



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

LENA MONTEIRO COSTA

**ESTRUTURA DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS NOS SISTEMAS DE MANEJO COM
E SEM QUEIMA EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ**

**BELÉM
2023**

LENA MONTEIRO COSTA

**ESTRUTURA DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS NOS SISTEMAS DE MANEJO COM
E SEM QUEIMA EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ**

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

Orientador: Dr. Osvaldo Ryohei Kato.

Coorientadora: Dra. Débora Veiga de Aragão.

**BELÉM
2023**

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

- C837e Costa, Lena Monteiro
ESTRUTURA DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS NOS SISTEMAS DE MANEJO COM E SEM
QUEIMA EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ / Lena Monteiro Costa. - 2023.
66 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais (PPGCF), Campus
Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.
Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Ryohei Kato.
Coorientadora: Profª. Dra. Débora Veiga de Aragão.
1. Amazônia. 2. Tipitamba. 3. Regeneração. 4. Nordeste Paraense. 5. Agricultura Familiar. I. Kato,
Osvaldo Ryohei, *orient.* II. Título
-

CD 634.92

LENA MONTEIRO COSTA

**ESTRUTURA DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS NOS SISTEMAS DE MANEJO COM
E SEM QUEIMA EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ**

Projeto de dissertação, apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, como parte das exigências do curso de Mestrado em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Osvaldo Ryohei Kato.

Coorientadora: Dra. Débora Veiga de Aragão.

Data da Aprovação: 30/ 11 /2023

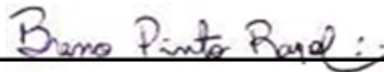
BANCA EXAMINADORA:



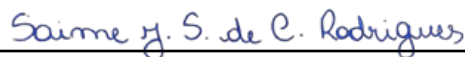
Dr. Osvaldo Ryohei Kato – Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA/EMBRAPA



- 1º Examinador: Silvio Roberto Miranda dos Santos
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA//ISARH



- 2º Examinador: Breno Pinto Rayol
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA//ICA



- 3º Examinador: Saime Joaquina Souza de Carvalho Rodrigues
Universidade Federal Rural da Amazônia – CIFOR-ICRAF

DEDICATÓRIA

Dedico à Deus e a minha Família, sem eles seria impossível a realização dos meus sonhos.

Gratidão Eterna!!!

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar que me deu forças, coragem para continuar essa jornada que só Eu e Deus sabemos, sempre me abençoando e me trazendo muitas lições de vida.

Aos meus pais, Sebastião Franco Costa e Maria dos Santos Monteiro Costa, por sempre acreditarem em mim e que estiveram ao meu lado em todos os momentos com seu amor incondicional.

Aos meus tios e tias, minha vizinha, aos meus irmãos, meus sobrinhos e meus cunhados(a) pelo apoio, pelo amor e pela maior torcida que eu poderia ter.

Aos meus amigos, Luana e Cristiano que me escreveram no mestrado. Rafael, Madson e Dian que estavam comigo nas dificuldades e nas superações ao longo desse mestrado. A Thainá e a Bruna, pela parceria e companheirismo.

Aos parobotânicos da EMBRAPA Amazônia Oriental, João e Ednaldo, pela grande força e dedicação que tiveram comigo em campo no inventário florístico na minha área de estudo.

E aos meus professores, por todo conhecimento compartilhado. Em especial ao meu orientador deste projeto, Prof^o. Dr. Osvaldo Kato, pela oportunidade, compreensão, dedicação, pelos conselhos e por toda paciência. Meu muito Obrigada!

A minha Coorientadora, Dra. Débora Veiga, pela paciência e dedicação.

A coordenação do curso que sempre me ajudou quando precisei, em especial a secretária Paula, tão atenciosa.

À Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA pela oportunidade de realização da pós-graduação para obtenção de título de mestre. A empresa EMBRAPA Amazônia Oriental pela parceria com o projeto.

A CAPES pela bolsa de Iniciação Científica concedida para o desenvolvimento deste trabalho.

Enfim, meu muito Obrigada à todos que estiveram comigo e na minha torcida.

“Garantir que as florestas públicas permaneçam sempre florestas, utilizando-as de forma sustentável”

(Hummel).

RESUMO

A utilização do fogo para preparar uma área agrícola resulta na eliminação de organismos do solo e em significativas perdas de nutrientes, prejudicando o sequestro e armazenamento de carbono, funções essenciais para a regulação climática global. Uma alternativa para substituir essa prática é o método de corte e trituração da vegetação, que mantém uma densa camada de matéria orgânica na superfície do solo, proporcionando cobertura e proteção contra a erosão. Neste sentido, o trabalho tem como objetivo avaliar a influência do método de preparo de área nos Sistemas Tradicional (Corte e Queima) e o Alternativo (Corte e Trituração) na regeneração da capoeira, nos anos de 2016 e 2022, localizado em Igarapé-açu. Foi realizado um levantamento da regeneração arbórea em três áreas pré-selecionadas, chamadas de corte e queima (CQ), corte e trituração (CT) e mata como referência (R) com tamanhos de 2 ha cada. Foram instaladas 10 parcelas nas áreas de CQ, CT e R, com dimensões de 10 m x 10 m cada, dispostas sistematicamente. As coletas dos dados foram realizadas no mês de agosto de 2016 (floresta secundária de 3 anos) e 2022 (floresta secundária de 4 anos), e incluíram todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito - $DAP \geq 2,0$ cm. Para estimar a altura total (HT) dos indivíduos, foram aplicadas estimativas visuais. Os indivíduos inventariados foram localmente identificados com seus respectivos nomes científicos por dois parobotânicos da EMBRAPA Amazônia Oriental e anotados em planilha de campo. As parcelas analisadas são oriundas de estudos de longa duração de manejo da vegetação secundária vinculado ao Projeto SHIFT-Capoeira, atualmente denominado de Tipitamba. No período de 2016 a 2022, a riqueza florística (S) diminuiu no método CT de 56,6 para 36, enquanto no CQ variou de 52,6 para 45,4, e na R passou de 75,8 para 63,5. A similaridade florística entre CT-CQ foi de 38,5% e 39,3%, CT-R foi de 22,7% e 20,1%, e CQ-R foi de 17,1% e 31,2%. A diversidade florística (H') no CT foi de 2,14 (2016) para 1,35 (2022), na CQ foi de 2,06 para 1,98, e na R foi de 2,32 para 2,2. A biomassa seca (BS) no CT aumentou de 3,4 para 4,15 t.ha⁻¹, com estoque de carbono (EC) de 1,53 para 1,87 Mg ha⁻¹. Na CQ, a BS variou de 1,4 para 2,52 t.ha⁻¹, com EC de 0,63 para 1,13 Mg ha⁻¹. Na R, a BS reduziu de 5,27 para 4,93 t.ha⁻¹, com EC de 2,37 para 2,22 Mg ha⁻¹. O método de preparo de área CT é mais adequado para a regeneração da capoeira, promovendo maior diversidade florística, equitabilidade, crescimento em altura, e alcançando valores de biomassa seca e estoque de carbono próximos aos observados na área R. Essa abordagem pode ser considerada uma alternativa mais sustentável e eficaz do que o CQ no contexto estudado. No entanto, é crucial levar em consideração não apenas os aspectos ecológicos, mas também os sociais e econômicos ao tomar decisões sobre práticas de manejo de áreas de capoeira.

Palavras chaves: Amazônia, Biomassa, Carbono, Regeneração, Trituração

ABSTRAT

The use of fire to prepare an agricultural area results in the elimination of organisms from the soil and significant losses of nutrients, impairing carbon sequestration and storage, essential functions for global climate regulation. An alternative to replace this practice is the method of cutting and grinding vegetation, which maintains a dense layer of organic matter on the soil surface, providing coverage and protection against erosion. In this sense, the work aims to evaluate the influence of the area preparation method in the Traditional (Cutting and Burning) and Alternative (Cutting and Crushing) Systems on the regeneration of capoeira, in the years 2016 and 2022, located in Igarapé-açu. A survey of tree regeneration was carried out in three pre-selected areas, called cut and burn (CQ), cut and crush (CT) and forest as reference (R) with sizes of 2 ha each. 10 plots were installed in the areas of CQ, CT and R, with dimensions of 10 m x 10 m each, arranged systematically. Data collection was carried out in August 2016 (3-year secondary forest) and 2022 (4-year secondary forest), and included all individuals with a diameter at breast height - $DAP \geq 2.0$ cm. To estimate the total height (HT) of individuals, visual estimates were applied. The inventoried individuals were locally identified with their respective scientific names by two parobotanists from EMBRAPA Amazônia Oriental and noted in a field spreadsheet. The plots analyzed come from long-term studies of secondary vegetation management linked to the SHIFT-Capoeira Project, currently called Tipitamba. In the period from 2016 to 2022, floristic richness (S) decreased in the CT method from 56.6 to 36, while in the CQ it varied from 52.6 to 45.4, and in the R it went from 75.8 to 63.5. The floristic similarity between CT-CQ was 38.5% and 39.3%, CT-R was 22.7% and 20.1%, and CQ-R was 17.1% and 31.2%. Floristic diversity (H') in CT went from 2.14 (2016) to 1.35 (2022), in CQ it went from 2.06 to 1.98, and in R it went from 2.32 to 2.2. Dry biomass (BS) in CT increased from 3.4 to 4.15 $t \cdot ha^{-1}$, with carbon stock (EC) from 1.53 to 1.87 $Mg \cdot ha^{-1}$. In CQ, BS varied from 1.4 to 2.52 $t \cdot ha^{-1}$, with EC from 0.63 to 1.13 $Mg \cdot ha^{-1}$. In R, BS reduced from 5.27 to 4.93 $t \cdot ha^{-1}$, with EC from 2.37 to 2.22 $Mg \cdot ha^{-1}$. The CT area preparation method is more suitable for capoeira regeneration, promoting greater floristic diversity, equitability, height growth, and achieving values of dry biomass and carbon stock close to those observed in area R. This approach can be considered a more sustainable and effective alternative than CQ in the studied context. However, it is crucial to take into account not only ecological, but also social and economic aspects when making decisions about management practices for capoeira areas.

Keywords: Amazon, Biomass, Carbon, Regeneration, Crushing

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Localização geográfica da microrregião Bragantina no Nordeste do Pará, do município de Igarapé-açu, da área em estudo – Fazenda Experimental de Igarapé-açu (FEIGA)	28
Figura 2 – Delimitação da área de estudo no município de Igarapé-açu, na Fazenda Experimental de Igarapé-açu (FEIGA)	29
Figura 3 – Croqui das parcelas nas áreas A (CT e CQ) e B (R).....	30
Figura 4 – Áreas estudadas sob os diferentes métodos de manejo, sistema alternativo de Corte e Trituração (a), o tradicional de Corte e Queima (b), localizado na FEIGA em Igarapé-açu. Ano de 2022	31
Figura 5 – Área de mata de Referência, localizado na FEIGA em Igarapé-açu. Ano 2022.....	31
Figura 6 – Método de preparo de área com trituração mecanizada da cobertura vegetal no sistema de Corte e Trituração (a) e a palhada ou restos vegetais da trituração após a eliminação da vegetação (b) localizado na FEIGA em Igarapé-açu.....	33
Figura 7 – Método de preparo de área com queima da cobertura vegetal no sistema de Corte e Queima (a) e o solo após a eliminação da cobertura com uso do fogo (b), localizado na FEIGA em Igarapé-açu	33
Figura 8 – Valores de riqueza florística encontrado nos três tratamentos avaliados (CT, CQ e R), nos anos de 2016 e 2022, na área da FEIGA/UFRA	40
Figura 9 – Gráfico comparativo de similaridade florística (%) para os três tratamentos avaliados, durante os anos de 2016 e 2022.....	41
Figura 10 – Índices de diversidade (H') das florestas secundárias formadas após a utilização dos diferentes métodos, tratamentos CT, CQ e R, nos anos de 2016 e 2022 na área da FEIGA/UFRA	45
Figura 11 – Índices de equitabilidade (E) das florestas secundárias formadas após a utilização dos diferentes métodos, tratamentos CT, CQ e R, nos anos de 2016 e 2022 na área da FEIGA/UFRA.....	46
Figura 12 – Valores de altura média para os tratamentos CT, CQ e R nos anos de 2016 e 2022 na área do experimento, FEIGA/UFRA	47
Figura 13 – Gráfico comparativo da estimativa da Biomassa seca ($t. ha^{-1}$) encontradas nos três tratamentos avaliados nos anos de 2016 e 2022 na FEIGA/UFRA.....	49
Figura 14 – Gráfico comparativo do estoque de carbono estimado nos três tratamentos avaliados nos anos de 2016 e 2022 na FEIGA/UFRA	49

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Histórico de manejo da área com Corte e Trituração (CT), Corte e Queima (CQ) e a área tomada como de Referência (R)	34
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Densidade (D) e Densidade relativa (Dr) das cinco principais famílias encontradas nas florestas secundárias formadas após a utilização dos sistemas de preparo de área: Corte e Trituração (CT) e Corte e Queima (CQ) e, também, na área de Referência (R), estudadas na Fazenda Escola de Igarapé-açu/Universidade Federal Rural da Amazônia (FEIGA/UFRA), nos anos de 2016 e 2022	38
Tabela 2 – Densidade total (D), Densidade relativa (Dr) e Dominância das 6 espécies mais abundantes amostrados nas florestas secundárias formadas nos sistemas Corte e Trituração (CT), Corte e Queima (CQ) e a área de Referência (R), na área em estudo, nos anos de 2016 e 2022	44
Tabela 3 – P-valor da ANOVA e do teste t-student para os dados de biomassa seca (e estoque de carbono) dos tratamentos avaliados (CT, CQ e R) nos anos de 2016 e 2022.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	QUESTÕES CIENTÍFICAS	18
3	HIPÓTESES	18
4	OBJETIVOS	18
4.1	Objetivo Geral	18
4.2	Objetivos Específicos	18
5	REVISÃO DA LITERATURA	19
5.1	Projeto Tipitamba	19
5.2	Manejo de florestas secundárias	20
6	MATERIAL E MÉTODOS	28
6.1	Área de Estudo	28
6.2	Demarcação da área de estudo	28
6.3	Histórico da área de estudo	32
6.4	Coleta de dados florísticos	35
6.4.1	Riqueza florística (S)	35
6.4.2	Densidade relativa (Dr)	35
6.4.3	Dominância (Do)	35
6.4.4	Diversidade (H')	35
6.4.5	Equitabilidade (E)	36
6.4.6	Similaridade florística	36
6.4.7	Estimativa da biomassa seca (BS) e estoque de carbono-biomassa acima do solo (EC)	36
6.5	Análise estatística dos dados	37
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
7.1	Estrutura horizontal	38
7.1.1	Estrutura Florística	38
7.1.2	Índices de Diversidade e Equitabilidade	45
7.1.3	Altura	47
7.2	Biomassa seca e estoque de carbono na biomassa acima do solo	48
8	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICE 1 – Densidade total (D), Densidade relativa (Dr) e Dominância das 20 espécies mais abundantes amostrados nas florestas secundárias formadas nos sistemas Corte e Trituração (CT), Corte e Queima (CQ) e a área de Referência (R), na área experimental da FEIGA, no ano de 2016	65
	APÊNDICE 2 – Densidade total (D), Densidade relativa (Dr) e Dominância das 20 espécies mais abundantes amostrados nas florestas secundárias formadas nos sistemas Corte e Trituração (CT), Corte e Queima (CQ) e a área de Referência (R), na área experimental da FEIGA, no ano de 2022	66

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais desempenham um papel fundamental como vastos depósitos de biodiversidade, representando um dos ecossistemas mais enigmáticos do planeta (REZENDE *et al.*, 2018; ZWIENER *et al.*, 2021). Além disso, essas florestas desempenham funções ecológicas, sociais e econômicas fundamentais, contribuindo para a regulação climática (CARLUCCI *et al.*, 2021), fornecendo recursos naturais (PIRES *et al.*, 2021; ROSA *et al.*, 2021) e promovendo o bem-estar humano (LOVERIDGE *et al.*, 2021). Apesar de sua importância, essas áreas florestais têm enfrentado alterações e, em alguns casos, degradação devido à atividade humana, resultando na diminuição da capacidade de regeneração após eventos como incêndios (HOBBS *et al.*, 2006; JAKOVAC *et al.*, 2021).

A degradação das florestas tropicais emerge como uma preocupação significativa, pois está intrinsecamente ligada à redução da complexidade estrutural. Esse declínio é provocado pela diminuição na quantidade de sementes, na fertilidade ao longo do tempo e na microbiota do solo (MAXWELL *et al.*, 2016). Florestas que exibem uma complexidade estrutural mais desenvolvida são amplamente reconhecidas por sua notável adaptabilidade, estabilidade e resiliência. Essa característica torna essas florestas mais capazes de resistir e se recuperar de mudanças ambientais e perturbações no ecossistema, contribuindo assim para a preservação da biodiversidade e a manutenção do equilíbrio ecológico. (ZENNER, 2016; EHBRECHT *et al.*, 2021). Adicionalmente, a complexidade estrutural, que depende da diversidade de classes de diâmetro e altura, área basal, entre outros fatores, está estreitamente vinculada ao funcionamento do ecossistema. Ela desempenha um papel crucial no aumento da riqueza de espécies e diversidade, além de contribuir para o acúmulo de biomassa e estoque de carbono (PENONE *et al.*, 2019; EHBRECHT *et al.*, 2017).

Anualmente, extensas áreas na Amazônia brasileira sofrem desmatamento significativo. No período compreendido entre 01 de agosto de 2021 e 31 de julho de 2022, o valor estimado do desmatamento atingiu 11.568 km² de maneira geral, conforme dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esse montante representa uma redução de 11,27% em comparação com a taxa de desmatamento registrada em 2021, a qual foi de 13.038 km², conforme indicado pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) nos nove Estados da Amazônia Legal Brasileira (ALB). É relevante notar que os estados do Pará, Amazonas, Mato Grosso e Rondônia correspondem a 87,89% do desmatamento estimado na ALB. Apesar de uma redução de 20,94%, o Pará permanece como o principal contribuinte absoluto para o desmatamento, totalizando 4.141 km² (INPE, 2022).

A maioria dos ecossistemas e suas comunidades florestais na Amazônia brasileira encontra-se em estágio secundário de sucessão, em grande parte devido ao uso do solo, que, em diferentes graus, provoca perturbações e desestruturação (LUGO, 2009; MAZON *et al.*, 2019). Diversos fatores contribuem para essa situação, incluindo a implantação de monocultivos de grãos, a produção de carvão vegetal para abastecer grandes siderúrgicas e mineradoras, a extração ilegal e depredatória de madeira, a expansão da pecuária, a abertura de estradas, a colonização de novas fronteiras e a prática agrícola de derrubada e queima, frequentemente conduzida por pequenos agricultores (RODRIGUES, 2005), sendo essa última prática considerada ainda como um dos principais fatores de modificação na cobertura vegetal na região amazônica.

