

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

FRANCISCO SANTOS DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS NA RESTAURAÇÃO DE
CAMPINARANAS DEGRADADAS POR MINERAÇÃO DE AREIA**

MANAUS
Maio de 2024

FRANCISCO SANTOS DA SILVA

**SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS NA RESTAURAÇÃO DE
CAMPINARANAS DEGRADADAS POR MINERAÇÃO DE AREIA**

Dissertação submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia Tropical, da
Universidade Federal do
Amazonas, em atendimento
parcial das exigências para a
obtenção do grau de Mestre.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima

COORIENTADOR: Prof. Dr. Marcelo Gordo

MANAUS

Maio de 2024

Ficha Catalográfica

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

S586s Silva, Francisco Santos da
Sobrevivência e crescimento de espécies nativas de
campinaranas para a recuperação de solos arenosos degradados
por mineração de areia / Francisco Santos da Silva. - 2024.
64 f. ; 31 cm.

Orientador(a): Hedinaldo Narciso Lima.
Coorientador(a): Marcelo Gordo.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus,
2024.

1. Floresta sobre solos arenosos. 2. biodiversidade. 3.
degradação. 4. restauração de ecossistemas. I. Lima, Hedinaldo
Narciso. II. Gordo, Marcelo. III. Universidade Federal do Amazonas.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical. IV. Título

FRANCISCO SANTOS DA SILVA

**SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS NA RESTAURAÇÃO DE
CAMPINARANAS DEGRADADAS POR MINERAÇÃO DE AREIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, Área de Concentração em Produção Vegetal.

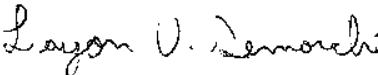
Aprovada em: 15 de maio de 2024.

Documento assinado digitalmente
 **HEDINALDO NARCISO LIMA**
Data: 14/06/2024 16:28:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima
(Presidente)

Documento assinado digitalmente
 **FRANCISCO ADILSON DOS SANTOS HARA**
Data: 14/06/2024 21:42:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Adilson dos Santos Hara – Membro
UFAM


Dra. Layon Orestes Demarchi – Membro
INPA

Dedicatória

Aos meus pais, que nunca hesitaram em proporcionar condições favoráveis ao meu desempenho acadêmico. Desde o início da minha vida escolar sempre deram o apoio que eu necessitava. Sempre que pensei em desistir, minha maior fonte de inspiração para continuar foram eles.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por proporcionar bênçãos para que em meio às tribulações eu pudesse alcançar os objetivos e metas que almejo. Em seguida meus pais, Wilson Martins da Silva e Francisca Pereira dos Santos, por todos os dias demonstrarem apoio e incentivo, para que meu processo de aprendizado nunca tivesse fim, dedicando todo amor e assim se fazendo a base de todo processo em minha vida.

Faço um agradecimento especial a minha namorada Raynara Tavares de Souza, por estar ao meu lado desde o início desse sonho e tornar essa experiência mais fácil ao dividir as responsabilidades diárias, assim como todos os membros da minha família que nunca deixaram de me apoiar e demonstrar incentivo para que eu pudesse ir cada vez mais longe.

Ao Prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima, pela orientação e por acreditar no meu trabalho, dentro e fora da UFAM. Aos Professores: Dr. Marcelo Gordo e Dr. Afrânio Ferreira Neves Júnior por toda ajuda e contribuição durante o trabalho de campo.

Também gostaria de agradecer aos professores Dr. Marciel José Ferreira por se disponibilizar em ajudar na coleta de dados e contribuição para a escrita da dissertação.

Aos colegas de turma que tiveram grande importância durante todo o processo do curso de Mestrado, em especial Wildson Benedito Mendes Brito e Alan Ferreira Leite de Lima pelo suporte e auxílio tanto em campo quanto em sala de aula.

À UFAM, ao Programa de pós Graduação em Agronomia Tropical e a FAPEAM pelo suporte e apoio financeiro, pois sem estes não seria possível realizar o processo acadêmico.

O presente trabalho foi realizado com apoio Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	Campinaranas.....	13
2.1.1	Campinarana Arbórea, Densa ou Florestada.....	15
2.1.2	Campinarana Arborizada.....	15
2.1.3	Campinarana Arbustiva.....	15
2.1.4	Campinarana gramíneo-lenhosa.....	16
2.2	Espodossolos e Neossolos quartzarênicos.....	17
2.3	Mineração de areia e seus Impactos associados.....	19
2.4	Degradação Ambiental.....	20
2.5	Recuperação Ambiental.....	21
2.6	Restauração de campinaranas.....	23
3	ESPÉCIES TRABALHADAS NO EXPERIMENTO.....	24
3.1	<i>Clusia nemorosa</i>	24
3.2	<i>Inga edulis</i>	25
3.3	<i>Inga lateriflora</i>	28
3.4	Macucu (<i>Aldina heterophylla</i>).....	28
3.5	Umiri (<i>Humiria balsamifera</i>)	29
3.6	<i>Protium pallidum</i>	30
3.7	<i>Miconia papillosa</i>	32
3.8	Pradosia (<i>Pradosia schomburkiana</i>).....	32
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1	Caracterização da área.....	33
4.2	Atributos químicos e granulometria do solo.....	34
4.3	Delineamento experimental.....	36
4.4	Implantação das espécies na área de estudo.....	38
4.5	Avaliação das mudas durante o experimento.....	39
4.6	Análises fisiológicas.....	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5.1	Atributos químicos e granulometria do solo.....	41
5.1.2	Atributos químicos e granulometria do solo das áreas não alteradas....	41
5.2	Taxa de Sobrevivência das espécies.....	46
5.3	Crescimento em altura e diâmetro das espécies.....	50
5.4	Resultados das análises fisiológicas.....	55
6	CONCLUSÃO.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61

Resumo

A mineração de areia em áreas de campinaranas provoca intensos impactos negativos sobre esses ecossistemas, como a supressão vegetal, perda de biodiversidade, oxidação da matéria orgânica e alteração na infiltração de água no solo, por exemplo. A restauração dessas áreas degradadas constitui um dos grandes desafios para a ciência, considerando a extrema pobreza dos solos, a sua textura arenosa e a falta de informações sobre o cultivo de espécies nativas nesses ambientes, desde a obtenção de sementes, superação de dormência, produção de mudas, estabelecimento e crescimento inicial de mudas. Este projeto teve por objetivo avaliar a taxa de sobrevivência, o crescimento inicial de mudas no campo sob diferentes adubações e características fisiológicas das espécies cultivadas. O estudo foi conduzido no município de Manaus-AM, em uma antiga mina de extração de areia, em ambiente dominado por solos arenosos (Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos). O preparo da área incluiu atividades de nivelamento, abertura de covas na dimensão de 40 cm x 40 cm, em espaçamento de 1,5 m x 1,0 m. O clima da região é tropical úmido, tipo Af, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por temperatura média anual de 26,7 °C com pouca variação sazonal entre 25,9 a 27,7 °C, precipitação anual média de 2.420 mm (ALVARES et al., 2013). O estudo foi conduzido entre fevereiro e dezembro de 2023, incluindo o período chuvoso e o período seco, na região. Foram cultivadas mudas de 11 espécies nativas de campinaranas mais *Inga edulis*, submetidas a diferentes tratamentos com adubação química, adubação orgânica e camada superficial do solo de campinaranas (*top soil*). O ensaio foi conduzido em esquema experimental de blocos casualizados, com três repetições, abrangendo uma área total de 608 m². As espécies apresentaram diferentes taxas de sobrevivência, sendo que a maior mortalidade coincidiu com o período de menor precipitação pluvial, maior taxa de evaporação e maiores valores médios de temperaturas máximas. Ingá cipó (*Inga edulis*), Umiri (*Humiria balsamifera*), Clusia ou Apuí (*Clusia nemorosa*) Palmeira ou palha-branca (*Attalea microcarpa*) e Abacaxi (*Ananas ananassoides*) apresentaram maior taxa de sobrevivência. Enquanto, *Miconia papillosa*, breu-branco (*Protium heptaphyllum*) ingazinha (*Inga lateriflora*) e pradosia ou casca-doce (*Pradosia schomburkiana*) e *P. palidum*, apresentaram as menores taxas de sobrevivência. Ingá cipó (*Inga edulis*), Umiri (*Humiria balsamifera*) e Clusia (*Clusia nemorosa*) apresentaram o maior crescimento em altura e em diâmetro do colo, bem como as melhores nas características

fisiológicas avaliadas, indicando elevado potencial para a restauração de ambientes arenosos degradados. De modo geral, as melhores respostas das plantas foram observadas no tratamento com o uso de calcário e fertilizantes químicos, sem adição de outros compostos.

Palavras-chave: Floresta sobre solos arenosos, biodiversidade, degradação, restauração de ecossistemas.

