Paraense, Brasil (Figura 1). A propriedade tem uma área total de 79,16 ha, onde foram utilizados 3 ha para a instalação do experimento. O experimento é constituído de 3 áreas (parcelas), onde cada área tem 100m x100m (10.000 m²), ou seja, 1ha para cada área. O município de Igarapé Açu é caracterizado, historicamente, pela agricultura itinerante de derrubada e queima. Por meio disso, os ecossistemas que representam o cenário dessa localidade podem ser descritos com áreas alternadas, compostas por capoeiras.

Figura 1. Localização da área de estudo com distribuição das parcelas em floresta secundária no município de Igarapé-Açu, Pará - Brasil.



Fonte: Autor (2023)

Uma região do tipo Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme (IBGE, 2012). De acordo com a classificação de Köppen, é do tipo “Am”, tropical chuvoso, com temperatura média anual de 25 °C; precipitação anual 2.350 mm e umidade relativa do ar de 85%. É uma área caracterizada pelo excesso de umidade durante todo o ano. São áreas caracterizadas por chuvas intensas, devido a sua natureza convectiva, abundantes e frequentes ao longo do ano, o que justifica a inexistência de estação seca ou de curta duração (IBGE, 2014).

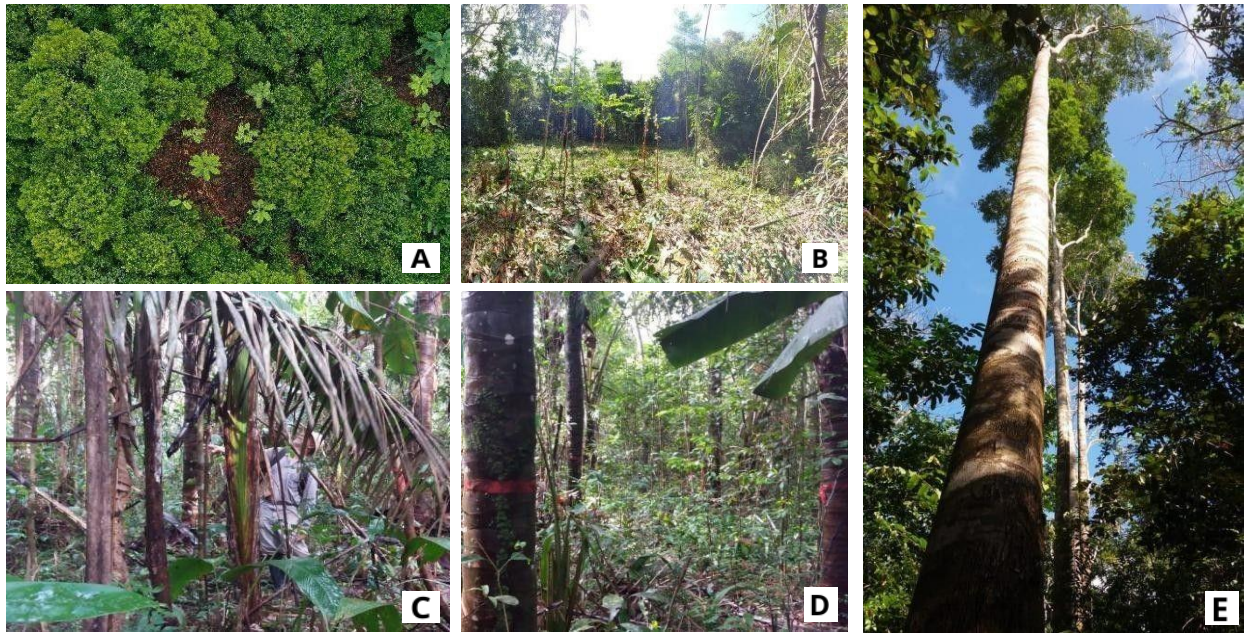
No município, o solo dominante é latossolo amarelo de textura média e solos concessionários lateríticos nas Terras Firmes, além da presença de solos hidromórficos indiscriminados e solos aluviais nas várzeas. Atualmente a cobertura florestal é do tipo Floresta Secundária e áreas destinadas à agricultura (FAPESPA, 2019).

4.1 Histórico da área

Uma região abandonada, atualmente em estado de degradação devido à prática de agricultura e pastagem por 30 anos. Foi implementado um hectare de Sistemas Agroflorestais (SAFs), enquanto o restante foi deixado para a ocorrência natural da sucessão ecológica, resultando em uma floresta secundária.

No ano de 2018, foi instalada uma parcela permanente no hectare dos SAFs e na área sem intervenção, no outro hectare foi sujeito à abertura de clareira e ao enriquecimento com o plantio de jatobá e paricá. Desde esse momento, a mencionada região tem sido objeto de monitoramento. Este acompanhamento foi realizado ao longo de quatro anos, com o propósito de avaliar diversos métodos de manejo e restauração (Figura 2).

Figura 2. Área das parcelas: (A) Imagem da clareira; (B) Indivíduos dentro das clareiras artificiais em floresta secundária no município de Igarapé-Açú; (C) Área sem intervenção (D); Área em processo de restauração florestal; (E) desenvolvimento do parapará no SAFs.