O principal uso da terra na região Amazônica está associado à agricultura familiar, conduzida por produtores em pequena escala através do método de corte e queima da floresta primária ou secundária. Em outras palavras, a floresta nativa é removida pelo processo de derruba e queima, dando lugar ao estabelecimento e cultivo de plantações até que a fertilidade do solo atinja níveis de degradação. Após essa fase, os agricultores adotam um período de pousio para o desenvolvimento da vegetação secundária, a qual é posteriormente cortada e queimada, dando início a um novo ciclo (SANTOS, 2008; FREITAS *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2021).

O aumento da derrubada da vegetação primária e secundária compromete a absorção e o armazenamento de carbono, uma função crucial para a regulação climática do planeta para os quais esses ecossistemas possuem importante papel. Em resposta a esse cenário, o Estado do Pará implementou a Instrução Normativa nº 08 em 28 de outubro de 2015, conhecida como "Lei Juquira", visando proteger as florestas secundárias. No entanto, observa-se um aumento significativo no desmatamento em áreas de floresta secundária, mesmo após a promulgação da Lei. Isso sugere que o cumprimento efetivo da lei no Estado do Pará está enfrentando desafios. É imperativo uma revisão do sistema de fiscalização e monitoramento das áreas de floresta secundária para identificar perdas e ganhos, em tempo real e local específico, a fim de assegurar a preservação desses ecossistemas na paisagem (MAGALHÃES *et al.*, 2023).

A região Bragantina, localizada no nordeste do Estado do Pará, destaca-se por apresentar aproximadamente 75% de sua área coberta por vegetação secundária, resultado principalmente da prática de derrubada e queima (SILVA, 2021). Em termos gerais, esse método produtivo é predominante na região amazônica, especialmente na agricultura familiar,

sendo utilizado para criar áreas de cultivo e gerar alimentos devido à sua praticidade e aos benefícios imediatos que proporciona (OLIVEIRA *et al.* 2007; SILVA, 2021).

Assim, a transformação das comunidades florestais primárias em secundárias tem despertado o interesse tanto da comunidade científica quanto da sociedade em geral, devido ao significativo papel dos serviços ecossistêmicos e dos bens consumíveis proporcionados por essas áreas, apesar da abordagem preservacionista adotada pelo Brasil (PIAZZA *et al.*, 2017).

Em 1991 foi implantado o Programa SHIFT (Studies of Human Impact on Forests and Flood plains in the Tropics), hoje denominado Projeto Tipitamba formado pela parceria entre Embrapa Amazônia Oriental com a Universidade de Bonn e Universidade George August Göttingen Alemanha). A parceria foi realizada para o desenvolvimento de um implemento agrícola capaz de triturar a biomassa vegetal de florestas secundárias. A tecnologia foi denominada de Tritucap, um implemento agrícola capaz de triturar a biomassa aérea da vegetação e distribuição deste material sobre o solo no preparo de área para o plantio. Estudos conduzidos ao longo de vários anos sobre o uso dessa tecnologia já identificaram diversos benefícios, incluindo a conservação dos teores de matéria orgânica e fertilidade do solo, aprimoramento da estrutura física do solo, preservação da biota do solo, prevenção da erosão, contenção dos processos de degradação da biodiversidade, manutenção da umidade do solo, redução de plantas daninhas e extensão do ciclo de cultivo (DENICH *et al.*, 2004, 2005).

A implementação da tecnologia de corte e trituração demanda técnicas mais avançadas, uma vez que a abordagem manual é exaustiva, o que torna sua aplicação difícil para os produtores. A concepção de um equipamento destinado ao corte e trituração da vegetação deve não apenas adequar-se ao poder econômico dos produtores, mas também permitir a recomposição da vegetação do pousio, por meio de rebrotas em virtude da preservação do sistema radicular. Isso porque a rebrota de raízes ou rizomas representa o principal meio de regeneração vegetativa para espécies de árvores, arbustos, lianas lenhosas e herbáceas perenes, que conseguem sobreviver mesmo após a perturbação (RODRIGUES *et al.*, 2007ab).

Nas áreas recém colonizadas, os agricultores utilizam o corte e queima para o plantio seguido de descanso das áreas, permitindo a regeneração florestal, e exploram novas áreas de floresta primária. Já em regiões de colonização mais antiga, como a Bragantina, no Nordeste do estado do Pará, as áreas de florestas primárias remanescentes praticamente não existem, resultando na reutilização dos espaços, reduzindo assim o período de regeneração da floresta secundária (RODRIGUES, 2005).

Para tanto, a redução do período de pousio no sistema tradicional pode intensificar a perda de biodiversidade florística, contribuir para a diminuição e fragmentação das áreas florestais, elevar as emissões de dióxido de carbono na atmosfera e resultar na diminuição da fertilidade natural dos solos. Esse cenário é especialmente evidenciado pela volatilização de nitrogênio, enxofre, fósforo e potássio presentes na biomassa da vegetação, somado aos danos materiais e ambientais decorrentes dos incêndios acidentais, características intrínsecas desse sistema (PASCUAL, 2005; RUMPEL *et al.*, 2005; RODRIGUES, 2005).

A avaliação da estrutura da vegetação representa uma ferramenta crucial para a comparação de florestas secundárias de mesma idade, fornecendo informações valiosas sobre o estágio de sucessão e a capacidade de produção de biomassa. Os resultados dessas análises, especialmente ao considerar a estrutura horizontal, permitem realizar deduções abrangentes acerca da origem, características ecológicas, dinâmica e possíveis tendências para o desenvolvimento futuro da floresta (MORAN *et al.*, 1996 e HOSOKAWA *et al.*, 2008). Essa abordagem proporciona uma compreensão mais profunda da ecologia e do potencial evolutivo das florestas secundárias, contribuindo para estratégias de manejo e conservação mais informadas e eficazes.

Estudos de longa duração, como os conduzidos pelo projeto Tipitamba, são instrumentos importantes para entendimento das dinâmicas ambientais, refinamentos das técnicas de manejo e melhoria dos sistemas agrícolas. Dessa maneira, este estudo propôs-se a avaliar a influência do método de preparo de área nos Sistemas Tradicional (Corte e Queima) e o Alternativo (Corte e Trituração) na regeneração da capoeira, nos anos de 2016 e 2022, em um fragmento experimental localizado em Igarapé-açu; conduzido pelo projeto Tipitamba há mais de 20 anos.

2 QUESTÕES CIENTÍFICAS

- I. Qual a influência dos diferentes métodos de preparo de área no potencial de regeneração da capoeira?
- II. Qual o método de preparo de área contribui para maior acúmulo de carbono na biomassa aérea da regeneração da capoeira?
- III. Quais diferenças, ao longo de diferentes anos, da composição florística, diversidade de espécies, produção de biomassa seca acima do solo e estoque de carbono nas áreas sujeitas a diferentes métodos de preparo de área (Corte/Queima e Corte/Trituração)?

3 HIPÓTESES

- I. A queima da biomassa vegetal no preparo de área resulta em menor diversidade, abundância de espécies e produção de biomassa vegetal na regeneração de florestas secundárias, em relação à áreas com uso de corte e trituração da vegetação no preparo de área.
- II. O preparo de área com corte e trituração contribui para maior acúmulo de carbono na biomassa aérea da regeneração da capoeira.
- III. Áreas sujeitas ao método de preparo de área Corte e Trituração (CT) apresentam mudanças na composição florística, diversidade de espécies, produção de biomassa seca acima do solo e estoque de carbono ao longo dos anos e se mostram distintas em comparação as áreas submetidas ao método de Corte e Queima (CQ)

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência do método de preparo de área nos Sistemas Tradicional (Corte e Queima) e o Alternativo (Corte e Trituração) na regeneração da capoeira, nos anos de 2016 e 2022, em um fragmento experimental localizado em Igarapé-açu.

4.2 Objetivos Específicos

- I. Avaliar a estrutura da vegetação regenerante do pousio de duas áreas com diferentes manejos da capoeira em dois momentos.
- II. Avaliar a produção de biomassa seca acima do solo (BS) e estoque de carbono na biomassa (EC) de duas áreas com diferentes manejos da capoeira em dois momentos.

5 REVISÃO DA LITERATURA

5.1 Projeto Tipitamba

A Embrapa Amazônia Oriental, unidade descentralizada da Embrapa, desde da década de 1990, tem sido pioneira no desenvolvimento de pesquisas participativas em comunidades rurais, com o objetivo de atender às demandas da agricultura familiar na região sob sua jurisdição. Esse redirecionamento na abordagem permitiu que a Embrapa alcançasse uma visão mais sistêmica em relação à agricultura familiar, em contraposição ao modelo anterior reducionista (MATOS, 2005).

Projetos que possuem participação efetiva dos agricultores são fundamentais para a adoção de práticas de manejo mais sustentáveis na agricultura familiar da região (KATO *et al.*, 2005). Para tanto, projetos que pretendem desenvolver tecnologias aos agricultores familiares, como os que não envolvem o uso do fogo, devem garantir a sua adequação às necessidades e às características locais (KATO, 2004).

No Nordeste Paraense, especialmente a região Bragantina, a trajetória histórica de ocupação compreendendo uma paisagem bastante antropizada, em decorrência das atividades agropecuárias (TAMASAUSKAS *et al.*, 2017). Esse processo de ocupação desencadeou transformações significativas na cobertura florestal, resultando em uma paisagem caracterizada por florestas secundárias que apresentam distinções em vários aspectos, incluindo sua estrutura, diversidade, idade, tipo de solo e etc.

Apesar dos impactos ambientais persistentes, resultados do contínuo processo de colonização, essa região desempenha um papel fundamental como geradora de alimentos, sendo responsável por uma parcela substancial da produção agrícola no estado do Pará. Além disso, exerce uma influência considerável na criação de empregos e na geração de renda (CORDEIRO *et al.*, 2017).

As transformações tecnológicas na agricultura do Nordeste Paraense tiveram início na década de 1980, com destaque para o município de Igarapé-Açu. Esse movimento foi impulsionado pelo projeto SHIFT (Studies of Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics), uma colaboração entre Brasil e Alemanha, que agora é conhecido como projeto Tipitamba. Este projeto pioneiro vem trabalhando com a implementação de técnicas alternativas de cultivo na Amazônia, almejando especialmente a eliminação do uso do fogo, através do manejo da vegetação secundária. O principal propósito do projeto é mitigar os impactos adversos derivados da queima e da redução do período de pousio. A perspectiva é que, ao adotar essas práticas inovadoras, seja possível assegurar a sustentabilidade da

agricultura na região do Nordeste Paraense e, por conseguinte, em toda a Amazônia (CORDEIRO *et al.*, 2017). Essa abordagem não apenas busca promover práticas agrícolas mais sustentáveis, mas também visa preservar a biodiversidade, reduzir as emissões de carbono e garantir o equilíbrio ambiental na região amazônica.

A tecnologia desenvolvida pelo projeto Tipitamba baseia-se essencialmente na trituração da biomassa da vegetação secundária, que é posteriormente utilizada como cobertura morta do solo, conhecida como "mulch", para os cultivos. Essa abordagem tem vários benefícios, tais como a prevenção de perdas de nutrientes resultantes da queima da vegetação, a melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo pela adição de matéria orgânica, a flexibilização do calendário agrícola devido à maior retenção de umidade do solo, a promoção de um melhor balanço de carbono, a redução da incidência de ervas daninhas durante a fase de cultivo, a otimização do tempo durante o processo de preparação da área, a minimização dos riscos de incêndios acidentais, a redução da carga de trabalho associada à preparação da área para o produtor e a criação de oportunidades para períodos consecutivos de cultivo, aumentando, assim, a intensidade de uso da terra (EMBRAPA, 2001). Essa tecnologia não apenas representa uma abordagem mais sustentável para a agricultura, mas também contribui para a conservação do solo, a eficiência no uso de recursos e a redução dos impactos ambientais negativos.

A necessidade de adotar práticas sustentáveis em substituição ao tradicional corte e queima da capoeira para o preparo da área impulsionou o desenvolvimento de iniciativas visando a transição do modelo convencional de agricultura para métodos mais sustentáveis (CORRÊA *et al.*, 2011). O manejo da vegetação secundária exemplifica esse esforço, alterando a lógica de corte e queima para uma tecnologia capaz de triturar a biomassa aérea dessas vegetações (SAMPAIO *et al.*, 2008). O empenho da comunidade científica em buscar abordagens inovadoras resultou no desenvolvimento do sistema de plantio direto na capoeira triturada, ou tecnologia de corte e trituração da capoeira sem queima, uma iniciativa conduzida pela Embrapa Amazônia Oriental em parceria com as universidades alemãs de Göttingen e Bonn (KATO *et al.*, 1999; KATO *et al.*, 2007). Este sistema representa uma alternativa mais sustentável, contribuindo para a preservação ambiental e para a promoção de práticas agrícolas mais eficientes e amigáveis ao ecossistema amazônico.

5.2 Manejo de florestas secundárias

Desde o início da década de 1970, entramos na chamada "era das florestas secundárias", caracterizada pelo aumento proporcional desses ecossistemas em relação às florestas primárias.

No decorrer da década de 1990, especificamente, cerca de 15,2 milhões de hectares anuais foram transformados em florestas secundárias em todo o mundo. Esses dados destacam a notável capacidade de regeneração dessas florestas, permitindo a substituição de um tipo de floresta por outro ao longo do tempo (FAO, 2018). Esse fenômeno não apenas reflete uma transformação dinâmica nos padrões florestais globais, mas também implica em consequências significativas para a biodiversidade, os ciclos de carbono e outros serviços ecossistêmicos. O entendimento dessas mudanças é crucial para orientar estratégias de conservação e manejo sustentável das florestas em face das transformações ambientais e climáticas em curso.

Na Amazônia, as florestas secundárias são conhecidas popularmente por diversos termos, como quiçaca, juquira, macega, mata fina, capoeirinha, capoeira e capoeirão. Essas denominações baseiam-se principalmente na percepção dos pequenos agricultores em relação à fisionomia da floresta, considerando se ela é dominada por espécies herbáceas ou lenhosas de maior porte (WALKER *et al.*, 1999; RODRIGUES, 2005). Essa diversidade de termos reflete a riqueza da linguagem local para descrever diferentes características e estágios das florestas secundárias presentes na região amazônica.

A regeneração em florestas se desenvolve por meio de processos de sucessão secundária em uma comunidade vegetal de uma determinada área após perturbações, sejam naturais ou antrópicas, em sua estrutura. Essas perturbações podem incluir desbastes, abertura de clareiras ou a supressão da vegetação original. Esse fenômeno evolui por uma progressão de estágios, caracterizados pelo gradual enriquecimento das espécies, resultando no aumento da complexidade estrutural e funcional da floresta. Ao longo desse processo, os táxons de crescimento rápido, com alta tolerância à radiação solar e dispersão abundante de sementes, são substituídos progressivamente por espécies ombrófilas. Estas últimas demandam maior investimento energético nas sementes, apresentam crescimento mais lento e, conseqüentemente, demonstram maior longevidade (CHAZDON, 2012). Essa dinâmica de sucessão secundária é fundamental para compreender a regeneração e a evolução das comunidades vegetais após perturbações, contribuindo para o entendimento da biodiversidade e da dinâmica dos ecossistemas florestais.

As florestas secundárias surgem naturalmente como resultado do processo de regeneração da vegetação em áreas onde, em algum momento do passado, ocorreu o corte raso da floresta primária. Frequentemente, essas áreas foram temporariamente utilizadas para agricultura ou pastagem, e a floresta ressurgiu de maneira espontânea após o abandono dessas atividades (SALOMÃO, P. *et al.*, 2023). Esse fenômeno destaca a capacidade intrínseca da

natureza para se recuperar e restaurar ecossistemas após perturbações, contribuindo para a compreensão dos processos de dinâmica florestal e regeneração natural.

Por apresentar padrões de desenvolvimento, o estudo da regeneração, em especial em florestas secundárias, é elementar para a identificação, determinação e prognóstico dos processos fundamentais envolvidos na progressão das comunidades vegetais e para modelagem de seus seres em decorrência de perturbações ambientais ou climáticas MAZON *et al.* (2019).

O uso da floresta secundária no contexto agrícola, que inclui o corte e a queima da vegetação secundária para viabilizar o cultivo de culturas anuais. Após o período de cultivo, as áreas são abandonadas e deixadas para a regeneração da vegetação espontânea, permanecendo assim por longos períodos, chamados de pousio, servindo como fonte de nutrientes para o próximo ciclo de cultivo (CORDEIRO *et al.*, 2017). Este método, conhecido como rotação de culturas itinerantes ou sistema de corte e queima, é comumente empregado em ambientes onde as comunidades dependem da agricultura de subsistência, buscando otimizar a produtividade da terra ao permitir sua recuperação natural entre os ciclos agrícolas.

O sistema de corte e queima, caracterizado acima, é considerado como sustentável sob baixas densidades populacionais e longos período de pousio, de tal modo que permita a recuperação do solo e acúmulo de nutrientes na biomassa da vegetação secundária (PEDROSO JÚNIOR *et al.*, 2008). Com o crescimento populacional, aumento da demanda por alimento, expansão das cidades, restrições no uso da terra e exaustão do recurso natural, o sistema de corte e queima mostra-se limitante diante dessas mudanças, uma vez o preparo da área com o fogo torna-se mais frequente, o período de descanso fica mais curto e impactos ambientais resultantes da queima da vegetação tornam-se mais preocupantes, como a emissão de gases de efeito estufa e a degradação do solo (KATO *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2022).

Para tanto, práticas alternativas de manejo que se ajustem às mudanças e garantem a sustentabilidade do sistema tornam-se necessárias para serem adotadas (Styger *et al.*, 2006). Como sistema alternativo tem-se o manejo da vegetação secundária triturada, que promove a preservação dos resíduos vegetais na superfície do solo, em contraste do sistema que envolve a queima da vegetação secundária, cujo solo fica exposto aos impactos da chuva, comprometendo sua estabilidade. Isso resulta na diminuição da qualidade estrutural do solo, contribuindo para o aumento da densidade do solo e da resistência à penetração (MARCOLAN *et al.*, 2009). Essas diferenças nos métodos de manejo podem ter implicações significativas na conservação do solo e na manutenção de sua integridade, afetando assim a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas agrícolas.