Abstract

Sand mining in areas of Campinaranas causes intense negative impacts on these ecosystems, with vegetation suppression, loss of biodiversity, oxidation of organic matter and changes in water infiltration into the soil, for example. The restoration of these degraded areas constitutes one of the greatest challenges for science, considering the extreme poverty of the soils, their sandy texture and the lack of information on the cultivation of native species in these environments, from obtaining seeds, overcoming dormancy, production of seedlings and establishment and initial growth of seedling plants. This project aimed to evaluate the survival rate, initial growth of seedlings in the field under different fertilizations and physiological characteristics of the cultivated species. The study was conducted in the municipality of Manaus-AM, in an old sand extraction mine, in an environment dominated by sandy soils (Spodosols and Quartzarene Neosols). The preparation of the area included leveling activities, digging holes measuring 40 cm x 40 cm, at a spacing of 1.5 m x 1.0 m. The region's climate is humid tropical, type Af, according to the Köppen classification, characterized by an average annual temperature of 26.7° C with little seasonal variation between 25.9° and 27.7 °C, average annual precipitation of 2,420 mm (ALVARES et al., 2013). The study was conducted between February and December 2023, including the rainy season and the dry season, in the region. Seedlings of 11 native species of Campinaranas plus *Inga edulis* were cultivated, subjected to different treatments with chemical fertilization, organic fertilizer and top soil. The test was conducted in a randomized block experimental design, with three replications, covering a total area of 608 m². The species presented different survival rates, with the highest mortality coinciding with the period of lower rainfall, higher evaporation rate and higher average values of maximum temperatures. Ingá cipó (*Inga edulis*), Umiri (*Humiria balsamifera*), Clusia (*Clusia nemorosa*), Palm tree (*Attalea microcarpa*) and Pineapple (*Ananas ananassoides*) showed a higher survival rate. While, *Miconia papillosa*, white pitch (*Protium heptaphyllum*) ingazinha (*Inga lateriflora*) and pradosia (*Pradosia schomburkiana*) and *P. palidum*, presented the lowest survival rates. Ingá cipó (*Inga edulis*), Umiri (*Humiria balsamifera*) and Clusia (*Clusia nemorosa*) showed the greatest growth in height and neck diameter, as well as the best in the physiological characteristics evaluated, indicating high potential for the restoration of degraded sandy environments. In general, the best plant responses were observed in the treatment using limestone and chemical fertilizers, without the addition of other compounds.

Keywords: Forest on sandy soils, biodiversity, degradation, ecosystem restoration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diferentes fisionomias de campinaranas.	17
Figura 2	Características da <i>Clusia nemerosa</i> arvoreta (A), folhas e flor (B), frutos e sementes (C e D) e caule/tronco (E e F).	25
Figura 3	Características da <i>Inga edulis</i> , árvore (A), folhas (B), sementes (C), flor e fruto (D e F) e caule/tronco (E).	27
Figura 4	Características da <i>Aldina heterophylla</i> , árvore (A), folhas (B), sementes (C) e caule (D).	29
Figura 5	Características da <i>Humiria balsamifera</i> , árvore (A), folhas e frutos (B).	30
Figura 6	Características do <i>Protium Palidum</i> , folhas (A), folhas (B), sementes (C).	31
Figura 7	Área onde foi instalado o experimento.	33
Figura 8	Áreas de coleta de solo para amostras a serem analisadas Ponto 1 (A) Ponto 2 (B).	35
Figura 9	Área do experimento sendo demarcada para divisão das parcelas.	36
Figura 10	Croqui da distribuição dos tratamentos na área do experimento.	37
Figura 11	Distribuição e plantio das mudas dentro das parcelas.	38
Figura 12	Medidas de crescimento em altura e diâmetro das mudas.	39
Figura 13	Ajuste do equipamento IRGA e leitura dos aspectos fisiológicos das espécies.	40
Figura 14	Gráficos de incremento em altura (cm) das espécies trabalhadas no experimento	52
Figura 15	Gráficos de incremento em diâmetro (mm) das espécies trabalhadas no experimento	53
Figura 16	Gráficos do número de folhas das espécies de Palmeira, Bromélia e Abacaxi.	54
Figura 17	Gráficos do desempenho das espécies em relação à transpiração (E) em cada tratamento.	56
Figura 18	Gráficos do desempenho das espécies em relação a Taxa assimilatória líquida (TAE) em cada tratamento.	57
Figura 19	Gráficos do desempenho das espécies em relação eficiência no uso da água (EUA) em cada tratamento	59

LISTA DE QUADROS E GRÁFICO

Quadro 1	Valores mensais de temperatura, precipitação e evaporação do período de implantação e monitoramento do experimento obtidos a partir da Estação Meteorológica da Embrapa Amazônia Ocidental, ano 2023.	31
Quadro 2	Quantificação de mortalidade das espécies em cada tratamento durante o período de avaliações.	48
Gráfico 1	Sobrevivência das espécies trabalhadas no experimento	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Atributos químicos e granulometria, na camada de 0 a 20 cm, de dois pontos de coleta da área pouco alterada, contígua à área do experimento.	37
Tabela 2	Caracterização química do solo degradado pela mineração de areia na profundidade de 0-20 cm, na Rodovia AM 010.	39
Tabela 3	Caracterização física e química do solo dentro das parcelas dos diferentes tratamentos, na profundidade de 0-20 cm.	43

1. INTRODUÇÃO

As Campinaranas são ecossistemas que ocorrem em Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos da região Amazônica. A predominância na composição florística é de uma floresta raquítica (VELOSO, 1991).

Para Prance (1996), a vegetação de campinarana apresenta fisionomias que variam de campo aberto à floresta densa por toda a bacia amazônica, ampliando a definição de Veloso (1991). As fâcies atrofiadas, denominadas *campina*, são densos arbustos esclerófilos, de 4 a 10 m de altura que formam uma cobertura esparsa sobre a areia nua. Já as fâcies mais altas referem-se a *campinarana*, uma densa floresta esclerófila com árvores de 10 a 20 m de altura. A campina é geralmente cercada pela vegetação de campinarana, que parecem responder a solos arenosos oligotróficos e pobres em nutrientes (ANDERSON, 1981).

Essa vegetação é adaptada à escassez de nutrientes e a uma grande flutuação dos níveis do lençol freático com eventuais inundações na estação chuvosa, essas inundações ocorrem nas áreas mais rebaixadas. Algumas espécies de plantas possuem raízes adaptadas para sobreviver em ambientes alagados, enquanto outras podem resistir à seca sazonal. Essas adaptações são cruciais para a sobrevivência das espécies nesse ambiente de transição entre áreas inundadas e secas (PRANCE, 1996).

Além da importância ecológica, as campinaranas também desempenham um papel fundamental na regulação dos fluxos hidrológicos na Amazônia. A compreensão e preservação desses ecossistemas são cruciais para a conservação da biodiversidade e para a manutenção dos serviços ecossistêmicos na região, apresentando diversas contribuições ecológicas e ambientais. Algumas das principais razões para a importância desses ecossistemas incluem biodiversidade, conectividade ecológica, regulação hidrológica (JUNK et al., 2011), armazenamento de carbono (MENDONÇA et al., 2015), cultural e socioeconômica.

Por apresentarem características de extrema escassez de nutrientes, baixo teor de matéria orgânica e alta acidez (ADENEY et al., 2016), esses ecossistemas são raramente utilizados para agricultura devido suas limitações (QUESADA et al., 2011). Em contrapartida, uma forma de exploração dessas áreas é a extração de areia, utilizada na construção civil.

As áreas de campinaranas constituem a principal fonte de areia para a indústria da construção civil e pavimentação de vias, especialmente na região metropolitana de Manaus,

onde se concentra a maior parte da população do estado do Amazonas e a demanda por este insumo é maior.

Como consequência do aumento populacional e o crescimento dos centros urbanos, a mineração de areia tornou-se maior e os impactos negativos sobre os solos e a biodiversidade das campinaranas mais destrutivos, com perda expressiva da biodiversidade, alteração de habitat, assoreamento de cursos d'água e redução dos serviços ecossistêmicos, entre outros prejuízos. O problema é extremamente complexo, envolvendo variáveis do meio físico, por exemplo, perda e degradação dos solos; biológicos, perda da biodiversidade; sociais e econômicos, uma vez que a areia é um produto importante e, em alguns casos, sem substituto; políticos e legais, com a influência de diversas leis e decisões que resultam na normatização e obrigações ambientais.

Outras variáveis importantes do problema estão relacionadas ao sistema de licenciamento, ao descumprimento das obrigações assumidas por ocasião dos licenciamentos de acordo com Oliveira et al. (2021) e a extração ilegal (FERREIRA et al., 2013).

Este estudo tem por objetivo avaliar a taxa de sobrevivência, o crescimento em resposta a diferentes adubações e características fisiológicas de 11 espécies nativas de campinaranas mais *Inga edulis*, visando identificar espécies nativas com potencial para a restauração dos ecossistemas de campinaranas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Campinaranas

Campinarana, segundo IBGE (2012) é o tipo de vegetação de ocorrência muito bem-definida pelas áreas de acumulações lixiviadas e planícies com Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos, com formas biológicas adaptadas a estes solos quase sempre encharcados na estação chuvosa; florística típica com um “domínio” específico de alguns gêneros endêmicos e também de espécies raquíticas amazônicas que se repetem num mesmo tipo de clima quente superúmido, com precipitações superiores a 3.000 mm anuais e temperaturas médias em torno de 25 °C. Ainda segundo IBGE (2012), trata-se de uma formação vegetal de clímax edáfico, com ambientes capeados por Espodossolos que

condicionam uma vegetação oligotrófica raquítica, que ocorre sob a forma de disjunções por toda a Amazônia, e apresentam fisionomia bastante variada, desde formações campestres até florestais, com árvores finas.