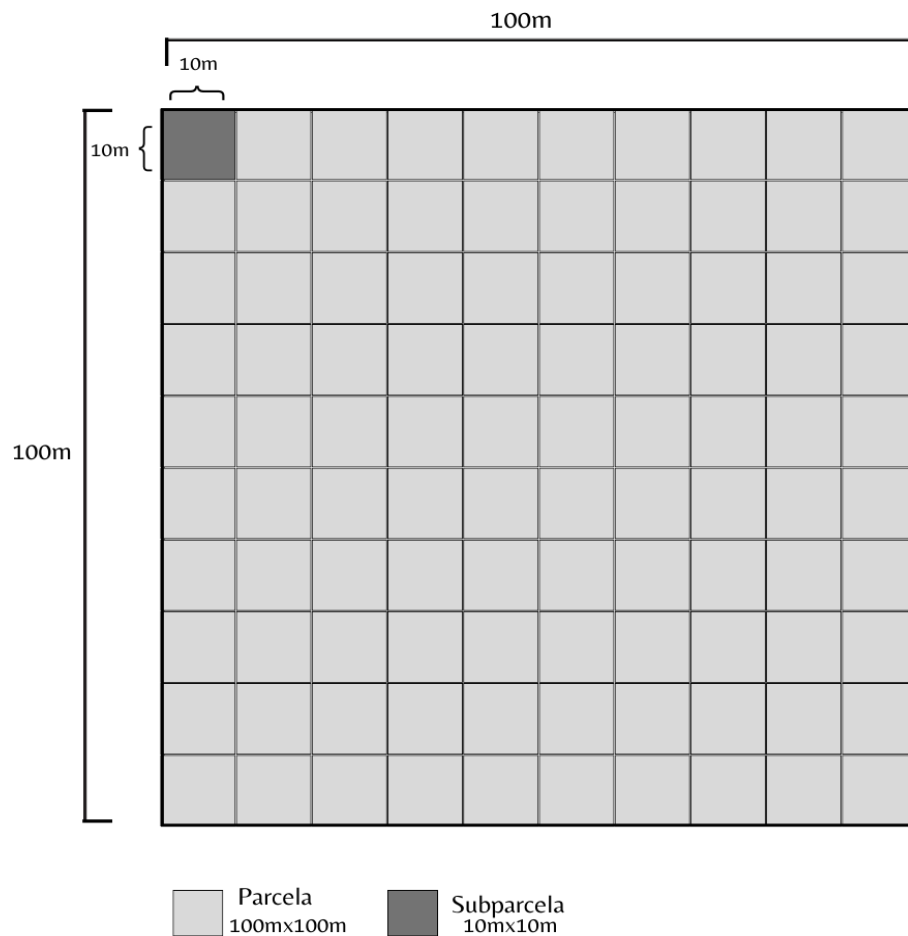
Fonte: Autor (2023)

4.2 Parcelas permanentes

Foram instaladas três parcelas permanentes nos segmentos da floresta secundária designada para estudo. Cada uma das parcelas abrangia uma área de 1 hectare (100 m x 100 m) e foi posicionada em locais distintos dentro da floresta, a saber, uma área sem intervenção (controle), uma área de manejo e uma terceira área de sistemas agroflorestais (SAFs).

Cada área de 1ha da floresta foi dividida em subparcelas 10m x 10m, totalizando 100 subparcelas em cada área (Figura 3), A metodologia do inventário foi uniforme para as 3 áreas do estudo, onde todos os indivíduos com $DAP \geq 5$ cm foram inventariados e identificados ao nível de espécies utilizando o inventário 100%.

Figura 3. Desenho esquemático de uma parcela permanente de 1 ha (100mx100m).



Fonte: Autor (2023)

A parcela designada como controle, não foi sujeita a intervenções humanas. Tornou-se uma área de sucessão ecológica para recuperação ambiental ao longo do tempo. Foram realizados levantamentos dos estratos arbóreos e da regeneração. Para registro das árvores, foram considerados todos os indivíduos arbóreos com $DAP \geq 5$ cm, presentes em todas as subparcelas de 10 m x 10m. Na parcela com intervenção, foram abertas sete clareiras, cada uma com aproximadamente 200 m², onde foram plantados indivíduos das espécies *H. courbaril* L. (Jatobá) e *S. parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá), para realizar o enriquecimento.

Na parcela com Sistemas Agroflorestais (SAFs), encontra-se uma área em processo de restauração, na qual foi implementado um Sistema com combinação de espécies florestais e

cultivo agrícolas em 2000. Foram plantados uma variedade de espécies florestais nativas e uma exótica, distribuídas em diferentes proporções. Em linhas e em espaçamento de 10 m x 10 m: *Jacaranda copaia* (parapará), *Carapa guianensis* (andiroba), *Theobroma cacao* (cacau) e *Acacia mangium* (Acacia).

4.3 Variáveis analisadas

O monitoramento foi realizado de 2018 a 2022, anualmente. Para cada indivíduo, foram anotados os seguintes parâmetros: altura total (m); DAP (cm); A altura foi estimada visualmente e o DAP foi obtido pela medição da circunferência do indivíduo por fita centimétrica. As variáveis analisadas foram: Diâmetro, altura, área basal, incremento periódico anual, taxa de mortalidade e taxa de recrutamento.

A área basal foi calculada de acordo com a equação 1.

$$A = \frac{(\pi \times DAP^2)}{4} \quad Eq. 1$$

Em que:

A = Área basal;

DAP = diâmetro à altura do peito.