O sistema de manejo com corte e trituração da capoeira propicia condições favoráveis ao desenvolvimento radicular na camada mais superficial do solo com menor resistência à penetração, em relação ao manejo de corte e queima da capoeira. Isso garante a proteção da biodiversidade, a conservação do solo e a manutenção dos ciclos hidrológicos (FAO, 2018; SOUZA *et al.*, 2011).

O sistema agrícola que utiliza a técnica de corte e trituração da vegetação secundária enriquecida incorpora duas inovações tecnológicas essenciais. A primeira delas é o enriquecimento de capoeira, que envolve o plantio de leguminosas arbóreas de crescimento rápido, com o objetivo de reduzir o período de pousio e promover maior acúmulo de biomassa na vegetação em descanso (BRIENZA JÚNIOR *et al.*, 2000; SAMPAIO *et al.*, 2008). A segunda inovação é a trituração de capoeira, que consiste na fragmentação da biomassa aérea da vegetação em descanso (capoeira). Essa prática visa minimizar a perda de nutrientes, ocorrido no sistema de corte e queima, adicionar matéria orgânica ao solo e formar uma cobertura morta, contribuindo para a conservação e melhoria das condições do solo (KATO *et al.*, 2004). Essas inovações buscam otimizar o manejo da capoeira, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes.

Os estudos que se fundamentam no corte e na trituração da capoeira indicam tendências de aumento da matéria orgânica do solo, favorecendo o restabelecimento de níveis desejáveis de fertilidade. Mesmo com a utilização de pequenas doses de fertilizantes nos primeiros anos de implantação do sistema para suprir a carência de nutrientes nessa fase, observa-se uma melhoria significativa nas condições do solo (KATO, 1998; GAMA, 2002; COELHO *et al.*, 2004). Essas práticas contribuem não apenas para a sustentabilidade do sistema agrícola, mas também para a promoção da saúde e qualidade do solo ao longo do tempo.

A sustentabilidade desse sistema de cultivo se apoia na fertilidade natural dos solos, a qual foi colocada em risco devido à intensificação do processo de ocupação da Amazônia. As queimadas frequentes promovem perdas contínuas de nutrientes minerais e uma redução da matéria orgânica do solo, resultando na degradação do solo e na diminuição da produtividade. Além disso, provocam alterações no comportamento hídrico e fotossintético de espécies, contribuem para a emissão de gases do efeito estufa e aumentam os riscos de incêndios acidentais (BALEIRO, 2018). Esse cenário é agravado pelo fato de as queimadas serem consideradas a principal fonte de desmatamento na região (ARCO-VERDE *et al.*, 2012; REGO *et al.*, 2017). O desafio reside em conciliar as práticas agrícolas necessárias com a conservação dos recursos naturais e a manutenção da integridade dos ecossistemas amazônicos.

As florestas desempenham um papel fundamental para a sustentação do equilíbrio e da manutenção dos ecossistemas – que apresentam grande biodiversidade. Logo, é de grande importância a sua preservação, pois as florestas são essenciais para assegurar a qualidade de vida desta e das futuras gerações (GONÇALVES *et al.*, 2008). Portanto, o manejo sustentável dos recursos constitui conduta fundamental para conservação das florestas tropicais, ou seja, explorar os recursos naturais de forma cuidadosamente planejada de maneira a não impactar a biodiversidade existente nem comprometer a resiliência da floresta (GARLET *et al.*, 2018). Essa abordagem visa garantir a utilização responsável dos recursos florestais, equilibrando as necessidades humanas com a preservação dos ecossistemas e a proteção das espécies que dependem desses ambientes. O manejo sustentável é fundamental para assegurar que os benefícios econômicos derivados das florestas tropicais possam ser desfrutados a longo prazo, sem comprometer a saúde e a vitalidade desses ecossistemas.

O estudo da regeneração florestal oferece uma análise mais abrangente da autoecologia e sinecologia das espécies ao longo do processo de sucessão. Adicionalmente, possibilita identificar potenciais consequências de impactos antrópicos em florestas, como mudanças nos padrões de riqueza e os efeitos resultantes na equitatividade e dominância da comunidade vegetal. A compreensão dessas informações viabiliza a avaliação da capacidade e do potencial regenerativo de determinadas espécies, capazes de estabelecer-se no sub-bosque de florestas sob diversas condições ambientais e níveis de distúrbio (AGUIAR *et al.*, 2017). A regeneração florestal emerge como uma ferramenta de baixo custo para iniciativas de recuperação e restauração da biodiversidade, fundamentando-se nos princípios e pressupostos naturais da sucessão ecológica (AIDE *et al.*, 2000). Essa abordagem, ancorada nos processos naturais, destaca-se como uma estratégia eficiente para promover a recuperação ecológica de áreas degradadas.

As perturbações antrópicas e as mudanças climáticas exercem impactos significativos na biota, afetando, por conseguinte, os ecossistemas e os serviços por eles providos (GARDNER *et al.*, 2009). Essas alterações nos ecossistemas estão intrinsecamente ligadas à perda de biomassa vegetal, resultando na emissão de carbono (C) para a atmosfera (FEARNSIDE, 2006). Os estoques de carbono na vegetação desempenham um papel crucial no entendimento das mudanças ecossistêmicas, uma vez que a vegetação cobre aproximadamente um terço da superfície terrestre e potencialmente armazena mais de 80% do carbono orgânico global. Mudanças desse tipo nas florestas têm o efeito de empobrecimento do solo, com a redução de nutrientes, impactando desde atividades agrícolas até o processo de regeneração da

vegetação (HOUGHTON, 1994; MENEZES, 2023). Essa relação complexa entre perturbações ambientais, emissões de carbono e alterações nos estoques de carbono vegetal destaca a importância de uma abordagem integrada para compreender e mitigar os impactos negativos sobre os ecossistemas.

O estudo da regeneração florestal é fundamental para compreender os mecanismos de transformação na composição florística, permitindo a realização de previsões sobre o comportamento e o desenvolvimento futuro da floresta. Isso ocorre ao fornecer informações detalhadas sobre a relação e a quantidade de espécies que compõem o estoque vegetal, bem como a distribuição dessas espécies na área. Essa abordagem é crucial como uma ferramenta essencial para aumentar a densidade das espécies desejáveis e aprimorar a qualidade da composição florestal (CARVALHO, 1982; OLIVEIRA, 1995). Ao analisar a composição florística e a estrutura fitossociológica de uma floresta, é possível construir uma base teórica que subsidia projetos de conservação de recursos genéticos, preservação de áreas similares e a recuperação de áreas ou fragmentos florestais degradados, contribuindo efetivamente para seu manejo (VILELA *et al.*, 1993; SOARES, 2009). Essa compreensão detalhada da dinâmica e da saúde da floresta é crucial para implementar estratégias eficazes de conservação e recuperação ambiental.

Para realizar um estudo eficaz da regeneração florestal e estabelecer parâmetros para um manejo adequado, diversos aspectos devem ser considerados, incluindo a análise da estrutura da regeneração, o crescimento das plantas e as práticas silviculturais a serem implementadas na floresta. Esses estudos fornecem dados essenciais que possibilitam o monitoramento do desenvolvimento e o entendimento do comportamento futuro da floresta (CARVALHO, 1980). Quando sujeitas a perturbações, como a conversão para fins agrícolas, as florestas tropicais enfrentam perdas significativas em termos de riqueza de espécies, comprometendo sua capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos essenciais, como o armazenamento de biomassa e nutrientes (MENEZES, 2023). O entendimento aprofundado desses processos é crucial para orientar práticas de manejo que minimizem impactos negativos e promovam a regeneração sustentável desses ecossistemas.

5.3 Inventário Florestal

O Inventário Florestal constitui uma disciplina especializada na ciência florestal dedicada à avaliação abrangente das variáveis qualitativas e quantitativas de uma floresta, incorporando análises das inter-relações entre essas variáveis, dinâmicas de crescimento e sucessão florestal. Essa área da ciência desempenha um papel fundamental ao fornecer a base

para a formulação de planos referentes à utilização de produtos florestais, ao manejo sustentado integrado da floresta, bem como ao apoio na concepção de propostas para planos de desenvolvimento e políticas florestais em níveis regional e nacional (QUEIROZ, 2012). Os inventários florestais são artifícios cruciais para obter informações detalhadas sobre a qualidade e quantidade dos recursos florestais, abrangendo diversas características da área em que as árvores se desenvolvem (HUSH *et al*, 1982). Essa prática se revela essencial para embasar decisões estratégicas relacionadas à gestão sustentável e à conservação dos ecossistemas florestais.

Os inventários florestais desempenham um papel fundamental como instrumentos essenciais para a avaliação estatística das verdadeiras potencialidades e capacidades produtivas dos recursos florestais em uma determinada área. Além disso, são aplicados em uma variedade de levantamentos para fins de reconhecimento, diagnósticos e avaliações no contexto florestal (CUNHA, 2004). Essas ferramentas proporcionam uma compreensão abrangente das características e do potencial de uma floresta, sendo indispensáveis para embasar decisões estratégicas relacionadas à gestão sustentável e à utilização eficiente dos recursos florestais.

Os inventários florestais desempenham um papel multifacetado, sendo aplicados em diversas modalidades de levantamento. Um exemplo notável é o seu emprego no reconhecimento de áreas destinadas à exploração e no diagnóstico dos danos ocasionados à vegetação remanescente após atividades exploratórias (FRANCEZ *et al.*, 2017). Em particular, destaca-se o Inventário a 100%, também conhecido como pré-exploratório, conduzido em áreas sob plano de manejo florestal. Este tipo de inventário visa determinar com elevado grau de precisão o estoque de madeira existente nos compartimentos de manejo, fornecendo dados essenciais para o planejamento da exploração. Abrangendo todas as árvores adultas a partir de um Diâmetro à Altura do Peito (DAP) mínimo estabelecido, como, por exemplo, 50,0 cm, o inventário mapeia e classifica as árvores quanto ao estado de aproveitamento e destinação de uso, como exploração, estoque ou preservação para reprodução (ARAÚJO, 2006). Realizado geralmente pouco antes da exploração florestal, esse inventário é crucial para a definição das espécies a serem exploradas e para a determinação dos volumes correspondentes, contribuindo assim para um manejo sustentável e eficiente dos recursos florestais.

Com base nos dados coletados durante o inventário, alinhado aos objetivos específicos de uso da área, é possível realizar projeções abrangentes, tais como estimativas de volume, área basal, qualidade do fuste, estado fitossanitário, entre outros aspectos. Ao mesmo tempo, essas projeções possibilitam a avaliação dos recursos necessários para conduzir a exploração de

forma ambiental, econômica e socialmente responsável (LOPES, 2018). Notavelmente, os inventários, que originalmente eram predominantemente utilizados para determinar o volume de madeira existente na floresta, evoluíram para incorporar a avaliação do estágio sucessional da floresta, o monitoramento da regeneração natural das espécies e outras características específicas relacionadas aos objetivos específicos do inventário florestal (MANTOVANI *et al.*, 2005). Essa ampliação de escopo reflete a importância crescente de compreender e gerenciar ecossistemas florestais de maneira holística e sustentável.

Os atributos estruturais das florestas tropicais, que incluem densidade, biomassa, riqueza, diversidade e composição, demonstram a capacidade de se recuperar de forma gradual após serem submetidos a perturbações, sejam elas de origem natural ou provocadas pela atividade humana (CHAZDON, 2003; FINEGAN *et al.*, 2004; CHAZDON, 2012). Esses elementos são cruciais para entender a dinâmica e a resiliência desses ecossistemas, refletindo não apenas a resposta imediata às perturbações, mas também o potencial de regeneração ecológica ao longo do tempo.

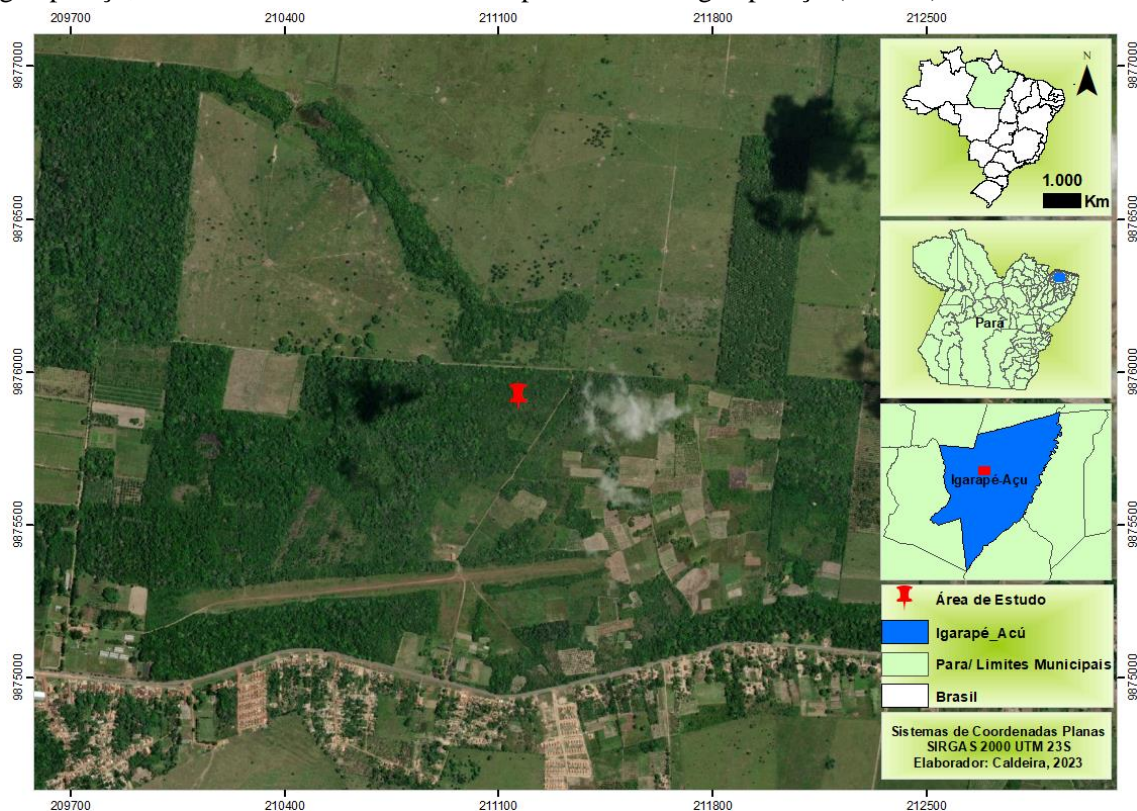
A análise da estrutura da vegetação, conduzida por meio de levantamentos fitossociológicos, proporciona dados quantitativos essenciais sobre a sua configuração horizontal. Essa abordagem é uma alternativa valiosa para compreender as variações florísticas, fisionômicas e estruturais que as comunidades vegetais experimentam ao longo do tempo e do espaço (MOJENA *et al.*, 2018). Essas informações são fundamentais para uma compreensão mais abrangente da dinâmica e da ecologia das comunidades vegetais.

6 MATERIAL E METÓDOS

6.1 Área de Estudo

A área de estudo se localiza na Fazenda Experimental de Igarapé-açu (FEIGA) da Universidade Federal Rural da Amazônia, situada entre as coordenadas geográficas de $-1^{\circ} 07' 15,5''$ S e $-47^{\circ} 36' 12,7''$ W, no município de Igarapé-açu, microrregião Bragantina no nordeste do Pará (Figura 1). O clima dessa região é classificado como Ami, conforme o sistema de classificação de Köppen, caracterizado como megatérmico úmido. A temperatura média anual em torno de 26°C , umidade relativa do ar próximo a 85% e precipitação anual média de 2.500 mm. Os solos da região são classificados como Argissolo Amarelo Distrófico de textura média arenosa, de acordo com a classificação brasileira de solos (SANTOS *et al*, 2018). A cobertura vegetal é predominantemente ombrófila aberta.

Figura 1 – Localização geográfica da microrregião Bragantina no Nordeste do Pará, do município de Igarapé-açu, da área em estudo – Fazenda Experimental de Igarapé-açu (FEIGA)



6.2 Demarcação da área de estudo

Foi realizado um levantamento da regeneração arbórea em três áreas pré-selecionadas, chamadas de corte e queima (CQ), corte e trituração (CT) e mata como referência (R) com

tamanhos de 2 ha cada. Foram instaladas 10 parcelas nas áreas de CQ e CT e 8 parcelas na área R, com dimensões de 10 m x 10 m cada, dispostas sistematicamente (Figura 3).