Na Amazônia brasileira, as Campinaranas ocorrem principalmente na bacia do Rio Negro e estão diretamente associadas aos solos arenosos, altamente lixiviados e oligotróficos, formando ilhas de vegetação altamente adaptada, com a presença de muitas espécies endêmicas e com nichos específicos (PRANCE, 1996; MENDONÇA et al., 2015), composta por espécies exclusivas de determinada área, muitas provenientes do Planalto das Guianas, Lhanos e Andes, segundo Guimarães & Bueno (2015).

Estes ecossistemas são de grande extensão na Amazônia brasileira, responsáveis por estocar grandes quantidades de carbono orgânico nos horizontes subsuperficiais do solo, quando ocorrem sobre Espodossolos (MENDONÇA et al., 2015). Os ambientes onde ocorrem são caracterizados por áreas planas e úmidas durante a estação chuvosa e mais secas na estação seca, essas áreas são muitas vezes associadas a florestas de terra firme e são um importante componente da biodiversidade amazônica (JUNK et al., 2011).

Embora ocorrem em maiores extensões no alto rio Negro, também ocupam áreas expressivas na bacia do baixo rio Negro, nas proximidades de Manaus-AM, e nas bacias dos rios Urubu, Uatumã e Preto da Eva, especialmente associados aos ambientes sedimentares da Formação Alter do Chão, nestes casos ocorrendo tanto sobre Espodossolos quanto sobre Neossolos Quartzarênicos, em ambiente de menor precipitação pluvial e mais bem drenados, conforme observou-se por ocasião da realização das ações de campo do projeto “RECUPERAÇÃO DE SOLOS ARENOSOS DE CAMPINARANAS DEGRADADOS POR MINERAÇÃO DE AREIA PARA DESENCADear A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DESSE ECOSSISTEMA” a qual esta pesquisa está associada.

Diferentes tipologias das Campinaranas

A campinarana, para efeito de mapeamento, foi subdividida em quatro subgrupos: Arbórea Densa ou Florestada; Arbórea Aberta ou Arborizada; Arbustiva e Gramíneo-Lenhosa (Figura 1) (IBGE, 2012).

2.1.1. . Campinarana Arbórea Densa ou Florestada

Também conhecida como Caatinga da Amazônia e Caatinga-Gapó é um subgrupo de formação que ocorre em duas situações distintas: nos pediplanos tabulares das acumulações arenosas periodicamente inundáveis, como Caatinga Amazônica; ou dominada por microfanerófitos finos, como se fosse uma mata jovem ou ripária a que, em alguns locais, como no norte da Amazônia, recebe a denominação de “ressaca”. Em sua composição florística predominam espécies do gênero *Clusia*, junto a outras espécies dos gêneros amazônicos, que a caracterizam, como: *Aldina*, *Hevea*, *Enriquezia*, *Eperua*, *Caraipa* e outros tipicamente amazônicos, mas com espécies endêmicas que ocorrem preferencialmente nestes interflúvios tabulares (IBGE, 2012).

2.1.2 Campinarana Arbórea Aberta ou Arborizada

Formação não florestada, apresenta-se menos desenvolvida em face das limitações edáficas. Ocorre nos terrenos capeados por Espodossolos ou Neossolos Quartzarênicos das depressões fechadas, em geral circulares. Aí ocorrem espécies xeromorfas com xilopódios e tufo do líquen *Cladonia*, refugiados sob a sombra da *Humiria balsamifera* var. *floribunda* (Mart.) Cuatrec. (umiri-da-campina). Esta tipologia geralmente é caracterizada pela densidade alta de árvores finas com altura média de 8-10 m, porém as condições de drenagem do solo imprimem variações à fisionomia dessa vegetação, originando um gradiente vegetacional caracterizado por diferenças na composição florística, na altura do dossel e emergentes, e na densidade de caules (IBGE, 2012).

2.1.3 Campinarana Arbustiva

Nas campinaranas arbustivas predominam arbustos cespitosos e ervas, densamente distribuídos e eventualmente entremeados por árvores baixas, geralmente entendida como uma das fisionomias de Campina Amazônica, que ocorrem preferencialmente nas áreas das depressões fechadas com Espodossolos. Na sua maioria, as espécies são as mesmas da Campinarana Arborizada, sendo a principal característica diferencial entre elas a altura de seus componentes, que raramente ultrapassam 2 m. É uma formação vegetal esclerófila, com porte muito baixo (< 3m) para os padrões da vegetação amazônica, restrita a manchas de vegetação com alta incidência lumínica ao nível do solo, e fisionomicamente muito semelhante às moitas arbustivas das restingas litorâneas. Nesse subgrupo, são raras as lianas

e epífitas, e comum a presença de *Phthirusa* (*Loranthaceae*), uma espécie de hemi-parasita, e de uma Gesneriaceae hemiepífita que abriga jardins-de-formiga a 1,5-2,0 m de altura (IBGE, 2012).

2.1.4 Campinarana Gramíneo-Lenhosa

A Campina gramíneo-lenhosa restringe-se a pequenas faixas de vegetação, e apresenta um solo mais úmido e húmico. Essa vegetação tem o estrato herbáceo extremamente denso dominado por 3 a 4 espécies de gramíneas. Ocorrem ao longo das planícies encharcadas dos rios de águas pretas e também nas depressões fechadas dos interflúvios tabulares, capeados pelo Espodossolo. No caso das depressões, em geral com formas circulares, o encharcamento e a fisionomia pantanosa limitam-se ao período chuvoso, tornando-se bastante árida e seca no auge da estação do período seco. Neste período, em certas áreas, ocorrem queimadas que têm modificado bastante sua estrutura e composição. No estrato arbustivo ocorrem as mesmas Rubiaceae e Melastomataceae, algumas das quais, observadas na Campina aberta, enquanto no estrato arbóreo com porte de 3-4 metros, dominam árvores pequenas com folhas coriáceas e caule tortuoso.

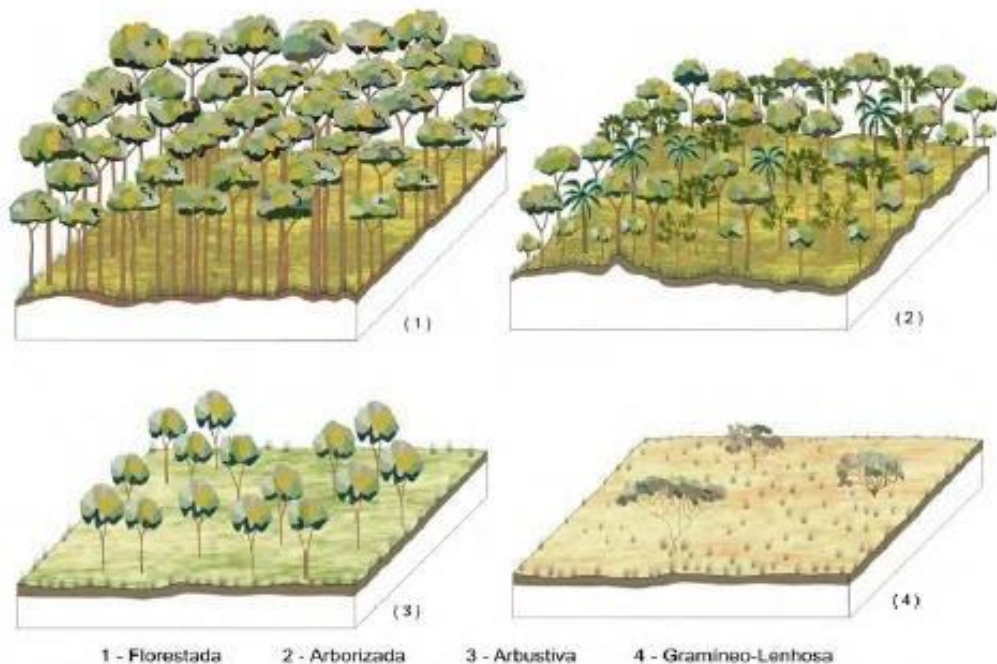


Figura 1. Diferentes fisionomias de Campinaranas

Fonte: IBGE (2012).

De forma geral, a vegetação nas campinaranas é adaptada a condições de inundação sazonal nas estações chuvosas. Algumas espécies de plantas possuem raízes adaptadas para sobreviver em ambientes alagados, enquanto outras podem resistir à seca sazonal. Essas adaptações são cruciais para a sobrevivência das espécies nesse ambiente de transição entre áreas inundadas e secas (GUIMARÃES & BUENO, 2015).