O incremento periódico anual em diâmetro ($IPADAP$) foi calculado de acordo com a equação 2.

$$IPADAP = \frac{(DAP_f - DAP_i)}{T} \quad Eq. 2$$

Em que:

$IPADAP$ = incremento periódico anual;

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

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

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

A taxa de mortalidade e recrutamento foi calculada para cada área. Desta forma, foram calculadas as taxas anualizadas de mortalidade e recrutamento dos indivíduos utilizando as equações 2 e 3, respectivamente:

$$m = 1 - \left(\frac{N_{t2}}{N_{t1}} \right)^{\frac{1}{t}} \quad \text{Eq. 2}$$

– (1 – (

$$r = \left(1 - \left(1 - \left(\frac{I}{N_{t2}} \right)^{\frac{1}{t}} \right) \right) \times 100 \quad \text{Eq. 3}$$

m = taxa de mortalidade anual;

r = taxa de recrutamento anual;

N_{t1} = número de árvores vivas na amostragem inicial;

N_{t2} = número de árvores que sobreviveram até a segunda amostragem;

I = números de árvores recrutadas;

t = anos entre a primeira e a segunda amostragem.

A taxa de mortalidade foi calculada considerando as árvores vivas na primeira medição e as árvores vivas remanescentes nas avaliações sucessivas. A taxa de recrutamento foi calculada a partir de novas árvores, não presentes na primeira medição, com $DAP \geq 5$ cm na segunda medição.

4.4 Análise de dados

Para as análises estatísticas das taxas de mortalidade e recrutamento e incremento em

altura e em diâmetro, cada subparcela de 100 m² foi considerada uma repetição. Os dados foram analisados utilizando as análises de medidas repetidas no tempo (ANAVA). Em caso de diferença significativa entre tratamentos (áreas), foi utilizado o teste post-hoc de Tukey para comparação das variáveis que foram testada nas 3 áreas e analisar se há diferenças estatísticas entre elas. Todos os parâmetros de dinâmica e análises estatísticas foram realizadas no programa R versão 4.0.2 (R CORE TEAM, 2022), ao nível de $p < 0,05$ de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

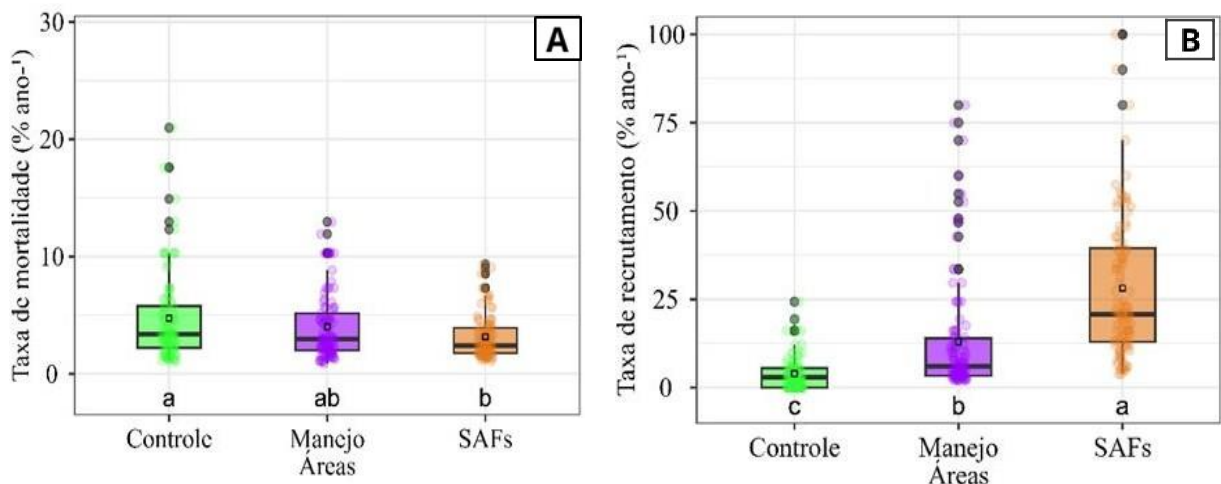
5.1 Taxa de mortalidade e recrutamento

Considerando todo o período de avaliação (2018 a 2022), foi observado uma variação na taxa de mortalidade nas áreas de estudo. A área de controle apresentou a maior taxa de mortalidade, registrando 4,74% ano⁻¹, seguida pela área de manejo, que apresentou uma taxa de 4,02 ano⁻¹. Pode-se observar que na área sem manejo houve uma taxa de mortalidade maior em relação à que teve intervenção (Figura 4a).

Valores da taxa de mortalidade nas áreas foram superiores aos valores registrados por Felfili (1995a), van den Berg (2001), Pinto (2002), Lopes e Schiavini (2007), Oliveira e Felfili (2008) e Machado e Oliveira-Filho (2010). De acordo com Felfili (1995a), valores de taxa de mortalidade próximos a 3,5% ano⁻¹ são típicos de áreas que sofreram distúrbios.

Em relação às taxas de recrutamento, observou-se uma clara disparidade entre as áreas. A área envolvendo Sistemas Agroflorestais (SAFs) se destacou com a mais alta taxa de recrutamento, atingindo 32,99% ano⁻¹. A área de manejo apresentou uma taxa intermediária de 11,61 ano⁻¹, enquanto a área de controle exibiu a menor taxa, totalizando 3,86 ano⁻¹ (Figura 4b).

Figura 4. Boxplot mostrando a taxa média de mortalidade (A) e recrutamento (B) das áreas: controle, manejo de SAFs em floresta secundária manejadas ao longo de 4 anos (2018-2022) no município de Igarapé Açú, PA, Brasil. O quadro no meio do box significa a média, a linha horizontal mais grossa representa a mediana, a caixa o intervalo interquartil e as linhas tracejadas os valores extremos, respectivamente. Letras indicam diferenças estatísticas significativas ($p = 0,05$) em ANOVA com o teste post-hoc de Tukey.



Não houve diferença significativa nas taxas de mortalidade entre as áreas durante o período em questão. A área de controle apresentou uma diferença estatisticamente significativa em comparação com a área de SAFs, exibindo o menor índice (3,14% ano⁻¹).