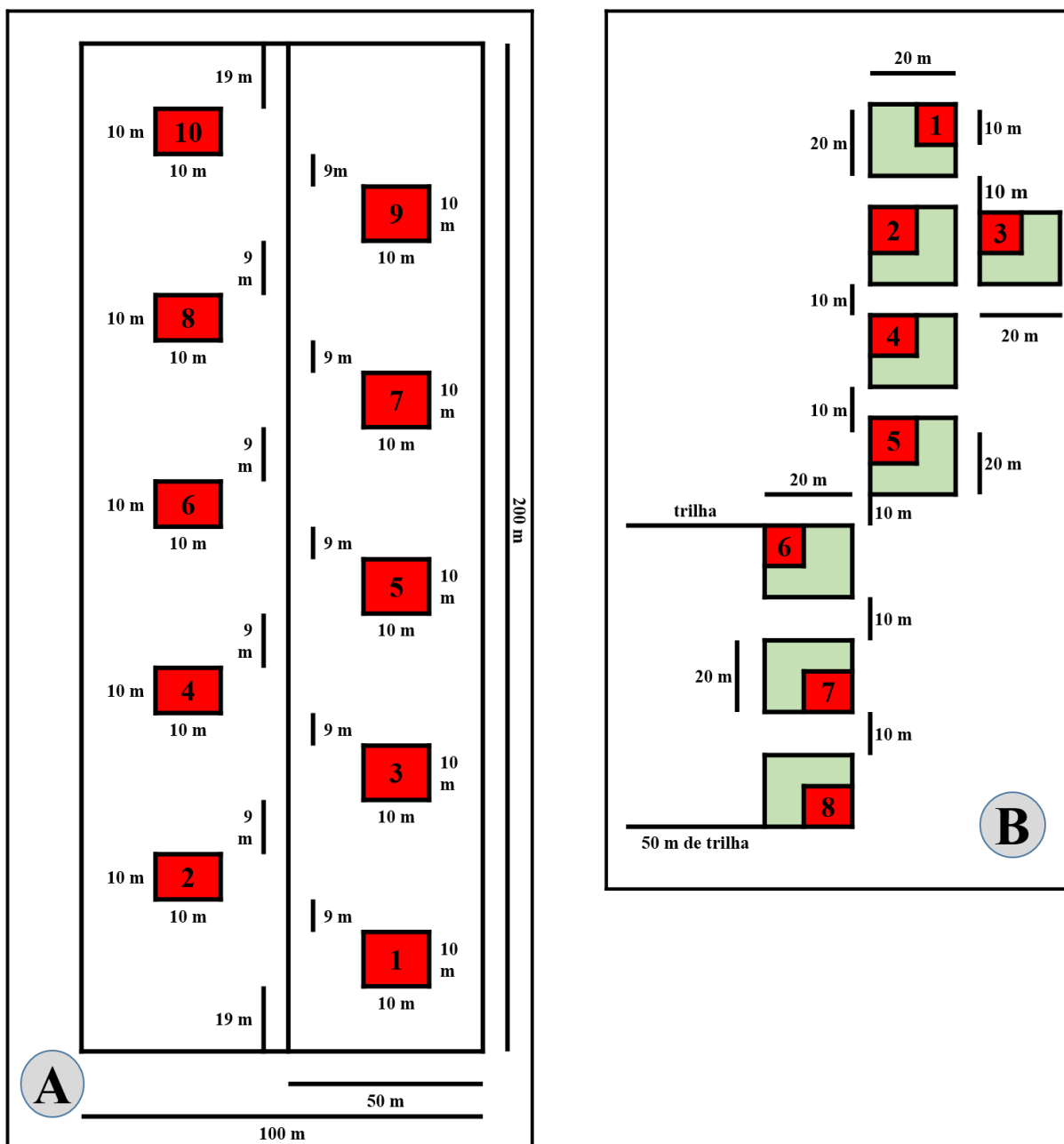
As coletas dos dados foram realizadas no mês de agosto de 2016 (floresta secundária de 3 anos) e 2022 (floresta secundária de 4 anos), e incluíram todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito - $DAP \geq 2,0$ cm, medidos através da fita métrica, encontrando o valor do CAP e posteriormente, transformado em DAP. Para estimar a altura total (HT) dos indivíduos, foram aplicadas estimativas visuais. Os indivíduos inventariados foram localmente identificados com seus respectivos nomes científicos por dois parobotânicos da EMBRAPA Amazônia Oriental e anotados em planilha de campo.

Figura 2 – Delimitação da área de estudo no município de Igarapé-açu, na Fazenda Experimental de Igarapé-açu (FEIGA)



Fonte: Google e Autora (2024).

Figura 3 – Croqui das parcelas nas áreas A (CT e CQ) e B (R)



Fonte: Autora (2024)

As parcelas analisadas são oriundas de estudos de longa duração de manejo da vegetação secundária vinculado ao Projeto SHIFT-Capoeira, atualmente denominado de Tipitamba. As Figuras 4 e 5 ilustram o interior das áreas amostrais no ano de 2022.

Figura 4 – Áreas estudadas sob os diferentes métodos de manejo, sistema alternativo de Corte e Trituração (a), o tradicional de Corte e Queima (b), localizado na FEIGA em Igarapé-açu. Ano de 2022



Fonte: Autora (2022).

Figura 5 – Área de mata de Referência, localizado na FEIGA em Igarapé-açu. Ano 2022



Fonte: Autora (2022)

6.3 Histórico da área de estudo

Em dezembro de 2001, foram estabelecidas parcelas experimentais em uma área de floresta secundária com cerca de 15 anos, previamente sujeita a práticas de cultivo tradicional, incluindo o método de Corte e Queima (RODRIGUES, 2013).

Nos anos de 2016 e 2022, duas áreas de floresta secundária de 2 ha cada e com diferentes métodos de preparo de área foram avaliadas: a) Corte e Trituração da vegetação (CT), no qual a preparação da área incluiu o corte e trituração da vegetação, seguido pelo plantio de culturas alimentares, como milho, mandioca e feijão-caupi, além do plantio de espécies arbóreas para enriquecimento durante o período de pousio (*Inga edulis* Mart., *Acacia mangium* Willd. e *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (taxi)); e b) Corte e Queima da vegetação (CQ), onde a preparação da área envolveu o corte e a queima da vegetação, seguido pelo plantio das mesmas culturas alimentares mencionadas anteriormente, sem enriquecimento de pousio (RODRIGUES, 2013). As áreas de CT e CQ foram instaladas no ano de 2002 em uma floresta secundária de 20 anos.

O preparo da área para plantio no sistema CT foi realizado por meio de um trator adaptado com um implemento especializado que corta e tritura a vegetação. Posteriormente, a biomassa resultante foi espalhada na superfície do solo. A trituração da vegetação foi executada mecanicamente com o uso de um fresador florestal (AHWI) FM600, conforme ilustrado na Figura 6, acoplado a um trator de rodas com 170 cv. Nos anos de 2002 e 2005, a área foi submetida à adubação NPK (60-60-30 kg/ha) 10 dias após o plantio de *Zea mays* L. (cultivar BR 5102) e *Manihot esculenta* Crantz. (cultivar Olho Verde), bem como 10 dias antes do plantio de feijão e mandioca em junho de 2005. Aos 45 dias após a germinação do milho e da mandioca, a adubação de 2002 foi complementada com a adição de 3,3 g de ureia por planta (RODRIGUES, 2013).

No sistema CQ, o preparo da área envolveu o corte da vegetação do pousio, amontoamento de troncos e galhos remanescentes, seguido de queima para efetuar a limpeza total da área para o plantio, conforme ilustrado na Figura 7. Em ambos os sistemas de uso, o plantio foi conduzido manualmente ou com o auxílio de plantadeira manual (matraca), enquanto a colheita também foi realizada manualmente (RODRIGUES, 2013).

Figura 6 – Método de preparo de área com trituração mecanizada da cobertura vegetal no sistema de Corte e Trituração (a) e a palhada ou restos vegetais da trituração após a eliminação da vegetação (b) localizado na FEIGA em Igarapé-açu



Fonte: Projeto tipitamba.

Figura 7 – Método de preparo de área com queima da cobertura vegetal no sistema de Corte e Queima (a) e o solo após a eliminação da cobertura com uso do fogo (b), localizado na FEIGA em Igarapé-açu



Fonte: Projeto tipitamba

Uma área de floresta secundária de 20 anos foi utilizada como Referência (R). A área de R antes do pousio era utilizada com cultivo tradicional de Corte e Queima da vegetação e plantio de *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg., e localiza-se a 50 m da área submetida ao sistema CQ (Figura 2).

Quadro 1 – Histórico de manejo da área com Corte e Trituração (CT), Corte e Queima (CQ) e a área tomada como de Referência (R)

2001			
CAPOEIRA DE 15 ANOS			
Período	CT	Período	CQ
2002	<u>Área triturada – 2ha</u>	2002	<u>Área queimada – 2ha</u>
-	Plantio: Milho + Mandioca	-	Plantio: Milho + Mandioca
2003	(1º ciclo)	2003	(1º ciclo)
2003	<u>Pousio enriquecido – 2ha</u>	2003	
-	<i>Tachigali vulgaris</i>	-	<u>Pousio natural – 2ha</u>
2004	<i>Acacia mangium</i>	2006	
	<u>Pousio triturado – 2ha</u>	2007	<u>Pousio queimado – 2ha</u>
2005	Plantio: Milho + Mandioca	-	Plantio: Milho + Mandioca
-	(1º ciclo)	2008	(1º ciclo)
2008	Feijão caupi + Mandioca		
	(2º ciclo)		
2008	<u>Pousio enriquecido – 2ha</u>	2008	
-	<i>Tachigali vulgaris</i>	-	<u>Pousio natural – 2ha</u>
2009	<i>Inga edulis</i>	2011	
	<u>Pousio triturado – 2ha</u>	2012	<u>Pousio queimado – 2ha</u>
2010	Plantio: Milho + Mandioca	-	Plantio: Milho + Mandioca
-	(1º ciclo)	2013	(1º ciclo)
2013	Feijão caupi + Mandioca		
	(2º ciclo)		
2013		2013	
-	<u>Pousio natural – 2ha</u>	-	<u>Pousio natural – 2ha</u>
2016		2016	
2017	<u>Pousio triturado – 2ha</u>	2017	<u>Pousio queimado – 2ha</u>
-	Plantio: Milho + Mandioca	-	Plantio: Milho + Mandioca
2018	(1º ciclo)	2018	(1º ciclo)
2018		2018	
-	<u>Pousio natural – 2ha</u>	-	<u>Pousio natural – 2ha</u>
2022		2022	

Inicialmente teve o plantio de *Hevea brasiliensis* e posterior conservada como controle

Nota: Em destaque, os anos de 2016 e 2022, foi realizado a coleta de dados para o presente estudo.
Fonte: Autora (2022) com base em Rodrigues (2013)

6.4 Coleta de dados florísticos

A comparação florística e estrutural foi realizada através dos parâmetros: riqueza florística (S), densidade (D), densidade relativa (Dr), altura (H), dominância (Do), diversidade (H'), equitabilidade (E), similaridade florística e estimativa de biomassa seca (BS) e estoque de carbono – biomassa acima do solo (EC).

6.4.1 Riqueza florística (S)

A estimativa da riqueza florística total foi calculada através do índice não paramétrico de jackknife de primeira-ordem (J1), pela seguinte equação:

$$J1 = \frac{SO + r1(n - 1)}{n}$$

Onde:

n = número de parcelas

SO = número total de espécies observadas nas parcelas

r1 = número de espécies com uma ocorrência (HELTSHE *et al*, 1983; PALMER, 1990).

6.4.2 Densidade relativa (Dr)

Para o cálculo da densidade relativa foi utilizada a equação:

$$Dri = \frac{ni \times 100}{N}$$

Onde:

ni = número de indivíduos da espécie i

N = número total de indivíduos

6.4.3 Dominância (Do)

Para o cálculo da dominância (DO) foi utilizada a seguinte equação:

$$DO = \sum ABi$$
$$ABi (m^2) = \frac{(\text{diâmetro}(cm))^2}{(100)^2} \times 0,7854$$

Onde: AB = área basal

6.4.4 Diversidade (H')

Para a determinação da diversidade foi utilizado o índice de Shannon-Weaver (H'), que atribui um maior peso às espécies raras, pela seguinte equação:

$$H' = - \sum pi \cdot \ln(pi)$$

Onde:

pi = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie/número total de indivíduos amostrados;

Ln = logaritmo de base neperiana (e) (MAGURRAN, 1988).

6.4.5 Equitabilidade (E)

Calculou-se também a equitabilidade (E), que se refere à distribuição dos indivíduos dentro da amostra, a homogeneidade da amostra ou a relação entre número de indivíduos por espécie, através da seguinte equação:

$$E = \frac{H'}{H'_{\text{máx.}}}$$
$$H'_{\text{máx.}} = \text{Ln}(S)$$

Onde:

Ln = logaritmo de base neperiana

S = número de espécies amostradas.

O valor da equitabilidade (E) ocorre entre 0 e 1, quanto mais aproximado de 1 for o valor do índice, mais igualitária será a distribuição dos indivíduos entre as espécies (PIELOU, 1977).

6.4.6 Similaridade florística

A similaridade florística entre os tratamentos foi calculada usando o índice de similaridade florística de Sorensen. Para a obtenção do valor de Sorensen em %, este foi multiplicado por 100 (LUDWIG *et al.*, 1988).

$$ISs = \frac{2 C}{(S1 + S2)}$$

Onde:

S1 e S2 são as riquezas dos tratamentos T1 e T2, respectivamente.

C = é o número de espécies comuns aos dois tratamentos. O índice varia de 0 a 1, e similaridades inferiores a 0,55 são consideradas baixas.

6.4.7 Estimativa da biomassa seca (BS) e estoque de carbono-biomassa acima do solo (EC).

A biomassa seca foi determinada utilizando a equação alométrica proposta por Uhl *et al.* (1988) para florestas secundárias. Esse cálculo incorporou os valores de altura e diâmetro das árvores. O peso da biomassa seca, expresso em quilogramas, foi convertido para toneladas por hectare, dividindo o valor calculado por 1.000 e, em seguida, multiplicando pelo fator 100,0. Para estimar o estoque de carbono na biomassa acima do solo, a biomassa seca foi multiplicada pelo fator 0,45, conforme estabelecido por Higuchi *et al.* (1998).

$$\text{LnBS} = -2,17 + (1,02 \times \text{LnDAP}) + 0,39 \times \text{LnH}$$

Onde:

Ln = logaritmo de base neperiana

BS = biomassa seca em quilograma

DAP = diâmetro em centímetro tomado a 1,30m da superfície do solo

H = altura total em metros.

6.5 Análise estatística dos dados

Para a comparação das médias de alguns dos parâmetros estruturais levantados foram realizadas análises de variância e teste t-student, ambos com probabilidade de 95% ($\alpha = 0,05$), onde se utilizou o software Excel ® 2016.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Estrutura horizontal

7.1.1 Estrutura Florística

No levantamento realizado no ano de 2016, foram identificadas 21 famílias na área originada no tratamento de Corte e Trituração (CT), 24 famílias na área cujo sistema foi de Corte e Queima (CQ) e 26 famílias na área de Referência (R). Em 2022, foram encontradas 13 famílias na área com sistema de Corte e Trituração (CT), 23 famílias na área com sistema de Corte e Queima (CQ) e identificadas 28 famílias na área de Referência (R).

Em 2016, as cinco famílias mais abundantes foram: Fabaceae (53), Salicaceae (53), Apocynaceae (42), Myrtaceae (37) e Hypericaceae (35) na área de CT; na área de CQ foram, Myrtaceae (48), Lecythidaceae (38), Annonaceae (32), Hypericaceae (27) e Fabaceae (18); na de R foram: Anacardiaceae (50), Fabaceae (42), Lecythidaceae (31), Lacistemataceae (23) e Lauraceae (21). No ano de 2022, no CT, Hypericaceae (139), Fabaceae (78), Salicaceae (26), Apocynaceae (11) e Boraginaceae (10), na CQ, Myrtaceae (75), Lecythidaceae (60), Hypericaceae (54), Annonaceae (38) e Salicaceae (37) e na de R, Arecaceae (43), Lecythidaceae (35), Anacardiaceae (30), Fabaceae (21) e Apocynaceae (20). (Tabela 1)

Tabela 1 – Densidade (D) e Densidade relativa (Dr) das cinco principais famílias encontradas nas florestas secundárias formadas após a utilização dos sistemas de preparo de área: Corte e Trituração (CT) e Corte e Queima (CQ) e, também, na área de Referência (R), estudadas na Fazenda Escola de Igarapé-açu/Universidade Federal Rural da Amazônia (FEIGA/UFRA), nos anos de 2016 e 2022

Ano	Família	D(Dr)	Família	D(Dr)	Família	D(Dr)
	CT		CQ		R	
2016	Fabaceae	53(17)	Myrtaceae	48(19)	Anacardiaceae	50(17)
	Salicaceae	53(17)	Lecythidaceae	38(15)	Fabaceae	42(15)
	Apocynaceae	42(13)	Annonaceae	32(13)	Lecythidaceae	31(11)
	Myrtaceae	37(12)	Hypericaceae	27(11)	Lacistemataceae	23(8)
	Hypericaceae	35(11)	Fabaceae	18(7)	Lauraceae	21(7)
	Outras 16	101(31)	Outras 19	92(36)	Outras 21	121(42)
	Total de nº famílias - 21Aa		Total de nº famílias – 24 Ab		Total de nº famílias - 26 Ab	
2022	Hypericaceae	139(47)	Myrtaceae	75(19)	Arecaceae	43(18)
	Fabaceae	78(26)	Lecythidaceae	60(15)	Lecythidaceae	35(14)
	Salicaceae	26(9)	Hypericaceae	54(14)	Anacardiaceae	30(12)
	Apocynaceae	11(4)	Annonaceae	38(10)	Fabaceae	21(9)
	Boraginaceae	10(3)	Salicaceae	37(9)	Apocynaceae	20(8)
	Outras 8	31(11)	Outras 18	135(34)	Outras 23	97(39)
	Total de nº famílias – 13 Bb		Total de nº famílias – 23 Bb		Total de nº famílias – 28 Bb	

Nota: Letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre os tratamentos no mesmo ano pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre os anos no mesmo tratamento pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

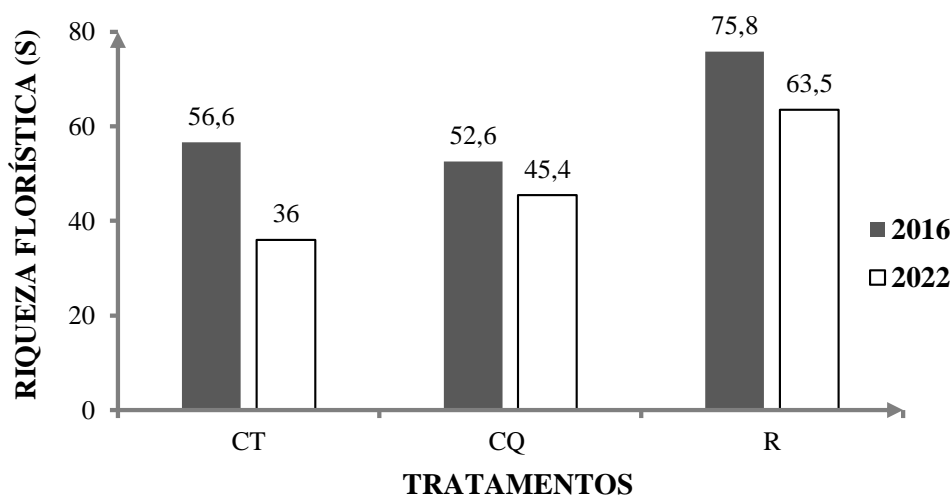
A tendência das áreas de sucessão secundária quanto a composição florística é que a vegetação aumente o seu grau de complexidade e diversidade (OLIVA *et al.*, 2018). No entanto, neste trabalho houve diminuição da diversidade das famílias nos sistemas manejados (CQ e CT), em relação a de Referência (R). Na área de R verificamos a ocorrência de 26 famílias encontradas no ano de 2016 e 28 famílias em 2022. Nos sistemas CT e CQ houve diminuição no número de famílias, com a presença de 21 famílias no primeiro levantamento (2016) e 13 famílias no segundo levantamento (2022), única diferença significativa, o restante estatisticamente não variou ao longo do tempo e nem entre as áreas de estudo (Tabela 1). A diminuição da quantidade de famílias pode ser explicada pelo avanço da vegetação secundária por espécies pioneiras e possível cobertura do solo, o que faz com que outras espécies vegetais, aquelas que não são tolerantes a sombra, não consigam se desenvolver, ocasionando assim a exclusão desses indivíduos do sistema (JAKOVAC *et al.*, 2014).