As campinaranas desempenham um papel importante na ecologia e na biodiversidade amazônica, apresentando diversas contribuições ecológicas e ambientais. Uma das principais razões para a importância desses ecossistemas é a Biodiversidade, pois abrigam uma rica diversidade de espécies adaptadas às condições sazonais, incluindo uma variedade de plantas, peixes, anfíbios e insetos. Muitas dessas espécies são especializadas em viver em ambientes úmidos e desempenham papéis importantes nos ciclos biogeoquímicos locais (JUNK et al., 2011). Também funcionam como corredores ecológicos, conectando diferentes tipos de habitats na região amazônica. Isso é fundamental para o movimento de espécies e a manutenção da diversidade genética ao longo do tempo.

Esses ecossistemas desempenham também um papel fundamental na regulação dos fluxos de água, contribuindo para a manutenção do equilíbrio hidrológico na região. A capacidade de armazenar e liberar água ao longo do tempo ajuda a mitigar inundações e secas extremas (JUNK et al., 2011). Contribuem ao armazenamento de carbono, agindo como reservatórios de carbono no solo e na vegetação. A preservação desses ecossistemas é, portanto, crucial para mitigar os impactos das mudanças climáticas. Para as comunidades locais, as campinaranas muitas vezes desempenham um papel cultural e econômico significativo, podendo ser utilizadas para pesca nos cursos d'água, coleta de recursos naturais (extrativismo) e práticas tradicionais, contribuindo para o sustento das populações locais.

2.2 Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos

No estado do Amazonas, a maior parte dos solos arenosos está concentrada ao longo da bacia do Rio Negro, com a formação majoritária de Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos (SCHAEFER et al., 2017).

Os Espodossolos são solos que apresentam um horizonte B espódico imediatamente abaixo de horizonte E, A ou horizonte hístico dentro de 200 cm (ou de 400 cm se a soma dos

horizontes A+E ou dos horizontes hístico (com menos de 40 cm) + E ultrapassar 200 cm de profundidade) (EMBRAPA, 2018). Acumulam matéria orgânica e compostos de Fe e/ou Al em profundidade, formando o horizonte B espódico (TEIXEIRA et al., 2010).

Os Espodossolos podem ser identificados pela presença do horizonte diagnóstico B espódico em sequência ao horizonte E (álbico ou não) ou horizonte A, segundo critérios estabelecidos pelo SiBCS. O horizonte espódico, pode variar a coloração desde cinzenta, de tonalidade escura ou preta, até avermelhada ou amarelada, e pela nítida diferenciação de horizontes. Podem apresentar um horizonte cimentado como fragipã, duripã ou “ortstein” subjacente ao horizonte espódico (EMBRAPA, 2018).

Os Neossolos Quartzarênicos são solos minerais sem contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, com sequência de horizontes A-C, que apresentam textura areia ou areia franca em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm ou até um contato lítico. São essencialmente quartzosos, com frações de areia grossa e areia fina com 95% ou mais de quartzo e ausência de outros minerais primários (EMBRAPA, 2018).

Os Neossolos Quartzarênicos são solos sem contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, com sequência de horizontes A-C, porém apresentando textura areia ou areia franca em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. São essencialmente quartzosos, tendo, nas frações areia grossa e areia fina, 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e praticamente ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo). Não existe limitação física para o desenvolvimento radicular em profundidade, mas a presença de caráter álico ou do caráter distrófico limita o desenvolvimento radicular em profundidade, agravado devido a reduzida quantidade de água disponível (textura essencialmente arenosa). Os teores de matéria orgânica, fósforo e micronutrientes são muito baixos. A lixiviação de nitrato é intensa devido à textura essencialmente arenosa, assemelhando-se assim com os Espodossolos (EMBRAPA, 2018).

No estado do Amazonas essas duas classes ocupam cerca de 8% da área total do estado (TEIXEIRA et al., 2010). Esses solos apresentam diversas características que os diferem dos solos adjacentes, dentre elas estão baixa capacidade de retenção de água, drenagem excessiva (PEREIRA et al., 2020) e alta suscetibilidade à erosão (CASTRO &

HERNANI, 2015). Isso favorece a rápida lixiviação de nutrientes, deixando o solo em situação de extrema pobreza em fósforo, acidez elevada, saturação por alumínio alta, baixa CTC, pobreza em macro e micronutrientes (VALE JÚNIOR et al., 2011). Com isto, somente plantas adaptadas a tais condições conseguem se desenvolver, formando assim uma floresta com a fisionomia diferente das demais.

2.3 Mineração de areia e seus impactos associados

A extração de areia é um processo que pode ser descrita como a extração de minerais presentes nas rochas e, ou no solo, sendo vista como um ramo economicamente importante, e vem sendo exercida pelo homem desde épocas passadas, retirando esse material para confecção de produtos e construção de casas, rodovias entre outros (SILVA, 2020).

Ainda segundo Silva (2020), embora tenha uma importância socioeconômica para o desenvolvimento, o minério de areia é um recurso e sua extração sem licenciamento ambiental e medidas mitigadoras, causam danos ambientais irreversíveis, principalmente quando o ecossistema é restrito e frágil.

O resultado da extração da areia nos ecossistemas de campinaranas da Amazônia é uma cratera totalmente degradada, pois o solo das campinas e campinaranas tem uma textura excessivamente arenosa, com altas taxas de lixiviação e apresenta baixíssimos índices de fertilidade (BARBOSA & FERREIRA, 2004).

Com o aumento populacional nos espaços urbanos ocorre uma grande demanda por recursos naturais na região de entorno dos grandes centros e um dos fatores que movimentam o alto consumo dos setores da construção civil é a extração de areia, sinalizando, não apenas a degradação da cobertura pedológica, mas do ecossistema arenícola da campinaranas, uma vez que esses são os locais mais utilizados para a extração de recurso na região.

Por conta desta atividade o solo fica exposto diretamente aos processos erosivos, ocasionando o assoreamento e a turbidez dos cursos d'água (CARDOSO, 2008). Este processo ocorre de forma mais intensa quando o local de extração está próximo às cidades, pois minimiza os custos da empresa mineradora com o transporte do material.

De acordo com o Manual de Normas e Procedimentos para Licenciamento Ambiental no Setor de Extração Mineral (BRASIL, 2001), a extração de minerais de uso direto na construção civil é geralmente realizada por empresas de pequeno a médio porte, com baixa capacidade organizacional e de investimentos, e que geram impactos pontuais sobre a paisagem e os ecossistemas.

Os impactos que são associados a esta atividade são extremamente prejudiciais ao ecossistema desses ambientes causando erosão devido ao revolvimento do solo, assoreamento, interferindo na vazão e morfologia dos igarapés, contaminação dos igarapés e do solo por conta de descartes de resíduos sólidos, fragmentação de ecossistemas, com estresse da fauna aquática e terrestre, alteração do relevo, supressão e fragmentação da vegetação, na maioria dos casos, em Área de Preservação Permanente (APP).

2.4 Degradação ambiental

O Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração do IBAMA (WILLIAMS et al., 1990) define que “a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas, a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada e a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico for alterado”.

O conceito de degradação tem sido associado, na maioria das vezes, aos efeitos ou repercussões ambientais consideradas adversas ou negativas, decorrentes quase que exclusivamente de atividades ou intervenções humanas, onde raramente o termo é empregado para os efeitos ocasionados por fenômenos ou processos naturais (GHAZOUL et al., 2015).

A degradação ocorre quando há sério comprometimento à estrutura e diversidade biológica do solo, alteração na qualidade e regime de vazão do sistema hídrico e/ou quando toda a vegetação foi suprimida. Por ter perdido sua resiliência, uma área degradada não possui mais a capacidade de repor as perdas de matéria orgânica, nutrientes, biomassa, banco de sementes e demais organismos do solo (ARONSON et al., 2011).

Silva (2020) relata que a extração de areia é responsável por outro fator de degradação ambiental, uma vez que onde ocorre a atividade é possível observar descarte inadequado de resíduos sólidos à margem do ramal, como filtro de óleo, plásticos, entulhos,

entre outros. São notórios a falta e o descaso da fiscalização ambiental, isto é, as instituições competentes são omissas e negligentes.

Embora haja tentativas de controle desta atividade com os licenciamentos, dados fornecidos pela Agência Nacional de Mineração (ANM) e pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) mostram que a aplicação do licenciamento ambiental como instrumento da política ambiental não tem sido capaz de controlar os danos ao ambiente ao fim do processo, e que atualmente 34 empreendimentos de extração de areia na Região Metropolitana de Manaus apresentam uma ou mais irregularidades (OLIVEIRA et al., 2021).

2.5 Recuperação ambiental

O processo de recuperação de áreas degradadas deve contemplar um conjunto de técnicas capazes de fornecer a estabilidade física e contribuir para a conservação da biodiversidade, permitindo a regeneração de habitats naturais e proporcionar condições para o retorno de espécies nativas (SANTANA & NUNES, 2021).

O reflorestamento de áreas degradadas é uma estratégia de recuperação, fundamental para melhorar os atributos físicos e químicos dos solos, além de fornecer através da cobertura vegetal, a proteção necessária para diminuir a perda de sedimentos por erosão hídrica (PEREIRA & RODRIGUES, 2012).