No que diz respeito às taxas de recrutamento, observou-se diferenças significativas entre as áreas. A área de SAFs destacou-se, exibindo uma taxa de recrutamento superior em comparação com as outras áreas, atingindo 32,99% ano⁻¹. A alta taxa de recrutamento está relacionada a características específicas da espécie *Jacaranda copaia*, com seu rápido crescimento, contribuiu para um maior desenvolvimento no SAF. Esses resultados sugerem a influência positiva dos SAFs.

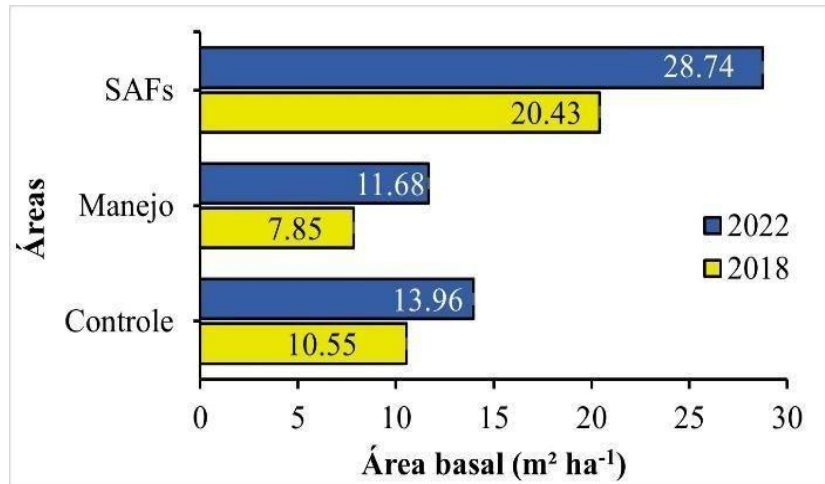
Foi observada uma correlação inversa entre a taxa de mortalidade e os recrutamentos nas áreas examinadas, destacando-se que as áreas de manejo e SAFs apresentaram a menor taxa de mortalidade, acompanhada por um aumento significativo no recrutamento. Análise dos dados revelou que na área não manejada (controle), houve uma maior taxa de mortalidade e um menor índice de recrutamento. Na área controle, foi observada uma maior taxa de mortalidade e um menor índice de recrutamento em comparação com as outras áreas, Essa disparidade pode ser atribuída à ausência de espécie de crescimento rápido, como *T. guianensis* e *J. copaia* presente nas outras áreas, que contribuiu para um maior recrutamento. Com base nessas constatações, é plausível afirmar que a implementação de Sistemas Agroflorestais (SAFs) ou práticas de manejo apresenta-se como uma estratégia mais vantajosa quando comparada à ausência de intervenção.

Estudar a dinâmica (mortalidade e recrutamento) é importante para subsidiar a restauração de áreas degradadas, iniciativas de conservação, manejo, proporcionando e maximizando o sucesso das espécies quando utilizadas na restauração de áreas florestais perturbadas (ROLIM et al. 1999; SCHIAVINI 2001; LOPES ; Schiavini 2007; AQUINO et al.,).

5.2 Área basal

Analisando a área basal das diferentes áreas, destaca-se a área de SAF, cujos valores foram de 20.43 m² ha⁻¹ em 2018 e 28.74 m² ha⁻¹ em 2022. Por outro lado, em comparação com as outras, a área de manejo apresentou a menor área basal, no ano de 2018 registrando 7.85 m² ha⁻¹ e 11.68 m² ha⁻¹ em 2022 (Figura 5).

Figura 5. Gráfico mostrando a área basal das áreas: controle, manejo e SAFs em floresta secundária manejadas ao longo de 4 anos (2018-2022) no município de Igarapé-Açú, PA, Brasil.



Diante disso, o SAFs incrementou 8.37% a mais que a área de manejo e 16,58% a mais que a área controle. Ela possui maior área basal comparando com as outras áreas, Isso se deve à influência do maior número de indivíduos por unidade de área, ou seja, a área possui uma grande quantidade de espécie *Jacaranda copaia*, tendo em vista que essa espécie possui um crescimento rápido, isso contribui para uma maior área basal em comparação às outras áreas.