As famílias mais abundantes encontradas nas áreas avaliadas são características do estágio inicial da sucessão ecológica dentro dos fragmentos florestais, apresentando famílias identificadas também por Lima *et al.* (2007) em florestas secundárias de Manaus, AM, como Hypericaceae, Lecythidaceae e por Oliva *et al.* (2018), em florestas secundárias – áreas em processo de recuperação ambiental no município de Bocaiúva do Sul-PR, podendo ser destacadas a Fabaceae e a Myrtaceae.

A família Fabaceae demonstrou presença constante em todos os sistemas examinados nos levantamentos de 2016 e 2022. Esta família é frequentemente identificada como um elemento florístico predominante na Amazônia, desempenhando um papel significativo na promoção da diversidade regional e desempenho essencial na ciclagem do nitrogênio no ecossistema (SILVA *et al.*, 2013). É amplamente reconhecida como uma das mais importantes em estudos fitossociológicos diversos, conforme evidenciado por CARIM *et al.* (2013), CONDÉ *et al.* (2013), AMARAL *et al.* (2016), DIONÍSIO *et al.* (2016), SOUSA *et al.* (2018). Além disso, a contribuição da Fabaceae é fundamental para a recuperação ambiental e desempenha um papel crucial na manutenção dos nutrientes e da fertilidade do solo, como destacado por SILVA *et al.* (2018) e SANTOS JUNIOR (2020). Essa importância torna-se particularmente vital em atividades voltadas para a recuperação de áreas degradadas.

Os dados de riqueza florística nos levantamentos realizados no presente estudo estão contidos na Figura 8. Foi verificado que houve diminuição dos valores de riqueza florística (S) nos três tratamentos avaliados, quando comparado os dados de 2016 e 2022.

Figura 8 – Valores de riqueza florística encontrado nos três tratamentos avaliados (CT, CQ e R), nos anos de 2016 e 2022, na área da FEIGA/UFRA



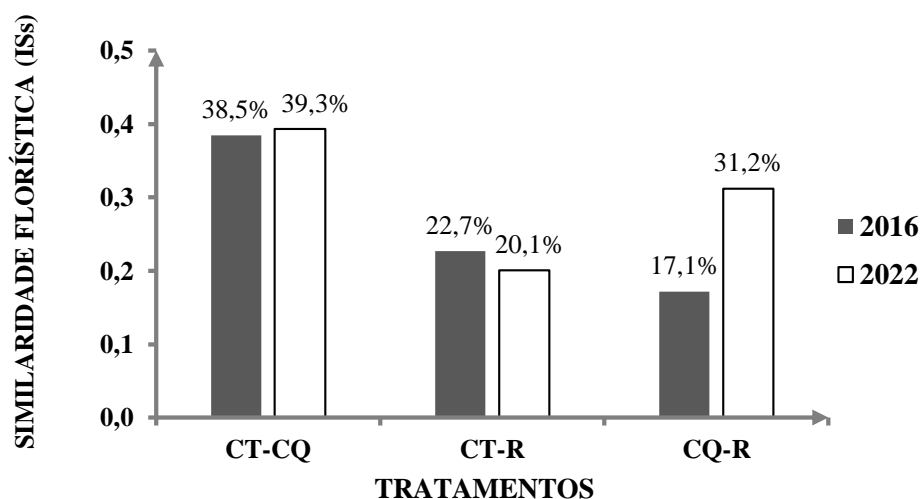
Fonte: Autora (2023)

Os resultados obtidos para os parâmetros de densidade e riqueza florística nos tratamentos avaliados são condizentes com a fase inicial da sucessão. Nesta etapa, observa-se uma elevada quantidade de indivíduos e uma baixa diversidade de espécies, reflexo das características de vida e desenvolvimento típicas das espécies dessa fase. Essas espécies destacam-se por uma rápida colonização da área, intensa reprodução e competição acirrada pelos recursos do ambiente, especialmente a radiação solar (RODRIGUES, 2005).

Em termos gerais, as espécies pioneiras nessa fase tendem a acumular mais sementes no banco devido aos seus eficazes mecanismos de dispersão à longa distância e produção precoce e abundante de sementes. É importante notar que a maioria das espécies pioneiras desenvolve sementes com períodos prolongados de dormência no solo, o que as torna frequentemente dominantes em áreas tropicais (UHL, *et al.*, 1983; RODRIGUES *et al.*, 1990; MONACO *et al.*, 2003).

A similaridade florística entre as áreas do tratamento CT e CQ, foram as que apresentaram similaridade florística mais elevada, no ano de 2016 a similaridade foi de 38,5% (CT-CQ) e no ano de 2022 alcançou 39,31% (CT-CQ), o maior valor encontrado no presente estudo. A similaridade entre o tratamento CQ e a área de Referência aumentou consideravelmente de 2016 para 2022, saindo de 17,1% para 31,2%. Por outro lado, a comparação de similaridade florística entre os tratamentos CT e R, apresentou um leve declínio (Figura 9).

Figura 9 – Gráfico comparativo de similaridade florística (%) para os três tratamentos avaliados, durante os anos de 2016 e 2022



Fonte: Autora (2023).

Segundo Lima e Almeida Jr (2018), a proximidade geográfica pode ser um dos fatores para a elevada similaridade florística, como ocorreu durante a pesquisa dos referidos autores em levantamento florístico em áreas de restingas. Ainda segundo os autores, a formação geológica parecida das áreas estudadas pode ser uma das causas da similaridade florística encontrada nestes tipos de levantamentos. O fator proximidade geográfica e levantamento florístico podem ter sido fundamentais para os valores de similaridade florística encontrados no presente trabalho, em especial nas áreas de CT-CQ e CT-R, conforme apresentado na Figura 2.

Os dados de Densidade total (D), Densidade relativa (Dr%) e Dominância (Do) das seis espécies mais abundantes encontradas nos três tratamentos avaliados na área de estudo estão contidos na Tabela 2, a tabela completa dos anos estudados (2016 e 2022) estão apresentadas nos Apêndices A e B.

Foram encontradas 44 espécies no CT no ano de 2016 e 27 espécies em 2022, uma queda de 38,6% no número de espécies, fato que também foi expresso na queda do número de famílias encontradas nesse tratamento. No levantamento de 2022, foi verificado um acréscimo considerável da quantidade levantada da espécie *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy, de 35 ind/ha em 2016 para 139 ind/ha em 2022, representando cerca de 47% dos indivíduos amostrados nesse tratamento, indicando que a espécie se desenvolveu e se reproduziu mais segundo no período avaliado. Segundo Massoca *et al.* (2012), florestas secundárias dominadas por espécies do gênero *Vismia* apresentam sub-bosque iluminado durante boa parte do processo

de sucessão com o passar dos anos, fato este que pode favorecer a continuidade e reprodução de indivíduos desse gênero, além das espécies não tolerantes a sombra.

O CQ apresentou 40 espécies nos dois levantamentos (2016 e 2022), contudo havendo diferenciação entre as espécies mais abundantes e dominantes na área. Em 2016 a espécie mais abundante e dominante foi a *Eugenia biflora* L., já em 2022, a espécie mais abundante foi a *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy e a espécie dominante foi a *Annona paludosa* (Aubl.), ambas espécies pioneiras e características de formações secundárias em estágios iniciais de sucessão. Alguns autores como Longhi *et al.*, (2005), Amaral *et al.*, (2009), Wirth *et al.*, (2009) e Williamson *et al.*, (2012), explicam que são espécies típicas de florestas secundárias, com grandes clareiras, que correspondem ao rápido estabelecimento e incremento nos estágios iniciais de abandono de área, evidenciando o grande impacto que a área sofreu, através por exemplo da exploração dos recursos naturais ou mesmo pelo uso do fogo.

Na área de Referência, em 2016, foram amostradas 56 espécies e, em 2022, 50 espécies diferentes. A espécie mais abundante e dominante no primeiro levantamento foi a *Tapirira guianensis* Aubl., apresentando abundância relativa de 11,46% e dominância de 0,23 (m²). A *Tapirira guianensis* Aubl. foi a espécie mais dominante no levantamento realizado por Carim *et al.* (2007), apresentando área basal de 2,502 m² em uma área total de 1,5 ha. Segundo Leal *et al.* (2005), a espécie *Tapirira guianensis* é destacada pela ocorrência elevada em florestas antigas e com maior número de espécies foram encontrados nas capoeiras de 20 e 40 anos, em relação a capoeira de 6 anos. Segundo Silva, 2004 e Silva *et al.*, 2008 e observações na área de estudo deste trabalho a queda dessa espécie ao longo destes dois levantamentos pode ser atribuído, por ser exemplo de espécie arbórea que ocorre em áreas de capoeira e de floresta madura, conseguinte sem nenhum tipo de manejo, servindo como referência para outras com algum tipo de manejo, como é o caso deste trabalho, pode ser que vieram a morrer, por estarem no estágio final de suas vidas ou por alguma interferência do meio em que vivem.

O número de espécies encontrados nos tratamentos CT e CQ é menor do que os encontrados na área de referência nos dois levantamentos (2016 e 2022). Este resultado pode ser atribuído ao tipo de formação da floresta secundária, uma vez que a área que não foi queimada possui grandes quantidades de sementes sob o solo e rápida capacidade de rebrota de plantas a partir de gemas presentes em seus troncos (MASSOCA *et al.*, 2012).

Entretanto, mesmo com os preparos anteriores de área com uso do fogo, o CQ apresentou maior quantidade de espécies do que o observado no CT. A queima da vegetação contribuiu para aumento do número de espécies, pela ação de quebra da dormência das

sementes do solo. Outro ponto a considerar, é a proximidade da área de CQ da área de Referência (R), podendo ter suas sementes dispersas à longa distância e incrementar o número de espécies via chuva de sementes na área CQ (UHL & CLARK, 1983; RODRIGUES *et al.*, 1990).

A diminuição no número de espécies levantadas no ano de 2022 quando comparado ao ano de 2016, no tratamento CT pode ser explicado pelo manejo da capoeira, com a trituração e deposição de serrapilheira sobre o solo, aumento de brotação e diminuição de germinação de sementes do solo. Além do mais, na primeira coleta (2016) tinha três anos de pousio e houve dois ciclos de cultivo no CT e somente um no CQ. Na segunda coleta (2022) foi 4 anos de pousio e um ciclo de cultivo entre as duas áreas CT e CQ. Dessa forma, Brokaw, (1985) e Amaral *et al.*, (2009) evidenciam o processo de sucessão florestal em ambientes que tiveram a supressão total dos indivíduos a partir do estabelecimento de espécies do grupo ecológico das pioneiras caracterizadas por se desenvolverem em grandes clareiras. Espécies pioneiras menos adaptadas e/ou em posições desfavoráveis podem ser excluídas do sistema, fato que pode ter ocorrido na área avaliada.

Tabela 2 – Densidade total (D), Densidade relativa (Dr) e Dominância das 6 espécies mais abundantes amostrados nas florestas secundárias formadas nos sistemas Corte e Trituração (CT), Corte e Queima (CQ) e a área de Referência (R), na área em estudo, nos anos de 2016 e 2022

Espécies	D(Dr%)	Do	Espécies	D(Dr%)	Do	Espécies	D(Dr%)	Do
Ano de 2016								
CT			CQ			R		
<i>Acacia mangium</i> Willd.	41(12,7)	0,343	<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	32(12,5)	0,021	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	33(11,5)	0,234
<i>Tabernaemontana heterophylla</i> Vahl	37(11,5)	0,035	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	27(10,6)	0,015	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	23(8,0)	0,058
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	35(10,9)	0,065	<i>Annona paludosa</i> Aubl.	24(9,4)	0,025	<i>Amphiodon effusus</i> Huber	21(7,3)	0,058
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	29(9,0)	0,027	<i>Cecropia palmata</i> Willd.	17(6,7)	0,021	<i>Ocotea longifolia</i> Kunth	21(7,3)	0,254
<i>Cecropia palmata</i> Willd.	26(8,1)	0,126	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	16(6,3)	0,008	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	17(5,9)	0,017
<i>Banara guianensis</i> Aubl.	18(5,6)	0,016	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	12(4,7)	0,006	<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	17(5,9)	0,029
Outras 38 espécies	136(42,2)	0,116	Outras 34 espécies	(49,8)	0,092	Outras 50 espécies	(54,2)	0,466
Total Geral	(100)	0,728	Total Geral	(100)	0,186	Total Geral	(100)	1,117
Ano de 2022								
CT			CQ			R		
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	139(47,1)	0,215	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	54(13,5)	0,032	<i>Astrocaryum gynacanthum</i> Mart.	43(17,5)	0,061
<i>Acacia mangium</i> Willd.	60(20,3)	0,602	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	34(8,5)	0,022	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A.Mori	15(6,1)	0,034
<i>Banara guianensis</i> Aubl.	15(5,1)	0,018	<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	34(8,5)	0,026	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	13(5,3)	0,277
<i>Tabernaemontana heterophylla</i> Val	9(3,0)	0,007	<i>Myrcia cuprea</i> (O.Berg) Kiaersk.	33(8,3)	0,023	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm	12(4,9)	0,011
<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	8(2,7)	0,026	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	31(7,8)	0,017	<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	12(4,9)	0,011
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	8(2,7)	0,007	<i>Annona paludosa</i> Aubl.	22(5,5)	0,041	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	10(4,1)	0,125
Outras 21 espécies	56(18,9)	0,109	Outras 34 espécies	191(47,9)	0,177	Outras 44 espécies	141(57,3)	0,758
Total Geral	(100)	0,983	Total Geral	(100)	0,337	Total Geral	(100)	1,277

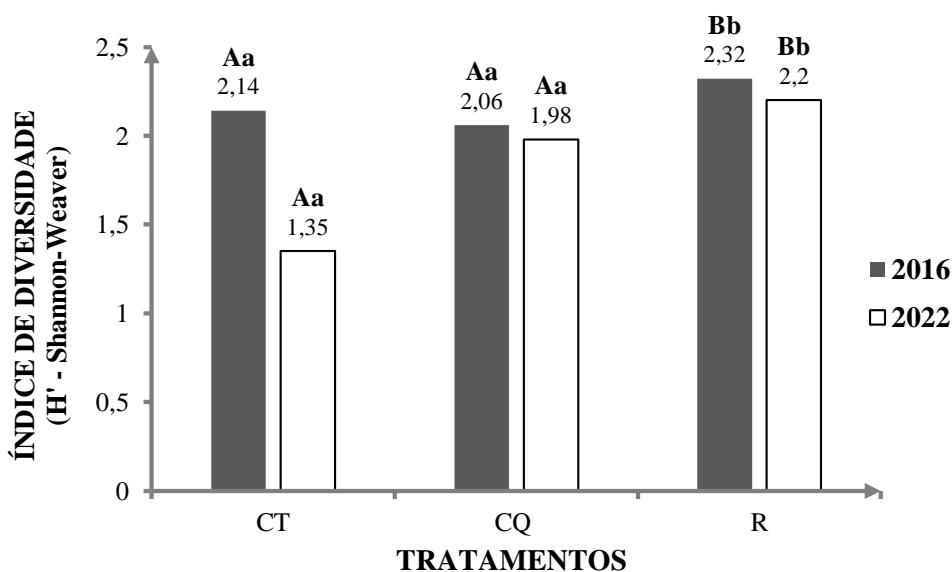
Fonte: Autora (2023)

7.1.2 Índices de Diversidade e Equitabilidade

A diversidade florística (H') média nas áreas formadas a partir do sistema de Corte e Trituração (CT) foi de 2,14 e a equitabilidade (E) 0,63, no ano de 2016. No ano de 2022, esses valores diminuíram para 1,35 (H') e 0,42 (E) (Figuras 10 e 11). Estes resultados indicam que a diversidade florística média na área apresentou queda, apresentando ainda uma queda na homogeneidade da distribuição de abundância das espécies (equitabilidade), sendo a diminuição mais acentuada na área do CT (Figura 11). Os valores de CT no ano de 2016 são semelhantes aos encontrados por Rodrigues *et al.* (2007b) para florestas secundárias originadas pelo mesmo tipo de sistema, o autor encontrou diversidade de 2,94 e equitabilidade de 0,66.

A área formada a partir do sistema de Corte e Queima (CQ) apresentou média de índice de diversidade florística (H') de 2,06 e equitabilidade 0,66 em 2016. No levantamento posterior, em 2022, esses valores diminuíram para 1,98 (H') e 0,55 (E) (Figuras 10 e 11). Rodrigues *et al.* (2007b) encontraram valores superiores de H' (3,32) e E (0,73) para florestas secundárias formadas pelo sistema de Corte e Queima (CQ). A incorporação do fogo no manejo de áreas, ao longo do tempo, tende a ocasionar a redução nos valores de diversidade de espécies e, em certa medida, a diminuição do índice de equitabilidade. Dessa forma, a perturbação causada pelo fogo emerge como um fator relevante na diferenciação florística observada, conforme destacado por Rodrigues *et al.* (2007b).

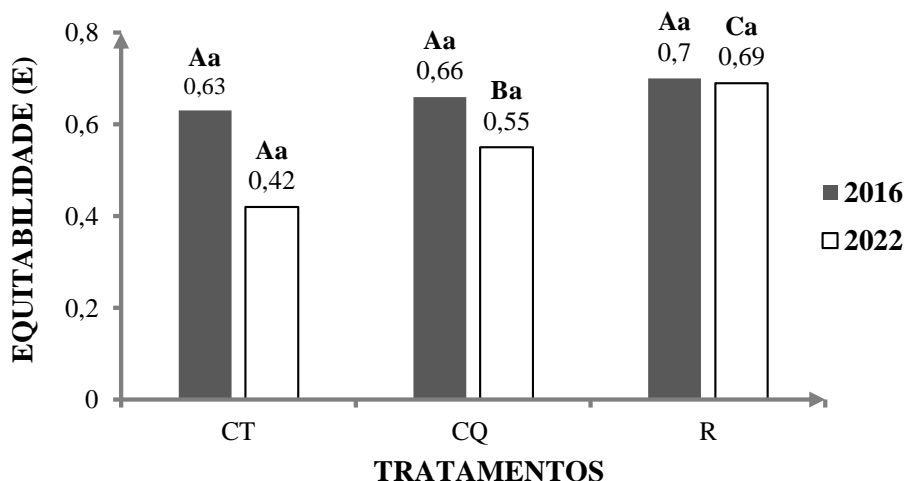
Figura 10 – Índices de diversidade (H') das florestas secundárias formadas após a utilização dos diferentes métodos, tratamentos CT, CQ e R, nos anos de 2016 e 2022 na área da FEIGA/UFRA



Nota: Letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre os tratamentos no mesmo ano pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre os anos no mesmo tratamento pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Autora (2023).