Um ambiente de campinarana se restabelecendo com a vegetação nativa, com o tempo, retornará a desempenhar seus serviços ecossistêmicos, tais como: fixação de carbono, contribuindo para a mitigação do aquecimento global; reposição de aquíferos, renovando os ciclos de percolação horizontal e vertical dos igarapés marginais; recuperação da biodiversidade, da paisagem, da fauna; além de embelezar as áreas e valorizar os imóveis das redondezas, contribuindo para as demandas e o desenvolvimento da sociedade amazonense.

Para Pereira & Rodrigues (2012), a vegetação mesmo em estágio inicial já oferece uma série de benefícios para a área em estudo, através da cobertura foliar e da deposição de serapilheira, o que proporciona maior proteção ao solo, reduzindo a energia das gotas provenientes da chuva e aumentando a estabilidade dos agregados por meio da incorporação da matéria orgânica.

A recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia é um desafio ambiental importante que requer cuidadosa gestão para restaurar ecossistemas afetados. Alguns métodos e práticas comuns como revegetação e onde plantar espécies nativas adaptadas à região é essencial para restabelecer a cobertura vegetal.

Essas plantas ajudam na estabilização do solo, na redução da erosão e na promoção da diversidade biológica. A implementação de técnicas para controlar a erosão do solo, como a construção de terraços, barreiras de contenção e o uso de coberturas vegetais, ajuda a evitar a perda de solo e a facilitar o processo de recuperação. A reincorporação do topsoil (camada superficial do solo), que frequentemente é removida durante a mineração, pode ser recolocada para acelerar o desenvolvimento da vegetação e melhorar as condições do solo.

Segundo Gastauer et al. (2019), a aplicação de top soil em áreas em recuperação aumentam a diversidade e complexidade estrutural e pode levar a reabilitação de áreas degradadas pela mineração. O que corrobora com o trabalho de Cardoso (2020), onde o mesmo afirma que o uso do top soil, como método de recuperação, foi eficiente para o restabelecimento das funções ecológicas. A realização da semeadura e adubação, para promover o crescimento da vegetação pode ser necessária para melhorar a fertilidade do solo.

Isso pode incluir monitoramento da qualidade do solo, da água e da biodiversidade. A restauração dessas áreas promove a continuidade dos serviços ecossistêmicos, incluindo a purificação da água, polinização, ciclagem de nutrientes e regulação climática.

A recuperação permite a reabilitação de áreas para usos sustentáveis, como agricultura de conservação, silvicultura ou recreação, proporcionando benefícios econômicos e sociais (REHABILITATION INTERNATIONAL, 2019). O engajamento comunitário, incluindo as comunidades locais no processo de recuperação é fundamental. O envolvimento das comunidades pode contribuir para o sucesso a longo prazo, garantindo que as práticas de recuperação estejam alinhadas com as necessidades e expectativas locais.

A recuperação de áreas degradadas ocorre de forma gradual. É importante estabelecer expectativas realistas e permitir que a natureza siga seu curso, ajustando as estratégias conforme necessário. A recuperação de áreas degradadas contribui para a conservação da biodiversidade, permitindo a regeneração de habitats naturais e proporcionando condições para o retorno de espécies nativas (NEPSTAD et al., 2006).

A abordagem ideal para a recuperação dependerá das características específicas do local, das condições climáticas e das espécies locais. A colaboração entre governos, indústrias, cientistas e comunidades locais é fundamental para o sucesso na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia.

2.6 Restauração de ecossistemas de campinaranas

Historicamente, a vegetação de Ecossistemas de Campinaranas não foi considerada uma alta prioridade de conservação, e em consequência disto, devido ao seu isolamento em pequenas manchas, muitas espécies podem ter suas populações comprometidas em atividades de degradação. Porém, apesar de pouco conhecidos pela ciência, esses ecossistemas abrigam espécies únicas e processos ecológicos não encontrados em outros lugares (ALDENEY et al., 2016).

Nota-se que, com as demandas socioeconômicas não existe uma legítima preocupação com o cumprimento das legislações ambientais, pois estas frequentemente são postas em segundo plano, principalmente quando a sustentabilidade ambiental entra em desacordo com os interesses políticos e econômicos, quer do setor estatal, quer do privado.

Segundo Adeney et al. (2016), em uma ecoregião amazônica em pleno funcionamento, ecossistemas pequenos e incomuns, como ecossistemas de areia branca, têm um papel especial a desempenhar e devem receber consideração especial nos esforços de conservação.

Dessa forma, com a recuperação desses ecossistemas, os benefícios para o meio ambiente são evidentes e, consequentemente, para toda a sociedade.

A recuperação dos ecossistemas de campinaranas também tem papel crucial no combate e adaptação às mudanças climáticas e na proteção da biodiversidade, além de reter carbono da atmosfera e reduzir o risco de extinção para espécies nativas.

3 Descrição das espécies utilizadas no estudo

3.1 *Clusia nemorosa*

A *Clusia nemorosa* é uma espécie nativa neotropical, sendo encontrada na Venezuela, Guianas e em quase todo o Brasil (FARIAS et al., 2023). Sua distribuição geográfica regional no Brasil se dá no Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, atendendo a

variados tipos de vegetação, principalmente a áreas de campinaranas, campo rupestre e cerrado (ALENCAR et al., 2023). É conhecida popularmente como “apuí”, “camaçari”, “orelha-de-burro”, “clusia-capelinha”, entre outros.

As árvores ou arbustos possuem ramos lenhosos, carenados, não estriados como mostra a Figura 2 (A). Suas folhas são no formato oval geralmente espessas podendo possuir uma textura lisa ou rugosa, o que lhes confere resistência e durabilidade. E sua coloração pode variar de verde claro a verde escuro (Figura 2 B). O pecíolo compõe o tamanho que varia de 1–5 cm de comprimento, coléteres presentes, intrapetiolar. Lâmina foliar 3,2–17 × 3,5–9,5 cm, obovada a oblanceolada, base cuneada, ápice arredondado a obtuso, coriáceo, não escamoso, ductos secretores imperceptíveis; nervura média conspícua em 4/5 da lâmina foliar, proeminente em ambas as superfícies, não carenada; veias secundárias distantes 0,3–0,4 cm entre si, proeminentes na superfície abaxial, formando um ângulo de 35° a 40° com a veia média; veia intramarginal conspícua (FARIAS et al., 2023).

Sua apresentação é um tipo de árvore arbustiva com flores brancas e frutos verdes Figura 1 (B e C), sendo muito comum e avistada na região Nordeste do país. A árvore pode alcançar a uma altura de 4 a 6 metros, podendo também ter um tronco tortuoso que pode variar de 15 a 25 cm de diâmetro (LORENZI, 2009).

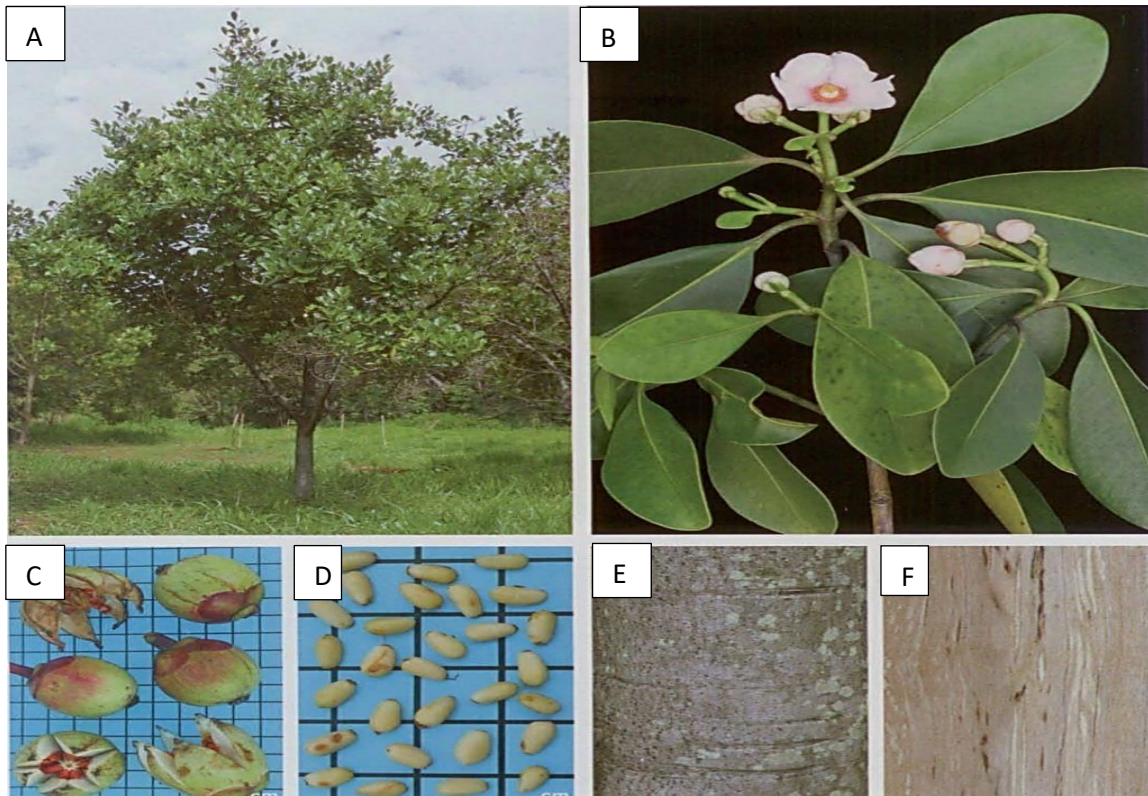


Figura 2. Características da *Clusia nemorosa*, arvoreta (A), folhas e flor (B), frutos e sementes (C e D) e caule/tronco (E e F)

Fonte: LORENZI (2009).