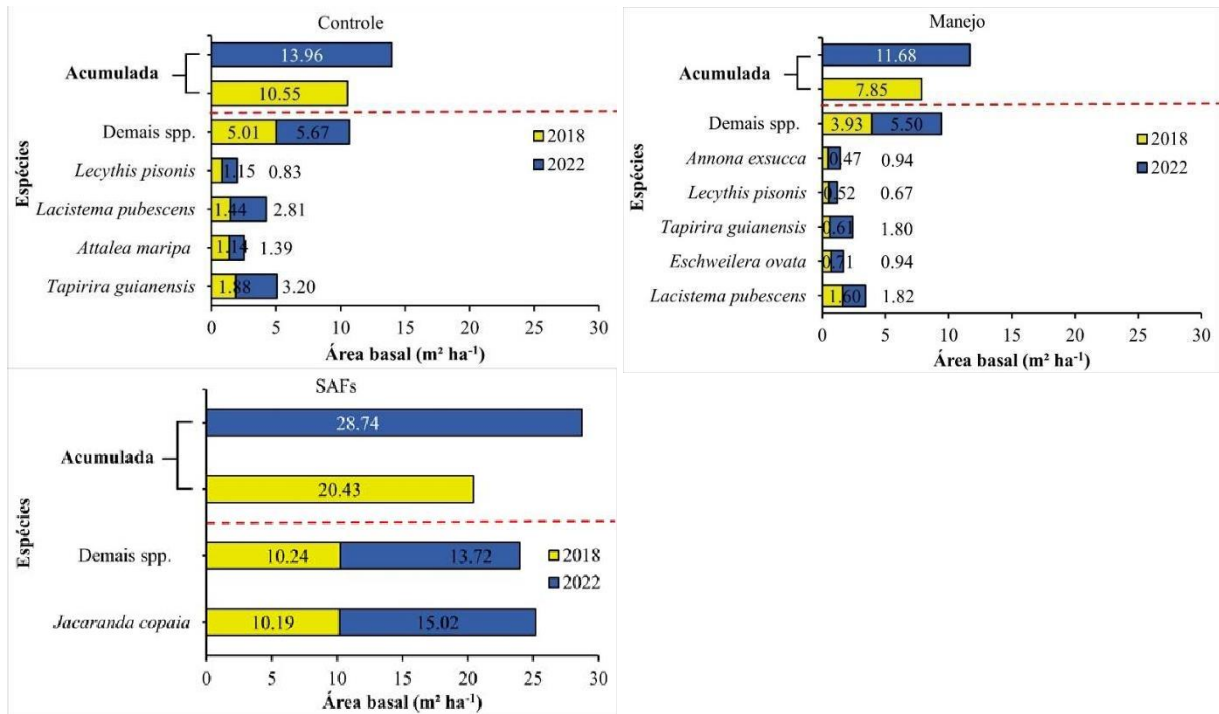
Uma espécie que cresce muito rapidamente, o que é importante para a regeneração de matas de capoeira. Por isso, esta espécie é bastante indicada para uso em reflorestamento. Espécie que possui baixa densidade básica (SCANAVACA, 2017) é bastante utilizada em plantios comerciais devido ao rápido crescimento com fuste retilíneo e cilíndrico, possui facilidade de propagação de mudas e à possibilidade de utilização da madeira na indústria de compensados, laminados e marcenaria (IPEF, 2016; TONINI et al., 2008).

Como afirma Schneider (1986), um alto valor de área basal pode ser devido, tanto a um grande número de árvores de pequenos diâmetros, como a um pequeno número de árvores com grandes diâmetros. À medida que o número de árvores por hectare aumenta, ocorre um aumento significativo da área basal até atingir o ponto de competição entre as árvores.

Um bom desenvolvimento durante os anos de monitoramento com significativo aumento, torna a floresta mais produtiva. Aplicações importantes para o manejo florestal, pois reflete a produção da área da floresta.

Figura 6. Área basal das espécies que predominam as áreas controle, manejo e SAFS em uma área de

floresta secundária em Igarapé Açú, PA, Brasil.



Durante o período de monitoramento, que abrange os anos de 2018 a 2022, observou-se que o SAF foi concentrado em poucas espécies, sendo que a predominância é da espécie *J. copaia*. Essa espécie ocupou aproximadamente 49,87% da área basal total do SAF durante o ano de 2018. Ao longo do período de monitoramento, essa proporção aumentou para aproximadamente 52,88% em 2022.

Desde a década de 90 a utilização dessa espécie em SAFs, programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas vêm sendo avaliados nas Américas do Sul e Central, apresentando bons resultados (BUTTERFIELD, 1996; MONTAGNINI, 1992; PECK E BISHOP 1992).

No Nordeste Paraense há muitas florestas secundárias com regeneração de espécies de valor comercial e boa performance de crescimento e sobrevivência. De acordo com Schwartz (2007), espécies como a *T. guianensis* e *J. copaia* podem atingir níveis elevados de produção, uma vez manejados adequadamente. Isso explica a predominância das espécies nas áreas.

Na área controle, as espécies que predominam são *Lecythis pisonis*, *Lacistema pubescens*, *Attalea maripa* e *Tapirira guianensis*. A análise da área basal revela que *Tapirira guianensis* é a espécie dominante, ocupando a maior extensão (3,20 m² ha⁻¹), ocupando cerca de 30,33% em 2022 em comparação com as demais espécies mencionadas.

Tapirira guianensis é encontrada em várias formações vegetacionais da Amazônia, em

matas ciliares e em florestas pluviais do Nordeste, Sudoeste e Sul e em formações secundárias, sobre solo úmido (SILVA-LUZ, 2011). Existem poucos dados de crescimento da cupiúva em plantios. Contudo, o desenvolvimento no campo é rápido.

As espécies predominantes na área de manejo foram, *Annona exsucca*, *Lecythis pisonis*, *Tapirira guianensis*, *Eschweilera ovata* e *Lacistema pubescens*. Dentre essas, destaca-se *Lacistema pubescens*, que apresenta a maior área basal. Em comparação com as demais espécies, ela ocupa a maior extensão, alcançando 1,82 m² ha⁻¹ em 2022, cerca de 15,41%, consolidando sua posição como espécie dominante na área de manejo.