Figura 11 – Índices de equitabilidade (E) das florestas secundárias formadas após a utilização dos diferentes métodos, tratamentos CT, CQ e R, nos anos de 2016 e 2022 na área da FEIGA/UFRA



Nota: Letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre os tratamentos no mesmo ano pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre os anos no mesmo tratamento pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Autora (2023).

A ANOVA referente a diversidade nos dois anos estudados (2016 e 2022) demonstrou que há diferença estatística significativa entre os tratamentos utilizados (p -valor $< 0,05$). O teste t-student confirmou a diferença entre os valores de CT e R e de CQ e R (p -valor $< 0,05$), demonstrando assim que a diversidade encontrada no CT e no CQ são estatisticamente diferentes dos valores da área de Referência, (R). Contudo, não há diferença estatística significativa quando comparado ao CT com o CQ (p -valor $> 0,05$).

Considerando os resultados de diversidade estatisticamente semelhantes entre CT e CQ, os resultados do presente estudo discordam do apresentado por Massoca *et al.* (2012), de que áreas cujas formações secundárias não passaram por queimadas, a riqueza e a diversidade de espécies é maior do que aquelas que sofreram processos de queimadas. Contudo, quando a floresta secundária formada com o sistema de corte e queima foi comparado a área de referência, a afirmação dos autores foi confirmada, uma vez que em 2016, foi constatada a maior diferença absoluta entre a diversidade nos dois tratamentos (CQ = 2,06 e R = 2,32).

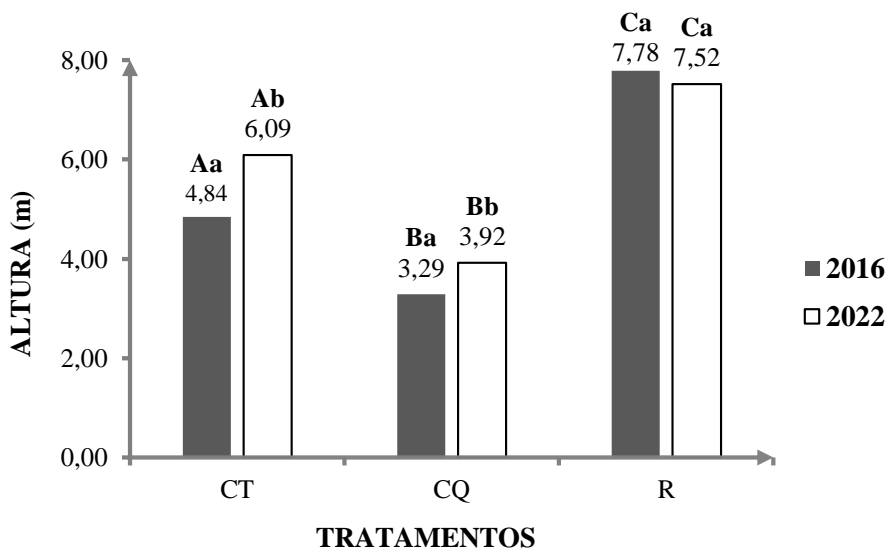
Em relação ao parâmetro de equitabilidade, a ANOVA dos dados de 2016 demonstrou que não há diferença significativa entre os tratamentos avaliados. Dessa forma, quanto a equitabilidade das amostras, os três tratamentos apresentaram comportamento semelhante estatisticamente. No levantamento de 2022, a ANOVA de equitabilidade indicou diferença estatística entre os sistemas, o teste t confirmou que, nas três áreas avaliadas, a equitabilidade é diferente estatisticamente, tendo a área de referência o tratamento com o maior valor médio,

seguido do CT e posteriormente o CQ. Alguns autores como Tucker *et al.* (1998) e Rodrigues *et al.* (2004b) explicam que o impacto de uma perturbação humana significativa, como o fogo, na sucessão secundária, está diretamente relacionado às consequências sobre a germinação do banco de sementes e sobre as estruturas vegetativas remanescentes. Portanto a formação da vegetação secundária é conduzida pela regeneração de indivíduos remanescentes após o distúrbio, a germinação do banco de sementes presente no solo, a rebrota proveniente de raízes ou tocos, e a dispersão e/ou migração de sementes originárias de outras áreas. Então pelo histórico da área de estudo evidencia os resultados obtidos.

7.1.3 Altura

Com relação ao parâmetro altura, os dados apresentaram crescimento no ano de 2022 comparados ao ano de 2016 nos tratamentos CT e CQ (Figura 12). Já na área de referência, a altura média em 2022 foi levemente menor do que a encontrada em 2016, o que pode ser explicado pelo método de obtenção da altura (estimada), assim como pela mortalidade de indivíduos e mudança da composição da floresta secundária.

Figura 12 – Valores de altura média para os tratamentos CT, CQ e R nos anos de 2016 e 2022 na área do experimento, FEIGA/UFRA



Nota: Letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente entre os tratamentos no mesmo ano pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente entre os anos no mesmo tratamento pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: Autora (2023).

A ANOVA dos dados de altura nos dois anos estudados (2016 e 2022) demonstrou que os três tratamentos avaliados possuem diferença estatística significativa (p -valor $< 0,05$). Com a aplicação do teste t-student, foi possível verificar que todos os tratamentos possuem diferenças

entre si, sendo a área de referência (R) com a apresentação do maior valor de altura média, seguido pelo tratamento CT e posteriormente pelo CQ.

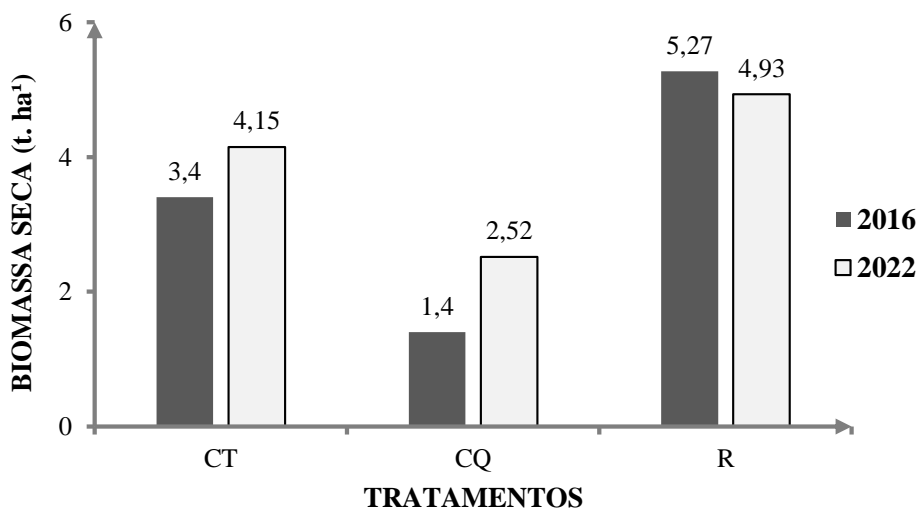
Os dados de altura podem ser tratados como indicadores do desenvolvimento das florestas secundárias gerados a partir de diferentes métodos de utilização do solo. Dessa forma, os valores mais próximos numericamente da área de referência foram os valores de altura do tratamento CT, o que pode promover a inferência que as árvores estão tendo melhor desenvolvimento em altura, quando comparadas ao CQ.

A quantidade de luz que chega ao sub-bosque de florestas secundárias são fatores que podem estar ligados à altura das árvores do sistema (MASSOCA *et al.*, 2012), uma vez que as florestas com predominância de espécies do gênero *Vismia*, como as florestas dos tratamentos CT e CQ, possuem crescimento em diâmetro e altura mais lentos, o que facilita a entrada de luz e pode ter influenciado para o aumento do parâmetro altura nos referidos tratamentos no ano de 2022, comparado ao ano de 2016.

7.2 Biomassa seca e estoque de carbono na biomassa acima do solo

A biomassa seca obtida nos anos de 2016 e 2022 para os três tratamentos avaliados são apresentadas na Figura 13. Os valores de biomassa seca e, conseqüentemente, de estoque de carbono na biomassa acima do solo demonstraram crescimento em 2022 quando comparado ao ano de 2016 nos sistemas de Corte e Trituração, um aumento de aproximadamente de 22% e Corte e Queima de aproximadamente 80%, porém com valor absoluto inferiores ao do CT. Apesar dos valores de biomassa seca do ano de 2022 ($R = 4,93 \text{ t. ha}^{-1}$) na área de Referência apresentarem menores, estatisticamente não tem diferença significativa aos encontrados em 2016 ($R = 5,27 \text{ t. ha}^{-1}$), uma diminuição de aproximadamente 6,45%.

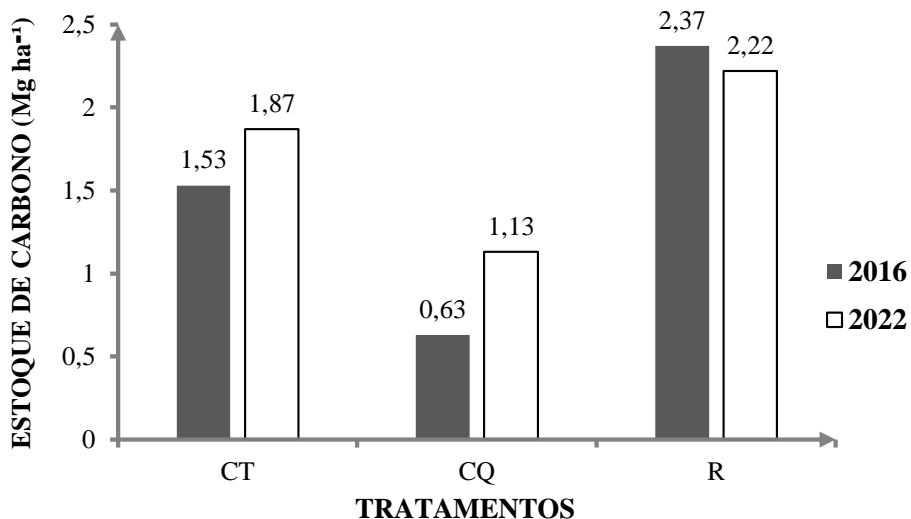
Figura 13 – Gráfico comparativo da estimativa da Biomassa seca ($t. ha^{-1}$) encontradas nos três tratamentos avaliados nos anos de 2016 e 2022 na FEIGA/UFRA



Fonte: Autora (2023).

Os valores de estoque de carbono na biomassa acima do solo, acompanharam o comportamento dos dados de biomassa seca, uma vez dado o seu método de obtenção, como é demonstrado na Figura 14. Foi verificada uma leve queda apenas nos valores de estoque de carbono na área de referência (R), no CT e CQ, os valores de estoque de carbono apresentaram crescimento.

Figura 14 – Gráfico comparativo do estoque de carbono estimado nos três tratamentos avaliados nos anos de 2016 e 2022 na FEIGA/UFRA



Fonte: Autora (2023).

Os valores de biomassa seca acima do solo encontradas no presente estudo são inferiores aos valores encontrados em pesquisas anteriores, como Lima *et al.* (2007), que através do qual

encontrou estoques médios de biomassa seca acima do solo com valores de 49 t.ha⁻¹ no ano de 1998 e 56,2 t.ha⁻¹ em 2001, sendo florestas de 10 anos originadas a partir do preparo de área com utilização do fogo na Amazônia. Mas é aceitável, pois são tempos de regeneração diferentes.

De acordo com Cordeiro *et al.* (2017), florestas secundárias jovens, com idades até 20 anos, normalmente apresentam altas taxas de acumulação da biomassa. Contudo, não foi identificado uma taxa elevada de acumulação de biomassa em nenhuma das áreas avaliadas, nem mesmo na área de Referência (R).

A análise de variância (ANOVA) dos valores de biomassa seca e de estoque de carbono demonstraram que há diferença estatística significativa entre os três tratamentos avaliados, tanto no ano de 2016 quanto em 2022, com valores de p-valor<0,05 (Tabela 3). O teste t-student confirmou a diferença estatística entre os três tratamentos no ano de 2016. Já no ano de 2022, a diferença significativa foi apenas entre os valores da biomassa seca e do estoque de carbono quando comparado o sistema CQ e R (p-valor<0,05), já a comparação dos demais tratamentos não há diferença significativa (p-valor>0,05). Dessa forma, a área de referência é estatisticamente superior às áreas de floresta secundária em pousio com e sem queima no preparo de área (CT e CQ). Já em relação aos sistemas CT e CQ, o CT apresentou comportamento significativamente superior ao CQ, conforme visualizado na Tabela 3.

Tabela 3 – P-valor da ANOVA e do teste t-student para os dados de biomassa seca (e estoque de carbono) dos tratamentos avaliados (CT, CQ e R) nos anos de 2016 e 2022

Parâmetro	Ano	Estatística (p - valor)			
		Anova	CT - CQ	CT - R	CQ - R
Biomassa seca (t. há ¹)	2016	0,000034 *	0,0086 *	0,0375 *	0,000056 *
	2022	0,0137 *	0,0735	0,3919	0,0005 *

Nota: *diferença estatística significativa ($\alpha = 0,05$).

Fonte: Autora (2023).

Os valores de biomassa seca e de estoque de carbono encontrados no presente estudo, promovem a indicação de utilização do sistema de Corte e Trituração (CT), uma vez que o sistema apresentou valores superiores ao de Corte e Queima (CQ) e valores similares aos da área de Referência (R).

De acordo com os parâmetros avaliados, o CT apresentou melhores resultados de biomassa seca acima do solo e seria uma boa alternativa para utilização por parte de pequenos produtores em áreas agrícolas. Portanto, a questão ecológica não é a única para justificar a substituição do CQ pelo CT, este modelo também deve ser considerado juntamente com outros parâmetros, especialmente os sociais e econômicos, que são da mesma forma importantes para medir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

8 CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos nos anos de 2016 e 2022, a influência de diferentes métodos de preparo de área na regeneração da capoeira foi evidente. As áreas sujeitas a Corte e Trituração (CT) demonstraram um potencial de regeneração mais favorável em comparação com Corte e Queima (CQ). Os resultados apontam para uma diminuição da diversidade florística e uma redução na quantidade de famílias nos sistemas manejados em relação à área de Referência (R). Explicado pelo avanço da vegetação secundária por espécies pioneiras, resultando na exclusão de outras espécies menos tolerantes à sombra.

A família Fabaceae se destacou como uma componente constante em todos os sistemas, desempenhando um papel significativo na regeneração e ciclagem de nutrientes na Amazônia. A riqueza florística nas áreas de CT e CQ diminuiu de 2016 para 2022, indicando uma transição para um estágio mais avançado da sucessão secundária, mas os sistemas ainda mantiveram características típicas da fase inicial.

A similaridade florística entre CT e CQ aumentou ao longo do tempo, indicando uma convergência na composição de espécies entre esses sistemas. A análise de densidade e riqueza florística destacou espécies pioneiras, como *Vismia guianensis* e *Eugenia biflora*, como componentes significativos nos sistemas estudados.

A avaliação da diversidade (H') e equitabilidade (E) revelou uma diminuição desses índices em 2022, sugerindo uma homogeneização na distribuição de espécies. A altura média das árvores aumentou em 2022, indicando um desenvolvimento favorável, especialmente nas áreas de CT.

A análise da biomassa seca acima do solo e estoque de carbono revelou que, em 2022, ambos os sistemas manejados (CT e CQ) apresentaram aumento desses parâmetros em comparação com 2016. No entanto, a área de referência manteve valores mais elevados. A comparação entre CT e CQ indicou que CT apresenta resultados superiores, sugerindo que este método pode ser mais eficaz na promoção da regeneração e acúmulo de carbono.

Em geral, os resultados sugerem que o método de preparo de área CT é mais adequado para a regeneração da capoeira, promovendo maior diversidade florística, equitabilidade, crescimento em altura, alcançando valores de biomassa seca e estoque de carbono próximos aos observados na área de R. Essa abordagem pode ser considerada uma alternativa mais sustentável e eficaz do que o CQ no contexto estudado. No entanto, é crucial levar em consideração não apenas os aspectos ecológicos, mas também os sociais e econômicos ao tomar decisões sobre práticas de manejo de áreas de capoeira.

REFERÊNCIAS

- AIDE, T. M.; ZIMMERMAN, J.; PASCARELLA, J.; RIVERA, L.; MARCANO-VEJA, H. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. **Restoration Ecology**, v. 8, p. 328-338, 2000. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80048.x>
- AGUIAR, M. D. de.; SILVA, A. C. da.; HIGUCHI, P.; NEGRINI, M.; SCHOLLEMBERG, A. L. Similaridade entre adultos e regenerantes do componente arbóreo em Floresta com Araucária. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.083214>
- AMARAL, D.D.; VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, S. S.; SALOMAO, R. P.; SILVA, A. S. L.; GONÇALVES, M. G. Checklist da flora arbórea de remanescentes florestais da região metropolitana de Belém e valor histórico dos fragmentos, Pará, Brasil. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. **Ciências Naturais**, v. 4, n. 3, p.231-289, 2009.
- AMARAL, D. D.; VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, S. S. Características ecológicas e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente florestal na área de endemismo Belém. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 14(4), p. 225-232, 2016.
- ARAÚJO H. J. B. Inventário florestal a 100% em pequenas áreas sob manejo florestal madeireiro. Embrapa, **Acta Amazônica**. Acre. 463 p. 2006.
- ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. **Cálculo de Indicadores Financeiros para Sistemas Agroflorestais**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 48 p. 2012.
- BALEIRO, A. V. F. **Intersecção Termodinâmica-Ecologia e discussão das bases científicas da Agricultura Sintrópica**. 2018. 126 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), 2018.
- BRIENZA JÚNIOR. S.; DENICH, M.; FÖLSTER, H.; VLEK, P. L. G. Fallow vegetation enrichment with leguminous trees in the eastern amazon of Brazil: Trees performance. German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems – **Achievements and prospects of cooperative research Hamburg**, v. 3, n. 8, p. 935-938, set. 2000.
- BROKAW, N. V. L. Gap-phase regeneration in a tropical forest. **Ecology**. v. 66, n. 3, p. 682-687, 1985.
- CARIM, S.; SCHWARTZ, G.; SILVA, M. F. F. Riqueza de espécies, estrutura e composição florística de uma floresta secundária de 40 anos no leste da Amazônia. **Acta Bot. Bras.**, v. 21, n. 2. 2007.