A *Clusia nemorosa* é facilmente caracterizada por seus cimos compostos de 1 a 3 flores e principalmente por apresentar flores estaminadas com estames filiformes, conectivos ultrapassando as tecas, além de estaminódios resiníferos centrais circundados pelos estames. Segundo Farias et al., (2023) a espécie é encontrada com flores nos meses de fevereiro, março, junho, agosto, setembro e outubro e com frutos em janeiro, fevereiro, março, abril, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro.

3.2 *Inga edulis*

A espécie *Inga edulis* é amplamente conhecida como ingá-de-metro e encontrada em florestas, quintais e roças no Brasil, mas com algumas diferenças morfológicas devido a domesticação realizada por povos indígenas na América do Sul. As principais diferenças estão no tamanho das flores e dos frutos, menores em indivíduos silvestres e maiores em domesticados (FERNANDES, 2023).

É uma espécie de planta pioneira arbórea nativa da América do Sul, encontrada principalmente nas regiões da Amazônia e no Cerrado Brasileiro. Conhecida também como ingá-cipó, a árvore frutífera chega a atingir dimensões de aproximadamente 28 m de altura e 90 cm de diâmetro, em idade adulta. Seu tronco é geralmente tortuoso e esgalhado, e sua ramificação é dicotômica, por sua copa ser totalmente densa e espalhada. (CARVALHO, 2014).

As folhas da *Inga edulis* são caracteristicamente compostas e paripinadas. Possui uma textura grossa e sua coloração varia de verde claro à verde escuro, dependendo do desenvolvimento da planta. Sua forma é composta por folíolos distintos e possui uma ponta afilada. Essas folhas chegam a medir aproximadamente 22 cm a 29 cm de comprimento, e 16 cm a 25 cm de largura (Figura 3).

Além disso, a ingá-cipó é conhecida por ser uma árvore frutífera. Seu fruto é grande e comprido (Figura 3 F), e, em seu interior são encontradas sementes lisas (Figura 3 C) envoltas por uma polpa grossa branca, doce e succulenta. Segundo Fernandes (2023), a espécie também é usada para uso medicinal, a raiz, casca do caule, folha e broto, fruto, polpa e a semente são usados nas formas de xarope e chá (infusão e decocção) para uso interno e tópico, para vários problemas de saúde como bronquite, feridas, diarreia, afecções bucais, anti-inflamatório e antisséptico em geral.

Na Amazônia, o broto é usado para curar ferimentos; o caule serve como fonte de casca para antisséptico, antidisentérico, blenorragias, hemoptise, hidropsia, para aliviar dor de cabeça, bochechos e gargarejos para combater aftas e laringites; para o reumatismo articular; o caule é usado no preparo do decocto utilizado para curar feridas, diarreia e úlceras do estômago; o decocto da folha é usado como cicatrizante, adstringente e empregado em diarreia, lavagens ou poções, também para o reumatismo articular; o fruto é considerado antisséptico, antidisentérico, útil contra blenorragias, hemoptise, hidropsia, para aliviar dores de cabeça, além do xarope com a polpa do fruto contra bronquites agudas; o decocto da raiz é usado para disenteria e diarreias crônicas, em lavagens, pode ser empregado no tratamento de afecções da pele; a semente é antidiarreica e antirreumática; algumas tribos indígenas utilizam as sementes da variedade parviflora como laxante e para controlar a fertilidade feminina (FERNANDES, 2023).

No Brasil, a floração dessa espécie ocorre em diversos períodos do ano. No Amazonas por exemplo, ocorre nos meses de setembro a dezembro e de fevereiro a março.

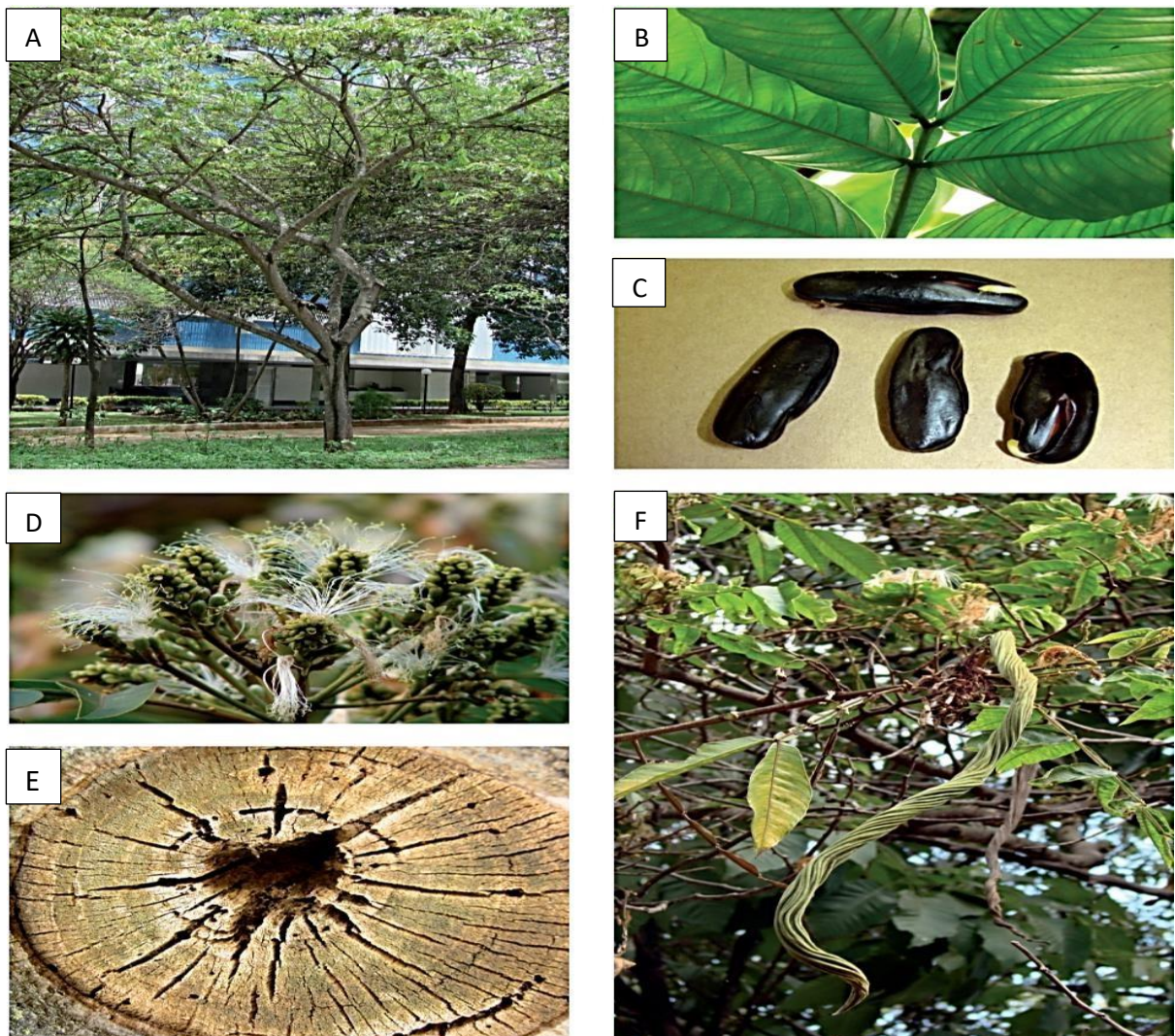


Figura 3. Características da *Inga edulis*, árvore (A), folhas (B), sementes (C), flor e fruto (D e F) e caule/tronco (E).

Fonte: CARVALHO (2014).

A *Inga edulis* também é cultivada pela população amazônica por fornecer fruto comestível, madeira boa para lenha, sombra, e mais recentemente como componente de sistemas agroflorestais. A propagação desta espécie se dá através da semente que apresentam sensibilidade a redução do teor de água, podendo ser classificadas como recalcitrantes, sendo necessário realizar sua semeadura logo após a aquisição dos frutos (CARVALHO, 2014).

3.3 *Inga lateriflora*

A *Inga lateriflora* é uma planta arbórea também conhecida como Ingá-de-macaco da família das Leguminosas que habita em florestas tropicais, oriundas da América do Sul. Sua árvore pode atingir até 25 metros de altura.