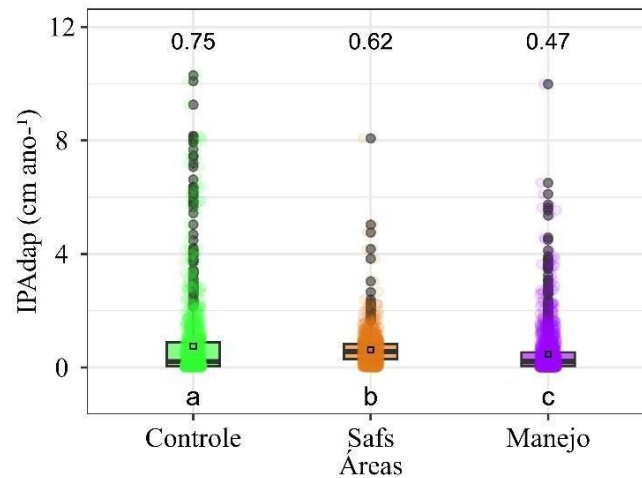
5.3 Incremento Periódico Anual

Durante o período de avaliação de quatro anos, foi observada uma diferença significativa no Incremento Periódico Anual (IPA) entre as diferentes áreas, nomeadamente, Controle (0,75 cm ano⁻¹), SAFs (0,62 cm ano⁻¹) e Manejo (0,47 cm ano⁻¹) (Figura 7).

O incremento periódico foi significativamente maior na área de Controle, seguida pela área de Sistemas Agrofloretais (SAFs), enquanto a área de Manejo apresentou o menor incremento ao longo do período avaliado, percebe-se uma relação entre o incremento e a área basal. Pode-se inferir que o Incremento Periódico Anual (IPA) na área de Controle teve uma taxa mais elevada devido à presença de uma considerável quantidade de espécies de crescimento rápido.

Essa observação ressalta a influência direta da composição específica da vegetação nas taxas de crescimento anual. A presença predominante de espécies de crescimento rápido na área de Controle contribui para um incremento periódico mais expressivo em comparação com outras áreas. Destacamos aqui as espécies *Lacistema pubescens* e *Tapirira guianensi* devido ao seu notável crescimento acelerado, destacando-se especialmente na área controle com a maior área basal. Esta característica desempenhou um papel significativo também no aumento do incremento.

Figura 7. Boxplot mostrando o Incremento Periódico Anual em diâmetro de indivíduos das áreas de controle, SAFs e manejo, em floresta secundária, no município de Igarapé-Açú, PA, Brasil.



Conforme Fox et al.(2001) a variação deste incremento é muitas vezes considerada aleatória e é devido segundo Roitman (2011), a grande dificuldade em se quantificar o efeito de cada um dos fatores que interferem nas taxas de crescimento na floresta. As decisões de manejo são tomadas com base na predição do crescimento e na produção que os povoamentos podem alcançar de acordo com suas respectivas taxas, por isso é imprescindível obter informações confiáveis a respeito do crescimento das árvores (SILVA et al.,1995).

O conhecimento sobre o incremento periódico anual é ferramenta importante para conhecer a produção de biomassa florestal da comunidade e identificar possíveis pontos de melhoria do sistema via manejo e intervenções para conduzir de forma sustentada a recomposição do sistema natural (JUNIOR,Ronaldo et al., 2023).O incremento da floresta, obtido por parcelas permanentes, representa a produtividade necessária para determinar o tempo de recuperação da floresta (FREITAS,s.d.,p3).

6. CONCLUSÃO

Em relação às taxas de mortalidade, foram observadas diferenças significativas entre as áreas analisadas.

No que concerne às taxas de recrutamento, foram identificadas diferenças significativas entre as áreas estudadas, a área de SAF apresentou um recrutamento mais elevado em comparação com as demais.

Quanto ao Incremento Periódico Anual (IPA), verificou-se uma diferença significativa entre as áreas, sendo que a Área Controle registrou o maior incremento.

A área de SAFs apresenta a maior área basal, com predominância atribuída à espécie *Jacaranda copaia*.

Na Área Controle, a espécie dominante é *Tapirira guianensis* e na Área de Manejo, predomina a espécie *Lacistema pubescens*.

Durante os 4 anos de monitoramento, podemos afirmar que a implementação de Sistemas Agroflorestais (safs) ou práticas de manejo apresentou-se como uma estratégia mais vantajosa quando comparada à ausência de intervenção para recuperação de áreas degradadas por pastagens no nordeste do Pará.

REFERÊNCIAS

ABADIAS, I. M.; DA FONSECA, P. R. B.; BARBOSA, C. H. **MANEJO DA PECUÁRIAUMA**

ANÁLISE SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS. Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio ambiente, v. 24, n. 1, jan-jun, p. 113-125, 2020.

Aliança pela Restauração na Amazônia, 2020. Panorama e Caminhos para a Restauração de Paisagens Florestais na Amazônia. **Position paper**: 16p. ISBN 978-65-00-12760-7.

AKINDELE, S. O.; ONYEKWELU, J. C. Review silviculture in secondary forests. In: **Silviculture in the Tropics. Springer, Berlin, Heidelberg**, 2011. p. 351-367.

A, S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.801-809, 2004

AZEVEDO, C. P. de et al. Formação de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. - Meliaceae): I resposta a diferentes níveis de sombreamento. **Revista da Universidade do Amazonas. Série: Ciências Agrárias, Manaus**, v. 6, n. 1/2, p. 1-12, jan./dez. 1997

BOTKIN, Daniel B.; KELLER, Edward A. **Ciência Ambiental - Terra, um Planeta Vivo, 7ª edição**. Grupo GEN, 2011. *E-book*. ISBN 978-85-216-2277-2. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2277-2/>. Acesso em: 10 fev. 2023.

BAAR, R.; CORDEIRO, M.R.; DENICK, M.; FRISTER, H. **Floristic inventory of secondary vegetation in agricultural systems of East-Amazonia. Biodiversity and Conservation**, n. 13, p.501–528, 2004

BRANCALION, H.S., GALDOLFI, S., RODRIGUES, R. R. 2015. **Restauração Florestal**.

Oficina de Textos, São Paulo.