- CARIM, M. J. V.; GUILLAUMET, J. L. B., GUIMARÃES, J. R. da S., TOSTES, L. C. L. Composição e estrutura de floresta ombrófila densa do extremo norte do estado do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**. v. 3, p. 1-10, 2013.
- CARLUCCI, M. B.; SILVA, M., V.; TOREZAN, J. M. The Southern Atlantic Forest: Use, Degradation, and Perspectives for Conservation. **The Atlantic Forest**, p. 91–111. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_5
- CARVALHO, J. O. P. de. Inventário diagnóstico da regeneração natural da vegetação em área da floresta nacional do Tapajós. Belém, PA: EMBRAPA – CPATU. (**EMBRAPA – CPATU. Boletim de Pesquisa, 2**). 1980.
- CARVALHO, J. O. P. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no Estado do Pará**. Curitiba: UFPR, 1982. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, 1982.
- COELHO, R. F. R.; OLIVEIRA, V. C.; CARVALHO, C. J. R.; SÁ, T. D. de A. Fluxo de nitrogênio e fósforo pela deposição de liteira em sistemas de produção agrícola de corte/queima e corte/trituração/manejo de capoeira, na Amazônia oriental. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., Curitiba. **Anais... Colombo**: EMBRAPA, p. 559-561. 2004.
- CONDÉ, T. M.; TONINI, H. Fitossociologia de uma floresta ombrófila densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**. v. 43(3), p. 247-260, 2013.
- CORDEIRO, I. M. C. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; SCHWARTZ G. **O manejo da floresta secundária na Amazônia oriental**. EDUFRA. Belém-PA. cap. v. 163-190 p. 2017.
- CORRÊA, M. J. P.; ARAÚJO, M. S.; SILVA, M. R. M.; FREITAS, A. C. R. Levantamento da flora espontânea na cultura do feijão-caupi sob manejo de capoeira triturada no município de Santa Luzia do Paruá - MA. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – v. 6, n. 2, 5 p. 2011.
- CUNHA S. U. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Manaus: Escola Agrotécnica Federal de Manaus, 52p. 2004.
- CHAZDON, R. L. **Regeneração de florestas tropicais**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Naturais, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

- CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v. 6, n. 1-2, p. 51-71, 2003.
- DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KATO, M. S. A.; BLOCK, A., KATO, O. R.; SÁ, T. D. A.; LÜCKE, W.; VLEK, P.L.G. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: The experience from Eastern Amazonia. *Agroforestry Systems*, 61: 91-106. 2004.
- DENICH, M.; VLEK, PAUL L.G.; SÁ, T.D.A.; VIELHAUER, K.; LÜCKE, W. A concept for the development of fire-free fallow management in the Eastern Amazon, Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 110: 43-58. 2005.
- DIONÍSIO, L. F. S.; FILHO, O. S. B.; CRIVELLI, B. R. de S.; GOMES, J. P.; OLIVEIRA, M. H. S. de.; CARVALHO, J. O. P. de. Importância fitossociológica de um fragmento de floresta ombrófila densa no estado de Roraima, Brasil. *Revista Agro@ambiente*, v. 10(3), p. 243-252, 2016.
- EHBRECHT, M.; SCHALL, P.; AMMER, C.; SEIDEL, D. Quantifying stand structural complexity and its relationship with forest management, tree species diversity and microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 242, p. 1–9. 2017. <https://doi.org/10.1016/J.AGRFORMET.2017.04.012>
- EHBRECHT, M.; SEIDEL, D.; ANNIGHÖFER, P.; KREFT, H.; KÖHLER, M.; ZEMP, D. C.; PUETTMANN, K.; NILUS, R.; BABWETEERA, F.; WILLIM, K.; STIERS, M.; SOTO, D.; BOEHMER, H. J.; FISICHELLI, N.; BURNETT, M.; JUDAY, G.; STEPHENS, S. L.; AMMER, C. Global patterns and climatic controls of forest structural complexity. *Nature Communications*, v. 12, n. 1, p. 1–12. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20767-z>.
- EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Projeto Tipitamba: produzir sem queimar**. Não paginado. Biblioteca(s): Embrapa Amapá; Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA, 2001.
- FAO, **Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura**. Desmatamento é a 2ª maior causa das mudanças climáticas, revela FAO. 2018.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*, v. 36, n. 3, p. 395–400, 2006.
- FINEGAN, B.; NASI, R. The potential of secondary forests. *In: FOREST LANDSCAPES AND GLOBAL CHANGE*. Springer, p. 291-304. 2004.

FRANCEZ, L. M. de B.; BATISTA, F. de J.; TAKEHANA, C. L. I.; BARROS, P. L. C. de.; SOUZA, D. V.; CORUMBÁ, W. C.; RAMOS, E. M. L. S. **Manual para Análise de Inventário Florestal e Equação de Volume em Projetos de Manejo Florestal Sustentável**. Belém: EDUFRA, 100 p. 2017.

FREITAS, DA LUZ. J.; DOS SANTOS, E. S.; LIMA, R. B.; de LIMA SILVA, T. Comparação e análise de sistemas de uso da terra de agricultores familiares na Amazônia. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 100-108. 2013. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n1p100-108>.

GAMA, M. A. P. **Dinâmica do fósforo em solo submetido a sistemas de preparo alternativos ao corte e queima no Nordeste Paraense**. 96f. Tese (Doutorado) ESALQ, Piracicaba, 2002.

GARDNER, T. A.; BARLOW, J.; CHAZDON, R.; EWERS R. M.; HARVEY C. A.; PERES C. A.; SODHI N. S. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Ecol. Lett.** Jun-12(6): 561-82. 2009. doi: 10.1111/j.1461-0248.2009.01294.x. PMID: 19504750.

GARLET, A.; CANTO, J. L. do.; OLIVEIRA, P. R. S. de. O manejo florestal comunitário da caatinga em assentamentos rurais no Estado da Paraíba. **Rev. Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 28, n. 02, p. 735-745, 2018.

GONÇALVES, F. G.; SANTOS, J. R. dos. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Rev. Acta Amazônica**, v. 38, n. 02, p. 229-244, 2008.

HELTSHE, J. F. E.; FORRESTER, N. E. Estimating species richness using the Jackknife procedure. **Biometrics**, v. 39, p. 1-11. 1983.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 28, p. 153-166. 1998.

HOBBS, R. J.; ARICO, S.; ARONSON, J.; BARON, J. S.; BRIDGEWATER, P.; CRAMER, V. A.; EPSTEIN, P. R.; EWEL, J. J.; KLINK, C. A.; LUGO, A. E.; NORTON, D.; OJIMA, D.; RICHARDSON, D. M.; SANDERSON, E. W.; VALLADARES, F.; VILÀ, M.; ZAMORA, R.; ZOBEL, M. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. **Global Ecology and Biogeography**, v. 15, n. 1, p. 1-7. 2006. <https://doi.org/10.1111/J.1466-822X.2006.00212.X>.

HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. **Anais do Seminário de Emissão x Sequestro de CO₂**: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. **Anais...** 1994.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. ISBN: 857335019-9, Curitiba: UFPR, v. 1, 164 p. 2008.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest Mensuration**. 3th ed. New York: John Wiley e Sons, 402 p. 1982.

INPE. **Estimativa de desmatamento na Amazônia Legal para 2022 é de 11.568 km²**. Acesso em: 03 de maio de 2022, São José dos Campos, 03 de novembro de 2022. Disponível:https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/sei_01340-009084_2022_72_notatecnica_estimativa_prodes_2022_revisada_lu_lm_27_10_rev_la-002.pdf

JAKOVAC, A. C. C.; BENTOS, T. V.; MESQUITA, R. C. G.; WILLIAMSON, G. B. Efeitos da idade e da luz no crescimento de mudas em duas sucessões secundárias alternativas na Amazônia central, **Plant Ecology & Diversity**, 7:1-2, 349-358, 2014. DOI:10.1080/17550874.2012.716088

JAKOVAC, A. C. C.; JUNQUEIRA, A. B.; CROUZEILLES, R.; PEÑA-CLAROS, M.; MESQUITA, R. C. G.; BONGERS, F. The role of land-use history in driving successional pathways and its implications for the restoration of tropical forests. **Biological Reviews**, v. 96, n. 4, 1114– 1134. 2021. <https://doi.org/10.1111/BRV.12694>.

KATO, M. S. A. **Fire free land preparation as an alternative to slash-andburn agriculture in the Bragantina region**: crop performance and Phosphorus dynamics. Göttingen: Cuvillier. 144 p. 1998.

KATO, O. R.; KATO, M. S. A.; PARRY, M. M.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Fire free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: The role of fertilizers. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 62, n. 23, p. 225-237. 1999.

KATO, M. do S. A. **Adaptação e validação participativa de uma alternativa tecnológica de preparo de área sem queima no nordeste paraense**: relatório final. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 116. 2004.

KATO, O. R.; SECCO, N. B. Intensificando o cultivo em sistemas agroflorestais sucessionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5. Ilhéus, **Anais...** Ilhéus: CBSA. Documentos, 98, p. 111-113. 2004.

KATO, O. R.; SECCO, N. B. Tecnologia de corte e trituração: percepção e apropriação pelos agricultores familiares. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 2.; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. Ciência e tecnologia com inclusão social: **Anais...** Belém, PA: UFRA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

KATO, O. R.; FIGUEIREDO, R. de O., KATO, M. do S. de A., CARVALHO, C. J. R. de.; CAMARÃO, A. P.; SÁ, T. D. de A. **Plantio direto na capoeira**: uma alternativa com base no manejo de recursos naturais. In: WADT, Paulo Guilherme Salvador (Org.). **Sistema plantio direto e controle de erosão no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, p. 79-111. 2007.

KATO, O. R.; FREITAS, A. C. R. de.; FERREIRA, J. H.; LEMOS, W. P.; GONÇALVES, R. C., FILHO, J. A. R.; AZEVEDO, C. M. B. C. de.; VASCONCELOS, M. A.; MOURÃO, M.; MATOS, L. M. S. de.; GATO, R. F.; SHIMIZU, M.; ROFFE, A. Recuperação de área degradada através do preparo de área sem queima e sistemas agroflorestais. Conferência do Subprograma de Ciência e Tecnologia SPC&T Fase II/PPG7 (2008: Belém, PA). **Anais da Conferência do Subprograma de Ciência e Tecnologia SPC&T Fase II/PPG7**, realizado em Belém, Pará, Brasil, de 1 a 4 de dezembro de 2008. Brasília: CNPq, 579p. 2009.

LEAL, E. C.; VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, A. S. de; SANTOS JÚNIOR, M. R. dos. Regeneração de Floresta em uma Paisagem Agrícola do Leste do Pará. In: **VII Congresso de Ecologia do Brasil**, 2005, Caxambu-MG, v. 1, 2005.

LIMA, A. J. N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após corte raso seguido de fog. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 1, 2007.

LIMA, G. P.; ALMEIDA JUNIOR, E. B. de. Diversidade e Similaridade Florística de uma Restinga Ecotonal no maranhão, Nordeste do Brasil., **Revista Interciencia**. vol. 43, n. 4, abr. 2018.

LUGO, A. E. The emerging era of novel tropical forests. **Biotropica**, v. 41, n. 5, p. 589-591, 2009. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00550.x>.

LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; OLIVEIRA, D. M. FIALHO, L. E. B.; WOJCIECHOWSKI, J. C.; VACCARO, S. Banco de sementes do solo em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual em Santa Tereza, RS. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 359-370, 2005.

LOPES M. S. **Inventário de florestas nativas: desafios e oportunidades**. Mata nativa. 2018. Disponível em << <http://www.matanativa.com.br/blog/inventario-de-florestas-nativasdesafios-e-oportunidades/>>> Acesso em 15 de dezembro de 2022.

LOVERIDGE, R.; SALLU, S. M.; PFEIFER, M.; OLDEKOP, J. A.; MGAYA, M.; DA SILVA, D. A.; LATHAM, J.; PLATTS, P. J.; MARSHALL, A. R. Certified community forests positively impact human wellbeing and conservation effectiveness and improve the performance of nearby national protected areas. **Conservation Letters**, e12831. 2021. <https://doi.org/10.1111/CONL.12831>.

LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical Ecology: a primer on methods and computing**. New York: J. Wiley. 1988.

MAGALHÃES, D. da S.; SILVA-JUNIOR, C. H. L.; HADDAD, I.; ARAGÃO, L. E. O. C.; ANDERSON, L. O.; ESCADA, M. I. S.; DA SILVA JÚNIOR, J. F. Inefetividade da “Lei Juquira” Na redução do Desmatamento de Florestas Secundárias no Pará. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 10, Florianópolis-SC, 2023. **Anais...** Florianópolis-SC: INPE, 2023.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press. p. 179. 1988.

MANTOVANI A.; REIS, A.; ANJOS, A. dos.; SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C.; PUCHALSKI, A.; QUEIROZ, M. H. de.; REIS, M. S. dos.; CONTE, R. **Inventário e Manejo Florestal: Amostragem, Caracterização de Estádios Sucessionais na Vegetação Catarinense e Manejo Do Palmeiro (*Euterpe edulis*) em Regime de Rendimento Sustentável**. Florianópolis. Núcleo de pesquisas em florestas tropicais. 2005. Disponível:https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1935289/mod_resource/content/1/Apostila_curso_inventarioNPFT%5B1%5D.pdf >> acesso em 16 de dezembro de 2022.

MARCOLAN, A. L.; LOCATELLI, M.; FERNANDES, S. R. Atributos químicos e físicos de um Latossolo e rendimento de milho em diferentes sistemas de manejo da capoeira. **Comunicado Técnico 352**, Embrapa, Porto Velho - RO, p. 6. 2009.

- MASSOCA, P. E. dos S.; JAKOVACI, A. C. C.; BENTOS, T. V.; WILLIAMSONI, G. B.; MESQUITA, R. de C. G. Dinâmica e trajetórias da sucessão secundária na Amazônia central. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. **Cienc. Nat.**, Belém, v. 7, n. 3, p. 235-250, set.-dez. 2012.
- MATOS, L. M. S. de. **Agricultura familiar e informação para o desenvolvimento rural nos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim**. Dissertação (Mestrado) – UFPA-Centro Agropecuário: Embrapa Amazônia Oriental, 147 p. 2005.
- MAZON, J. A.; SILVA, R. A. R.; WATZLAWICK, L. F. Estrutura e composição da regeneração natural em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista secundária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 39, e201801698, p. 1-16, 2019.
- MAXWELL, S. L.; FULLER, R. A.; BROOKS, T. M.; WATSON, J. E. M. Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. **Nature**, v. 536, n. 7615, p. 143–145. 2016. <https://doi.org/10.1038/536143a>. 2016.
- MENEZES, A. G. S. **Efeito da perturbação antrópica, mudanças climáticas e dinâmica de regeneração sobre a biomassa e nutrientes de raízes da caatinga**. 2023. 110 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Biologia vegetal, 2023.
- MOJENA, P. A.; DALL´AGUA, A. C.; FREESE C. R.; MOJENA, A. A. S. Avaliação da regeneração natural em um fragmento de floresta secundária no município de Feliz Natal –MT. **Scientific Electronic Archives**. Issue ID: Sci. Elec. Arch. v. 11, n. 2, Abril 2018.
- MONACO, M. L.; MESQUITA, G. C. R.; WILLIAMSON, B. G. Banco de sementes de uma floresta secundária amazônica dominada por *Vismia*. **Acta Amazonica**, 33 (1); 41-52. Jan-Mar 2003. <https://doi.org/10.1590/1809-4392200331052>
- MORAN, E.F.; PACKER, A.; BRONDIZIO, E.; TUCKER, J. Restoration of vegetation cover in the eastern Amazon. **Ecological Economics**, 18: 41-54. 1996.
- OLIVA, E. V.; REISSMANN, C. B.; MARQUES, R.; BIANCHIN, J. E.; DALMASO, C. A.; WINAGRASKI, E. Florística e estrutura de duas comunidades arbóreas secundárias com diferentes graus de distúrbio em processo de recuperação. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1088-1103, jul.- set., 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509833465>
- OLIVEIRA, L. C. **Dinâmica de crescimento e regeneração natural de uma floresta secundária no Estado do Pará**. 1995. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental) – Universidade Federal do Pará; Museu Paraense Emílio Goeldi. 127 p. Belém-PA. 1995.

- OLIVEIRA, J. S. R.; KATO, O. R.; OLIVEIRA, T. F.; QUEIRÓZ, J.; CARDOSO, R. Agricultura familiar e safs: produção com conservação na Amazônia Oriental, nordeste paraense. In: congresso brasileiro de sistemas de produção. Agricultura familiar, políticas públicas e inclusão social. **Anais...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2007.
- PASCUAL, U. Land use intensification potential in slash-and-burn farming through improvements in technical efficiency. **Ecological Economics**, v. 52, p. 497– 511. 2005.
- PALMER, M. W. The estimation of species richness by extrapolation. **Ecology**, v. 71, p. 1195-1198. 1990.
- PENONE, C.; ALLAN, E.; SOLIVERES, S.; FELIPE-LUCIA, M. R.; GOSSNER, M. M.; SEIBOLD, S.; SIMONS, N. K.; SCHALL, P.; VAN DER PLAS, F.; MANNING, P.; MANZANEDO, R. D.; BOCH, S.; PRATI, D.; AMMER, C.; BAUHUS, J.; BUSCOT, F.; EHBRECHT, M.; GOLDMANN, K.; JUNG, K.; FISCHER, M. Specialisation and diversity of multiple trophic groups are promoted by different forest features. **Ecology Letters**, v. 22, n. 1, p. 170–180. 2019. <https://doi.org/10.1111/ELE.13182>.
- PIAZZA, G. E.; ZAMBIAZI, D. C.; CORREIA, J.; FANTINI, A. C. Regeneração natural de espécies madeireiras na floresta secundária da Mata Atlântica. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 4, n. 2, p. 99–105, 2017.
- PIELOU, E. C. **Mathematical Ecology**. New York:: J. Wiley, . 1977.
- PIRES, A. P. F.; SHIMAMOTO, C. Y.; PADGURSCHI, M. C. G.; SCARANO, F. R.; MARQUES, M. C. M. Atlantic Forest. In *The Atlantic Forest: Ecosystem Services Linking People and Biodiversity*, p. 347–367. 2021. **Springer**. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_16. 2021.
- QUEIROZ W. T. **Amostragem em Inventário Florestal**. Belém. UFRA. 2012. Disponível:https://profloresta.agro.ufg.br/up/417/o/amostragem_inventario_florestal_Walden_ey_UFRA_2012.pdf. Acesso em 15 de dezembro de 2022.
- REGO, A. K. C.; KATO, O. R.; WATZLAWICK, L. F. Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. **Novos Cadernos Naea**. v. 20. n. 3. p. 203-224. Set-Dez 2017.
- REZENDE, C. L.; SCARANO, F. R.; ASSAD, E. D.; JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; STRASSBURG, B. B. N.; TABARELLI, M.; FONSECA, G. A.; MITTERMEIER, R. A. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology**

and Conservation, v. 16, n. 4, p. 208–214. <https://doi.org/10.1016/J.PECON.2018.10.002>. 2018.