Seu tronco robusto e resistente, mantém uma coloração marrom, o que pode variar pela idade e o desenvolvimento da árvore, podendo este ficar com uma tonalidade de marrom-escuro. Os frutos desta espécie são comestíveis por mamíferos e aves.

3.4 *Aldina heterophylla*

A *Aldina heterophylla* é uma árvore considerada de médio a grande porte, com copa densa e arredondada, conforme mostra a Figura 4 (A). Sua altura pode atingir quase 30 metros de altura e seu tronco cilíndrico, comprido e noduloso pode chegar entre 30 a 40 cm de diâmetro. Por possuir rigidez e durabilidade em seu tronco, sua madeira é comercializada e utilizada em construções pesadas (LORENZI, 2009).

Esta espécie também apresenta variações no seu porte ou estrutura, de acordo com as condições do ambiente. Na Campina aberta, cresce sobre solo pobre de pura areia lavada, sob luz intensa e temperatura elevada. Alcança 7-9 m de altura, formando o estrato mais elevado desse ambiente.

A *Aldina* ramifica próximo à base do caule e seus ramos estendem-se horizontalmente no chão, ocupando extensas áreas, de tal modo que apenas uma árvore é capaz de formar uma "ilha" de vegetação, contrastando com o solo nu de areia branca interrompido por trechos recobertos de líquens ou por "ilhas" menores de vegetação (CINTRA, 2004).

Popularmente conhecida como “macucu”, a planta arbórea é encontrada na América do Sul, especialmente no norte do Brasil, habitando então nas áreas da floresta amazônica como as campinaranas. Floresce principalmente nos meses de março e abril, seus frutos amadurecem nos meses de dezembro e janeiro (LORENZI, 2009).

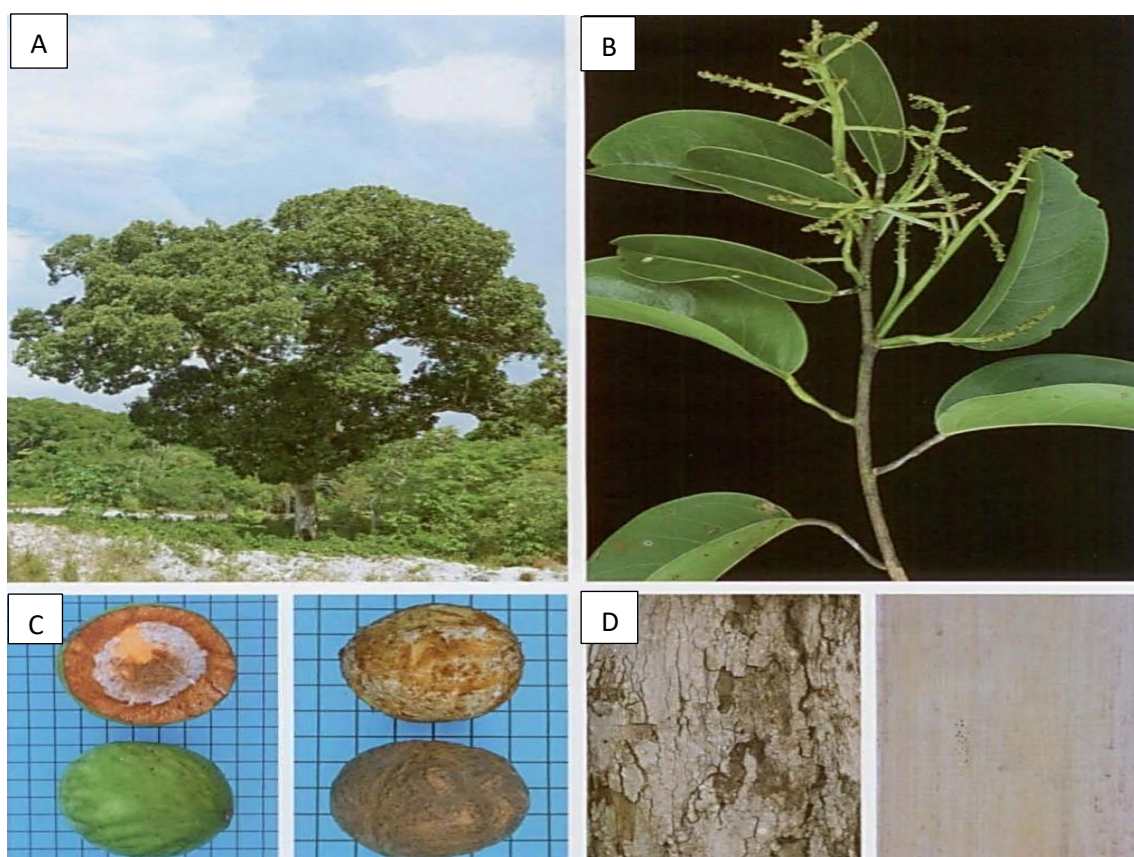


Figura 4. Características da *Aldina heterophylla*, árvore (A), folhas (B), sementes (C) e caule (D).

Fonte: LORENZI (2009).

A árvore produz flores brancas e pequenas, e seus frutos são redondos (C), possuindo em seu interior sementes que são utilizadas na propagação da espécie e alimentação de alguns animais. Sua germinação ocorre entre 20 a 40 dias. (LORENZI, 2009).

3.5 *Humiria balsamifera*

De forma geral, a família Humiriaceae abrange cerca de 65 espécies dentro de 8 gêneros distribuídos, as árvores mantêm um porte pequeno ou médio, dependendo da área de mata. (WURDACK & ZARTMAN, 2019).

No Brasil, a família está distribuída por todo o território, se estendendo em diferentes biomas brasileiros, sendo o de maior prevalência na Amazônia na qual ocorrem 50% das espécies (CARVALHO et al., 2018). De forma geral, apresentam características como estípulas caducas ou persistentes, suas folhas podem ser alternadas, simples, sésseis a pecioladas, cartáceas a coriáceas, obovadas, elípticas a ovadas, base atenuada, decorrente,

obtusa a cuneada, ápice obtuso, arredondado, retuso-mucronado, atenuado, acuminado a cuspidado, margem inteira, serrilhada a crenada. Inflorescências racemosas, cimeiras a panículas, terminais e axilares; flores bissexuais, actinomórficas, diclamídeas; cálice 5 meroso, sem sépalas, corola 5 merosa, pétalas livres, branco, esverdeado a creme, estames 10 a muitos, homodinâmicos ou heterodinâmicos, ovário superior, estilete simples, estigma capitado (Figura 5). Drupas oblongóides, globosas, subglobosas a elipsóides. (NEPOMUCENO et al., 2022).



Figura 5. Características da *Humiria balsamifera*, árvore (A), folhas e frutos (B).

Foto: Autor

3.6 *Protium pallidum* e *Protium heptaphyllum*

Protium é um gênero botânico pertencente a família Burseraceae são plantas arbórea nativa da América do Sul, e encontradas também nas florestas de climas tropicais úmidos e em áreas de solos arenosos. A árvore possui uma copa densa e arredondada que atinge de 10 a 20 metros de altura e seu tronco chega a ter de 40 a 60 cm de diâmetro (Figura 6) (LORENZI, 1992).

As folhagens de *Protium heptaphyllum* são compostas e pinadas, possui uma textura um pouco espessa e rígida, e seu tamanho varia de 7-10 cm de comprimento e 5 cm de largura (Figura 6). Além disso, a árvore possui flores miúdas de coloração avermelhada e seu fruto possui uma polpa contendo de uma ou raramente quatro sementes (B) (LORENZI, 1992).

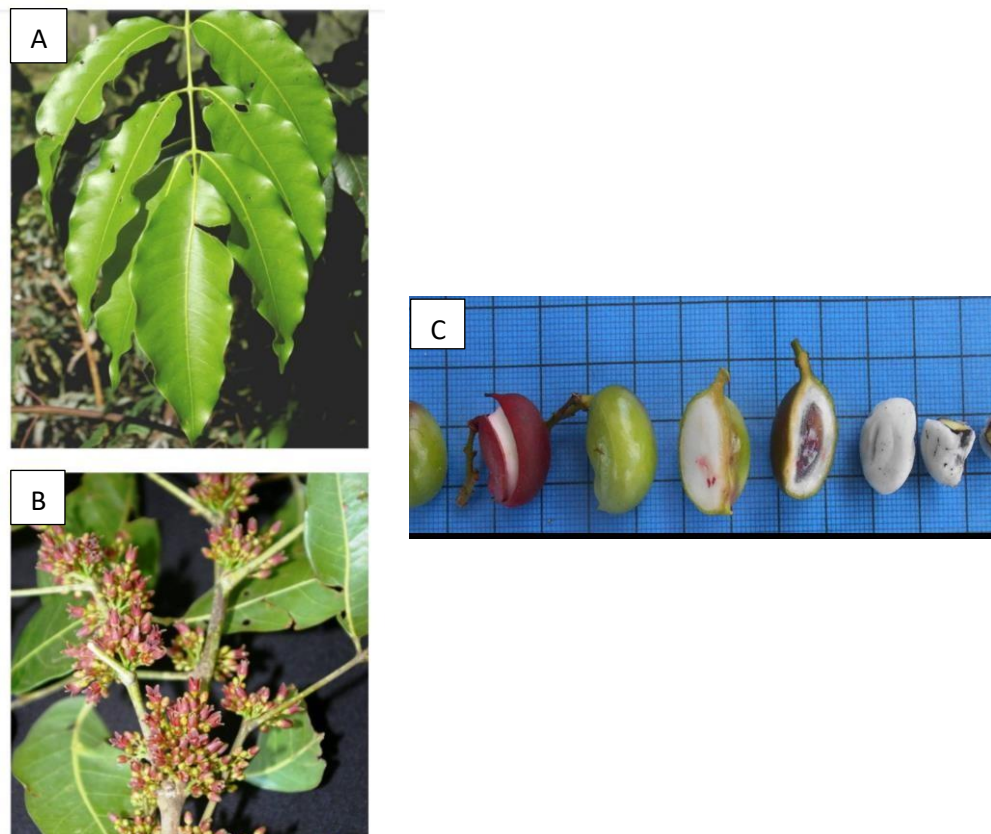


Figura 6. Características do *Protium heptaphyllum*, folhas (A), folhas (B), sementes (C).