BROWN, S.; LUGO, A. **Rehabilitation of tropical lands: a key of sustaining.**

BRANCALION, P. H. S. et al. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, v. 2, 2012.

BUTTERFIELD, R.P. Early species selection for tropical reforestation: a consideration of

CORDEIRO, I. M. C. C.; SCHWARTZ, G.; DE BARROS, P. L. C. Florestas secundárias: Manejo, distúrbios e sistemas agroflorestais. Cordeiro IMCC, Rangel- Vasconcelos LGT, Schwartz G, Oliveira FA, organizadores. **Nordeste Paraense: Panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias Belém (PA): EDUFRA**, p. 255-76, 2017.

CATIE. Mangium (*Acacia mangium* Willd) **Especie de Árbol de Uso Múltiple en América Central**. Turrialba: CATIE, 1992. 56 p. (Colección de Guías Silviculturales, 5).

CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi **Ciencias Naturais**, 7:195–218. 2012.

CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: **Ciências Naturais, Belém**, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

Crawley, M.J. **The R Book, second ed.** Wiley, London. 2013.

CURY, ROBERTA T. S. **Manual para restauração florestal : florestas de transição / Roberta.**

T. S. Cury, Oswaldo Carvalho Jr. . -- Belém : IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2011.

DALLAQUA, F; FAZENDA, Á; FARIA, F. **Aprendizado Ativo com dados de Ciência Cidadã para o monitoramento de florestas tropicais.** In: Anais da I Escola Regional de Aprendizado de Máquina e Inteligência Artificial de São Paulo, SBC, p. 30-33, 2020.

DALLING, J.W.; WINTER, K.; HUBBELL, S.P. 2004. Variation in growth responses of neotropical pioneers to simulated forest gaps. **Functional Ecology** 18: 725–736.

DANAË M.A. ROZENDAAL, FRANS BONGERS, T. Mitchell Aide, et al Biodiversity recovery of Neotropical secondary forests. **Science Advances**.2019

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

DIONISIO, L. F. S.; CARVALHO, J. O. P.; SCHWARTZ, G.; LEÃO, F. M.; CASTRO, T.C. Incremento, recrutamento e mortalidade pós-colheita de *Duguetia* spp. na Floresta Nacional dos TAPAJÓS, PARÁ. **Scientia Forestalis**, 46, 119, 2018b. DOI: <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v46n119.05>. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr119/cap05.pdf>. Acesso em: 05 novembro. 2023.

DUBOC, E; VENTORIM, N. VALE, R. F; VIDE, A.. **Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa*)**. 2016

DUCKE, A. **As Leguminosas da Amazônia Brasileira. Serviço Floresta. Ministério da Agricultura**. Serviço de Publicidade Agrícola, Rio de Janeiro. 1939. p. 88.

ENGEL, Vera Lex. **Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações**. Botucatu: FEPAF, 1999.

FAPESPA. **Mapa mesorregiões do Pará**. [Belém, PA: FAPESPA 2019]. http://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2017_mapas/territorio/ter3_mesorregioes_paraenses.png.

FIGUEIREDO, E.O.; BRAZ, E.M.; D'OLIVEIRA, M.V.N. 2007. Manejo de Precisão em Florestas Tropicais: Modelo Digital de Exploração Florestal. Rio Branco: Embrapa, Acre, 184p. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/134690/1/16782.pdf>

GOMES, J. M.; CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, M. G. da; NOBRE, D. 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 Amazonica*, vol. 40, n. 1, p. 171-178, 2010.

HUNTER, M.O.; KELLER, M AL.2015. **Structural Dynamics of Tropical Moist Forest Gaps.** *PLoS ONE*, 10: e0132144.<<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132144>> Acesso em : 5 de Dezembro de 2023.

HOLL, K. D. & BRANCALION, P. H. S. Plantio de árvores não é uma solução simples. *Science*, v. 368, n. 6491, p. 580-581, 2020.

JARDIM,F.C. D.S.;SERRÃO,D.R.;NEMER,T.C.

Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA.*Acta Amazonica*, v. 37, p. 37-47, 2007

JARDIM F. C. S. (2015). Natural regeneration in tropical forests. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences** 58: 105-113.

JUNIOR, Ronaldo Silva; DIAS, Sarah; BARREIRA, Sybelle. INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO CONSORCIADAS COM EUCALIPTO. *Agrarian Academy*, v. 10, n. 20, p. 32-46, 2023.

KAGEYAMA, P. E GANDARA, F. Recuperação de áreas ciliares. In: Rodrigues, R.R, Leitão Filho, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: **Fapesp.** (249-270). 2000.

KANASHIRO, M.; YARED, J. A. G. **Experiências com plantios florestais na Bacia Amazônica.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL "O DESAFIO DAS FLORESTAS

NEOTROPICAIS", 1991, Curitiba. **O desafio das florestas neotropicais.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná; Freiburg: Universidade Albert Ludwing, 1991. p. 117-137

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, José Nivaldo. **Water storage in Eucalyptus urophylla progenies.** 2021.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.2, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 384 p. LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. da; ALENCAR, J. da C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus: INPA, 1979. 2 v.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. da; ALENCAR, J. da C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus: INPA, 1979. 2 v

LIMA, A. T.; MITCHELL, K.; O'CONNELL, D. W.; VERHOEVEN, J.; CAPPELLEN, P. V. The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. **Environmental Science and Policy**, v. 66, p. 227-233, 2016.

MONTAGNINI, F. Mixed tree plantations: experiments with native trees in Costa Rica and Argentina. **Agroforestry Today** v. 4, n. 3, p 4-5, 1992.