RODRIGUES, F.C.M.; COSTA, L.G.S.; REIS, A. Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de florestas tropicais. **In: Anais do 66º Congresso Florestal Brasileiro**, Campos do Jordão. Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS) e Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais (SBEF), Campos do Jordão, p. 676-684. 1990.

RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; BARROS, L.C.D. Tropical Rain Forest regeneration in an area degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, 190: 323–333, 2004a.

RODRIGUES, M. A. C. de M. **Comparação da Estrutura de Florestas Secundárias Formadas a Partir de dois Diferentes Sistemas Agrícolas no Nordeste do Estado do Pará, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, 72 p. 2005.

RODRIGUES, M. A. C. de M.; MIRANDA, I. S.; KATO, M. S. A. Flora e estrutura da vegetação secundária após o uso de diferentes trituradores florestais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 459-465, abr. 2007a.

RODRIGUES, M. A. C. de M.; MIRANDA, I. S.; KATO, M. S. A. Estrutura de florestas secundárias após dois diferentes sistemas agrícolas no nordeste do estado do Pará, Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 591-598, 2007b.

RODRIGUES, S. J. S. de C. **Carbono e Nitrogênio das frações da matéria orgânica do solo de sistemas de manejo Com e Sem Queima na Amazônia Oriental**. 2013. 60 p. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do solo, Adubação e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2013.

ROSA, M. R.; BRANCALION, P. H. S.; CROUZEILLES, R.; TAMBOSI, L. R.; PIFFER, P. R.; LENTI, F. E. B.; HIROTA, M.; SANTIAMI, E.; METZGER, J. P. Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. **Science Advances**, v. 7, n. 4. 2021. <https://doi.org/10.1126/SCIADV.ABC4547>.

RUMPEL, C.; ALEXIS, M.; CHABBI, A.; CHAPLOT, V.; RASSE, D. P.; VALENTIN, C.; MARIOTTI, A. BLACK. Carbon Contribution To Soil Organic Matter Composition In Tropical Sloping Land Under Slash And Burn Agriculture. **Geoderma**, v. 130, n. 1-2, p. 35-46, 2005.

SALOMÃO, P. R.; VIEIRA, C. G. I.; BRIENZA JÚNIOR, S.; AMARAL, D. D. Estágios Sucessionais de Florestas Secundárias: Sistema Capoeira Classe. **Ciências Florestais e Ambientais**: diagnóstico, classificação e proposição em pesquisa - ISBN 978-65-5360-268-7. v. 1. 2023 - Editora Científica Digital - www.editoracientifica.com.br

SAMPAIO, C. A.; KATO, O. R.; NASCIMENTO e SILVA, D. Sistema de corte e trituração da capoeira sem queima como alternativa de uso da terra, rumo à sustentabilidade florestal no nordeste paraense. **RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental**. v. 2, n. 1, p. 41-53. Jan. - Abr. 2008.

SANTOS, J. C. **Sustentabilidade socioeconômica e ambiental de sistemas de uso da terra da agricultura familiar no estado do Acre**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – UFV, Viçosa. 182 p. 2008.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; DE ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. de.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília-DF: Embrapa, 356 p. 2018.

SANTOS JUNIOR, H. B. **Fitossociologia e propriedades físicas da liteira em ecossistema sucessional de floresta alterada na Amazônia Oriental**. 2020. 58 p. Dissertação (Mestrado em ciências florestais) –Universidade Federal Rural da Amazônia, 2020. <http://www.repositorio.ufra.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1165/1>.

SILVA, A. G. **Fisionomia e estrutura da comunidade arbórea, na Mata dos Macacos Município de Igarassu-Pe**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural de Pernambuco. 69p. 2004.

SILVA, H. C. H.; LINS E SILVA, A. C. B.; GOMES, J. S.; RODAL, M. J. N. The Effect of Internal and External Edges on Vegetation Physiognomy and Structure in a Remnant of Atlantic Lowland Rainforest in Brazil. **Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability** 2, 47-55. 2008.

SILVA, A. B.; JUNIOR, M. A. L.; JUNIOR, J. C. B. D.; FIGUEIREDO, M. do V. B.; VICENTIN, R. P. Armazenamento de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de brachiaria decumbens após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 37, p. 502–511, 2013.

- SILVA, J. J. N.; de MELLO, W. Z.; RODRIGUES, R. A. R.; ALVES, B. J. R.; de SOUZA, P. A.; da CONCEIÇÃO, M. C. G. Nitrogen Cycling in Tropical Forests and Eucalyptus Plantations in Brazil in the Anthropocene. **Revista Virtual de Química**, v. 10(6), p. 1792–1808, 2018. <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v10n6a09>.
- SILVA, A. O.; SANTOS, D. C. R.; ROSÁRIO, I. C. B.; BARATA, H. S.; RAIOL, L. L. Da tradição a técnica: perspectivas e realidades da agricultura de derruba e queima na Amazônia. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 1, e38310111799-e38310111799, 2021.
- SILVA, M. M. da.; ROCHA, C. G. S. Mudanças na agricultura de corte e queima em Altamira, Pará. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, e11611528087, 2022.
- SOARES, P. **Levantamento fitossociológico da regeneração natural em reflorestamento misto no município de Cotriguaçu, estado de Mato Grosso**. 2009. 49 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Mato Grosso Cuiabá. Programa de pós-graduação em ciências florestais e ambientais, 2009.
- SOUZA, C. M. de A.; FREITAS, F. dos S.; CARVALHO, C. J. R. de.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R. Atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais sequenciais no município de Igarapé Açú, Pará. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 8., Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBSAF: Embrapa Amazônia Oriental: UFRA: CEPLAC: EMATER: ICRAF, 2011.
- SOUSA, D. A. S.; APARÍCIO, W. C. S. Diversidade e similaridade florística em áreas sob influência de uma usina hidrelétrica na Amazônia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11(4), p. 1195-1216, 2018.
- TUCKER, J.M.; BRONDIZIO, E.S.; MORÁN, E.F. **Rates of forest regrowth in eastern Amazônia: A comparison of Altamira and Bragantina regions, Pará State, Brazil**. *Interciencia*, 23: 64-73, 1998.
- UHL, C.; BUSCHBACHER, R. E SERRÃO, E. A. S. Abandoned pastures in eastern Amazonia. **Journal of Ecology**, v.76, p.663-681. 1988.
- UHL, C.; CLARK, K. Seed ecology of selected Amazon Basin successional species. **Botanical Gazette**, 144: 419-425. 1983.
- VILELA, E. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; GAVINALES, M. L.; CARVALHO, D. A. Espécies de matas ciliares com potencial para estudos de revegetação no alto Rio Grande, Sul de Minas. **Revista Árvore**, v. 17, n. 2, 117-128 p, 1993.

WALKER, R.; SALAS, W.; URQUHART, G.; KELLER, M.; SKOLE, D. E PEDLOWSKI, M. Secondary vegetation ecological, social, and remote sensing issues. *In*: Conference. Name **Conference** **Location:** 1999. Disponível: http://www.lbaeco.org/lbaeco/invest/docs/reports/SecondaryForest/secforest_051699.pdf. Acesso em: 20 fev. 2022

WILLIAMSON, G. B.; BENTOS, T. V.; LONGWORTH, B.; MESQUITA, R. C. G. Convergence and divergence in alternative successional pathways in Central Amazonia. **Plant Ecology e Diversity**. v. 7, p. 341-348, 2012.

WIRTH, C.; MESSIER, C.; BERGERON, Y.; FRANK, D.; FANKHANEL, A. Old-growth forest definitions: a pragmatic view. *In*: WIRTH, C.; GLEIXNER, G.; HEIMANN, M. Oldgrowth forests: function, fate and value. **Springer**, New York. Ed. 207, p. 11-33, 2009.

ZENNER, E. K. Differential growth response to increasing growing stock and structural complexity in even-and uneven-sized mixed picea abies stands in southern Finland. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 46, n. 10, 1195–1204. 2016. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0400>

ZWIENER, V. P.; de LIMA, R. A. F.; SÁNCHEZ-TAIA, A.; ROCHA, D. S. B.; MARQUES, M. C. M.; ZWIENER, V. P.; MARQUES, M. C. M.; DE LIMA, R. A. F.; SÁNCHEZ-TAPIA, A.; ROCHA, D. S. B. Tree Diversity in the Brazilian Atlantic Forest: Biases and General Patterns Using Different Sources of Information. *In*: **The Atlantic Forest**, 115–131. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_6. 2021.

APÊNDICE 1 – Densidade total (D), Densidade relativa (Dr) e Dominância das 20 espécies mais abundantes amostrados nas florestas secundárias formadas nos sistemas Corte e Trituração (CT), Corte e Queima (CQ) e a área de Referência (R), na área experimental da FEIGA, no ano de 2016

Sistema de corte e trituração (CT)				Sistema de corte e queima (CQ)				Sistema de Referência (R)			
N Espécies	D	Dr%	Do	N Espécies	D	Dr%	Do	N Espécies	D	Dr%	Do
1 Acacia mangium Willd.	41	12,73	0,3428	1 Eugenia biflora L.	32	12,55	0,0208	1 Tapirira guianensis Aubl.	33	11,46	0,2344
2 Tabernaemontana heterophylla Vahl	37	11,49	0,0352	2 Vismia guianensis (Aubl.) Choisy	27	10,59	0,0145	2 Lacistema pubescens Mart.	23	7,99	0,0576
3 Vismia guianensis (Aubl.) Choisy	35	10,87	0,0650	3 Annona paludosa Aubl.	24	9,41	0,0246	3 Amphiodon effusus (Huber)	21	7,29	0,0583
4 Casearia arborea (Rich.) Urb.	29	9,01	0,0274	4 Cecropia palmata Willd.	17	6,67	0,0209	4 Ocotea longifolia Kunth.	21	7,29	0,2544
5 Cecropia palmata Willd.	26	8,07	0,1260	5 Lecythis lurida (Miers) S.A.Mori	16	6,27	0,0080	5 Couratari stellata A. C. Smith	17	5,90	0,0168
6 Banara guianensis Aubl.	18	5,59	0,0157	6 Banara guianensis Aubl.	12	4,71	0,0061	6 Thyrsoodium spruceanum Benth.	17	5,90	0,0292
7 Senna georgica var. georgica	14	4,35	0,0061	7 Myrcia cuprea (O.Berg) Kiaersk.	12	4,71	0,0057	7 Pogonophora schomburgkiana Miers ex Benth.	14	4,86	0,0263
8 Myrcia deflexa (Poir.) DC	12	3,73	0,0056	8 Eschweilera ovata. (Cambess.) Mart. ex Miers	11	4,31	0,0092	8 Inga thibaudiana DC.	13	4,51	0,0353
9 Cordia exaltata Lam.	9	2,80	0,0038	9 Lecythis pisonis Cambess.	10	3,92	0,0041	9 Conarus perrottetii DC.	10	3,47	0,0476
10 Myrcia cuprea (O.Berg) Kiaersk.	9	2,80	0,0056	10 Maprounea guianensis Aubl	10	3,92	0,0055	10 Eugenia patrisii Vahl.	7	2,43	0,0085
11 Bauhinia unguolata L.	8	2,48	0,0037	11 Inga edulis Mart.	8	3,14	0,0152	11 Lecythis lurida (Miers) S.A.Mori	7	2,43	0,0117
12 Myrcia sylvatica (G. Mey.) DC.	8	2,48	0,0074	12 Margaritaria nobilis. L.f.	8	3,14	0,0052	12 Neea oppositifolia Ruiz & Pav.	7	2,43	0,0182
13 Aegiphila racemosa Vell.	7	2,17	0,0034	13 Pouteria macrophylla (Lam.) Eyma	8	3,14	0,0070	13 Abarema jupunba (Willd.) Britton & Killip.	5	1,74	0,0433
14 Casearia decandra Jacq.	6	1,86	0,0049	14 Annona exsucca DC.	6	2,35	0,0033	14 Casearia decandra Jacq.	5	1,74	0,0070
15 Guapira noxia (Netto) Lundell	6	1,86	0,0068	15 Lacistema pubescens Mart.	6	2,35	0,0025	15 Cordia exaltata Lam.	5	1,74	0,0034
16 Abarema jupunba (Willd.) Britton & Killip.	5	1,55	0,0060	16 Agonandra brasiliensis Miers	5	1,96	0,0050	16 Eschweilera coriacea (DC.) S.A. Mori	5	1,74	0,0153
17 Couratari stellata A.C.Smith	5	1,55	0,0036	17 Batesia floribunda Spruce ex Benth	5	1,96	0,0052	17 Pouteria macrophylla (Lam.) Eyma	5	1,74	0,0079
18 Himatanthus articulatus (Vahl) Woodson	4	1,24	0,0040	18 Handroanthus serratifolius (Vahl) S.O.Grose	4	1,57	0,0021	18 Siparuna guianensis Aublet	5	1,74	0,0035
19 Chamaecrista apoucouita (Aubl.) H.S.Irwin & Barneby	3	0,93	0,0184	19 Inga stipularis DC.	4	1,57	0,0042	19 Casearia grandiflora Camb.	4	1,39	0,0416
20 Inga heterophylla. Willd.	3	0,93	0,0019	20 Abarema jupunba (Willd.) Britton & Killip.	3	1,18	0,0015	20 Croton matourensis Aubl.	4	1,39	0,0395
24 outras espécies	37	11,49	0,0344	20 outras espécies	27	10,59	0,0159	36 outras espécies	60	20,83	0,1574
Total Geral	100	0,7276		Total Geral	100	0,1864		Total Geral	100	0,1574	

APÊNDICE 2 – Densidade total (D), Densidade relativa (Dr) e Dominância das 20 espécies mais abundantes amostrados nas florestas secundárias formadas nos sistemas Corte e Trituração (CT), Corte e Queima (CQ) e a área de Referência (R), na área experimental da FEIGA, no ano de 2022

Sistema de corte e trituração (CT)				Sistema de corte e queima (CQ)				Sistema de Referência (R)			
N	Espécies	D	Dr% Do	N	Espécies	D	Dr% Do	N	Espécies	D	Dr% Do
1	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	139	47,12 0,2152	1	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	54	13,53 0,0316	1	<i>Astrocaryum gynacanthum</i> Mart.	43	17,48 0,0609
2	<i>Acacia mangium</i> Willd.	60	20,34 0,6015	2	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	34	8,52 0,0224	2	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S. A. Mori	15	6,10 0,0344
3	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	15	5,08 0,0177	3	<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	34	8,52 0,0257	3	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	13	5,28 0,2770
4	<i>Tabernaemontana heterophylla</i> Vahl.	9	3,05 0,0072	4	<i>Myrcia cuprea</i> (O.Berg) Kiaersk	33	8,27 0,0229	4	<i>Couratari stellata</i> A. C. Smith	12	4,88 0,0114
5	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip.	8	2,71 0,0261	5	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	31	7,77 0,0172	5	<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	12	4,88 0,0109
6	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	8	2,71 0,0066	6	<i>Annona paludosa</i> Aubl.	22	5,51 0,0409	6	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip.	10	4,07 0,1252
7	<i>Platymiscium filipes</i> Benth.	7	2,37 0,0061	7	<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke et R. Knuth	19	4,76 0,0121	7	<i>Lacmellea aculeata</i> (Ducke) Monach.	9	3,66 0,0122
8	<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	7	2,37 0,0057	8	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	16	4,01 0,0077	8	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	9	3,66 0,0069
9	<i>Cecropia palmata</i> Willd.	6	2,03 0,0487	9	<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	16	4,01 0,0252	9	<i>Ocotea opifera</i> Mart.	9	3,66 0,1613
10	<i>Varronia cordia multispicata</i> (Cham.) Borhidi.	5	1,69 0,0024	10	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	13	3,26 0,0082	10	<i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl.	7	2,85 0,0216
11	<i>Bauhinia unguolata</i> L.	4	1,36 0,0034	11	<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	12	3,01 0,0179	11	<i>Tabernaemontana angulata</i> Mart. ex Müll.Arg.	7	2,85 0,0022
12	<i>Cassia fastuosa</i> Willd. ex Benth.	4	1,36 0,0123	12	<i>Annona exsucca</i> DC.	11	2,76 0,0058	12	<i>Amphiodon effusus</i> (Huber)	6	2,44 0,0174
13	<i>Cordia exaltata</i> Lam.	4	1,36 0,0022	13	<i>Cecropia palmata</i> Willd.	9	2,26 0,0111	13	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	5	2,03 0,0258
14	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	3	1,02 0,0059	14	<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	9	2,26 0,0073	14	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	5	2,03 0,0113
15	<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke et R. Knuth	2	0,68 0,0011	15	<i>Inga flagelliformis</i> (Vell.) Mart.	8	2,01 0,0097	15	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	5	2,03 0,0304
16	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	2	0,68 0,0021	16	<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	8	2,01 0,0061	16	<i>Myrcia cuprea</i> (O.Berg) Kiaersk	5	2,03 0,0241
17	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	2	0,68 0,0016	17	<i>Tabernaemontana heterophylla</i> Vahl.	7	1,75 0,0048	17	<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	5	2,03 0,0648
18	<i>Ambelania acida</i> Aubl.	1	0,34 0,0007	18	<i>Myrcia sylvatica</i> (G.Mey.) DC.	6	1,50 0,0027	18	<i>Thyrsodium paraense</i> Huber.	5	2,03 0,0348
19	<i>Annona paludosa</i> Aubl.	1	0,34 0,0021	19	<i>Inga edulis</i> Mart.	5	1,25 0,0141	19	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	4	1,63 0,0249
20	<i>Cordia nodosa</i> Lam	1	0,34 0,0005	20	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	5	1,25 0,0031	20	<i>Cordia exaltata</i> Lam.	4	1,63 0,0038
	7 outras espécies	7	2,37 0,0140		20 outras espécies	47	11,78 0,0409		30 outras espécies	56	22,76 0,3160
Total Geral		100	0,9832	Total Geral		100	0,3374	Total Geral		100	1,2773