MODES, K. S. **Caracterização tecnológica da madeira de Schizolobium amazonicum Huber ex Ducke de florestas plantadas no estado de Rondônia** [tese]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; 2016.

MOLINA, Diogo e ISERNHAGEN, Ingo e COPETTI, Luciane. **Manual de restauração florestal de áreas de preservação permanente**, Alto teles pires, MT. . Brasília: The Nature Conservancy & LERF. Disponível em:

http://lerf.eco.br/img/publicacoes/2015_TNC_Manual_MT_INTERATIVO_17-9-2015.pdf.

Acesso em: 09 fev. 2023

MORAES L.F.D. et al. **Manual técnico para a restauração de área degradada no estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro 2013. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

National Academy of Sciences. **Firewood crops: shrub and tree species for energy production.** Washington, D.C., vol.1, 1980. 236 p.

National Research Council. **Mangium and other fast-growing acacias for the humid tropics.** National Academy Press, Washington D.C. 1983. 62 p.

NAVE, A. et al. Manual de restauração ecológica—técnicos e produtores rurais no extremo sul da Bahia. São Paulo: **LERF/ESALQ/USP: Bioflora Tecnologia da Restauração**, p. 23-28, 2016.

NEPSTAD, D. C.; UHL, C.; PEREIRA, C. A., SILVA, J. M. C. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. **Oikos**, v.76, p.25-39, 1996.

PALMA, A. C. & LAURANCE, S. G. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go?. **Applied Vegetation Science**, v. 18, n. 4, p. 561-568, 2015.

PEREIRA, C. A.; VIEIRA, I. C. G. **A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia.** Interciência, v.26, n.8, p.337-341, 2001.

POORTER, L.; BONGERS, F.; AIDE, T. et al. **Biomass resilience of Neotropical secondary forests.** *Nature*, v. 530, n. 7589, p. 211– 214, 2016.

PECK, R.B.; BISHOP, J. P. Management of secondary tree species in agroforestry systems to improve production sustainability in Amazonian Ecuador. *Agroforestry Systems* v. 17, n. 1, p. 53-63, 1992.

PUIG, H. A floresta tropical úmida. Ed. UNESP, 2008.

SANTOS, K. F.; FERREIRA, T. S.; HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; VANDRESEN, P. B.; COSTA, A.; SPADA, G.; SCHMITZ, V.; SOUZA, F. **Regeneração natural do componente arbóreo após a mortalidade de um maciço de taquara em um fragmento**

de floresta ombrófila mista em Lages/SC. *Ciência Florestal*, v. 25, n. 1, p. 107- 117, 2015.
<https://doi.org/10.5902/1980509817467>.

SATO, L. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; KELLER, M.; SANTOS, M. N.; ARAGÃO, L. E. DE O.

E C. DE. **Análise da relação entre dados de LiDAR e de biomassa florestal nosudoeste da Amazônia.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 17.,2015.

FREITAS, Joberto. Regulamentação de parâmetros técnicos em PMFS no âmbito do CONAMA.

SILVA, Helena Capela da; CONCEIÇÃO, Soany Elen Palheta da. **Dinâmica da serapilheira em uma floresta secundária na Amazônia Oriental.** 2021.

SILVA, C. R.; BRANDÃO, C. B. **Análise da decomposição da serapilheira na floresta da tijuca-rj através do uso de litter bags.** *Humboldt Revista de Geografia Física e Meio Ambiente*, v. 1, n. 1, 2020.

SLIK, JW Ferry et al. Uma estimativa do número de espécies de árvores tropicais. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 24, pág. 7472-7477, 2015.

SCHWARTZ, G.; PEREIRA, P. C.; SIVIERO, M. A.; PEREIRA, J. F.; RUSCHEL, A. R.; YARED, J. A. **Enrichment planting in logging gaps with *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby: a financially profitable alternative for degraded tropical forests in the Amazon.** *Forest Ecology and Management*, 274, 116-125, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.02.028>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112716311380?casa_token=dAJM_8

SCHAEFER, S. M. et al. **Monitoramento da restauração florestal e do manejo de floresta secundária em propriedade rural do Nordeste Paraense.** 2022.

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. Manejo sustentável de lorestas secundárias: espécies potenciais no nordeste do Pará, Brasil. *Amazônia: ciência e desenvolvimento*, n.3, p.125-147, 2007.

Shimizu, G. D.; Marubayashi, R. Y. P.; Goncalves, L. S. A. Package AgroR version 1.2.0. 2021.

SIRI, S.; PONPITUK, Y.; SAFOOWONG, M.; MAROD, D.; DUENGKAE, P. **The natural forest gaps maintenance diversity of understory birds in Mae Sa - Kog Ma Biosphere Reserve, northern Thailand.** *Biodiversitas*, v. 20, p. 191-189. DOI: 10.13057/biodiv/d20012, 2019. Disponível em: <https://www.smujo.id/biodiv/article/view/3404>. Acesso em: 05 novembro. 2023.

TAYLOR, A. R., & CHEN, H. Y. H. (2011). **Multiple successional pathways of boreal forest stands in central Canada.** *Ecography*, 34(2), 208–219. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/J.1600-0587.2010.0645.>> Acesso em : 15 de setembro de 2023

TER STEEGE, H. et al. **Estimating the global conservation status of more than 15,000 Amazonian tree species.** *Science advances*, v. 1, n. 10, p. e1500936, 2015.

UES, E. R.; MONTEIRO, R.; CULLEN JUNIOR, L. **Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo.**

Zuur, A., Ieno, E.N., Walker, N., Saveliev, A.A., Smith, G.M., 2009. **Mixed effects models and extensions in ecology with R.** Springer, New York

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