Fonte: LORENZI (2009).

Suas características botânicas levam em consideração também o seu famoso tronco cilíndrico e cinzento que possui um material resinoso aromático que é utilizado na comercialização para a fabricação de incensos, além de possuir propriedades medicinais.

Sua propagação se dá através da germinação de suas sementes que ocorrem de 15 a 25 dias, sendo ideal para o reflorestamento (LORENZI, 1992).

3.7 *Miconia papillosa*

A *miconia papillosa* é uma espécie de planta arbustiva, pertencente da família Melastomataceae, e nativa da América do Sul. No Brasil ela é encontrada em áreas de florestas da Amazônia, do Cerrado e da Mata Atlântica. É classificada como planta ruderal, sendo capaz de se propagar em ambientes perturbados e matas secundárias (PEÇANHA-JUNIOR, 2005).

O seu tamanho pode variar, o que leva a planta atingir a faixa de 8 m de altura. Suas folhas são simples e opostas, e sua coloração varia em tons de verde-claro e escuro. Suas flores são axilares, tirsóides, com cimas duplas de três a cinco flores, hermafroditas, pentâmeras com antese diurna (MELO & MACHADO, 1998). Os frutos são do tipo baga, globosos, medindo 4-6x4,5-6mm, de coloração amarela quando jovens passando para roxo/preto conforme avança a maturação (ARAÚJO & LIMA, 2013).

3.8 *Pradosia schomburgkiana*

Pertencente à família Sapotaceae, a *Pradosia schomburgkiana* constitui-se de árvores de grande porte, medindo até 20 metros de altura em idade adulta. Nativa da América do Sul, esta planta arbórea tem sua ocorrência em grande parte da floresta tropical, sendo indicadora de área de campinarana (VAN ROOSMALEN et al., 2000).

Essas árvores crescem em florestas altas, sistemas não inundados em solos arenosos (campinaranas), foram bastante encontradas próximo de Manaus, Amazônia central. Espécimes adicionais foram relatados em Caquetá (Colômbia) e em Loreto no Peru, em florestas de terras altas em solos arenosos brancos (TERRA-ARAUJO et al., 2016).

Suas folhagens são frequentemente opostas ou verticilatas, algumas vezes arrançadas espiraladas, com frequente nervação na face superior, com estiletes pareados algumas vezes no pecíolo. Sua inflorescência usualmente cauliflora ou ramiflora, de corola frequentemente vermelho escuro, e seus frutos assimétrico finamente cartilaginoso envolto de uma semente lisa brilhante (VAN ROOSMALEN et al., 2000).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área

A área de estudo está situado no município de Manaus, na rodovia AM-010, km 37, ramal da Cachoeira do Leão, coordenadas geográficas de 2° 49'59.83"S de latitude e 59° 58'9.92"O de longitude (Figura 7), localizando-se na bacia sedimentar do Amazonas onde predominam sedimentos da formação Alter do Chão, resultado de longo período de deposição (SILVA & BONOTTO, 2000).

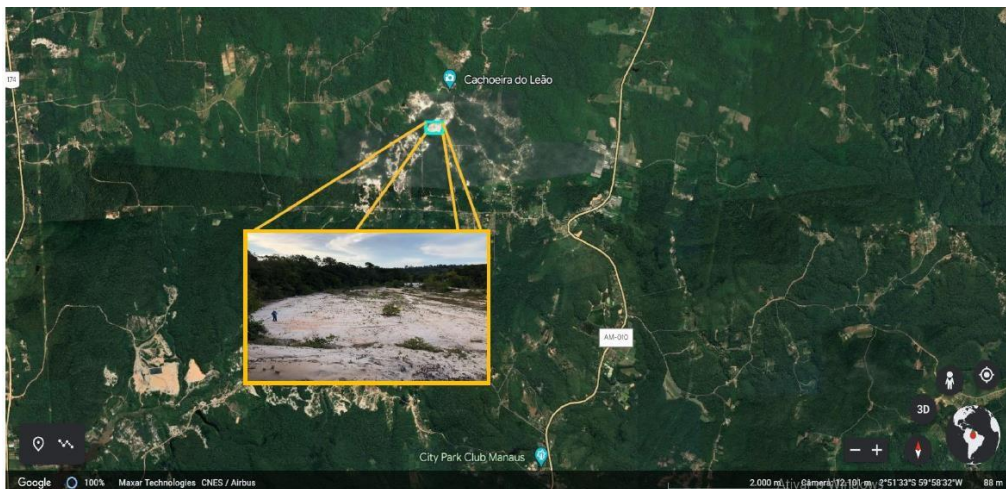


Figura 7: Área onde foi instalado o experimento.

Fonte: Google Earth, 2023

O clima da região é tropical úmido, tipo Af, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por temperatura média anual de 26,7° C com pouca variação sazonal entre 25,9° a 27,7 °C, precipitação anual de 2.420 mm (ALVARES et al., 2013). No quadro 1, a seguir, estão os dados meteorológicos da Estação da Embrapa Amazônia Ocidental, localizada a aproximadamente 10 km da área do experimento.

Quadro 1. Valores mensais de temperatura, precipitação e evaporação do período de implantação e monitoramento do experimento obtidos a partir da Estação Meteorológica da Embrapa Amazônia Ocidental, ano 2023

Mês	Temperatura (°C)			PP (mm)	Evaporação Piche (mm)
	Máxima	Mínima	Média		
Janeiro	33,90	23,10	27,50	345,10	47,50
Fevereiro	31,21	22,51	26,13	460,00	40,70
Março	31,83	22,97	26,56	384,30	54,50
Abril	32,9	23,2	27,0	297,1	53,1
Maio	33,58	23,58	27,75	183,40	56,80
Junho	32,4	22,7	26,8	101,6	55,9
Julho	34,06	22,83	27,79	61,90	93,60
Agosto	35,34	23,18	28,58	85,10	112,00
Setembro	36,11	23,29	28,88	46,40	124,50
Outubro	33,90	23,10	27,50	67,50	140,20
Média	33,52	23,04	27,45		
Soma				2032,40	778,80

4.2 Atributos químicos e granulometria do solo

Foram coletadas amostras em dois pontos nas áreas de florestas não alteradas pela atividade de mineração de areia ou pouco alteradas (Figura 8) e apenas uma coleta dentro da área onde aparentava ter sofrido maior impacto com a atividade. As coletas foram realizadas com o trado na profundidade de 20 cm.



Figura 8. Áreas de coleta de solo para amostras a serem analisadas Ponto 1 (A) Ponto 2 (B).
Foto: Autor.

As coletas de amostras de solos dentro dos tratamentos, foram realizadas 9 meses após a implantação do experimento na profundidade de 20 cm, com o auxílio de uma pazinha de jardinagem. Foram coletadas aproximadamente 0,5 de cada parcela e misturadas de acordo com cada tratamento. Após este processo as amostras foram postas em terra fina seca ao ar e posteriormente enviadas ao laboratório de análises. As análises foram realizadas no Laboratório de Solo Mais Análises Agronômicas, em Vilhena/RO.

Para a caracterização química, as amostras foram secas ao ar, submetidas a fragmentação manual (destorroamento) e peneiramento em peneira de malha 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). As análises químicas foram realizadas segundo metodologia descrita por Teixeira et al. (2017) para P disponível e K^+ disponível (em Mehlich⁻¹); Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis (em solução KCl 1 mol L⁻¹), H+Al (em solução tampão SMP), pH (em água e solução KCl 1 mol L⁻¹) e carbono orgânico (por oxidação com dicromato de potássio em meio ácido) para estimativa do teor de matéria orgânica do solo (MO).

Com base nos resultados analíticos foram calculados a soma de bases (SB), saturação por bases (V%), saturação por Al (m%) e a capacidade de troca catiônica (CTC). A granulometria foi determinada pelo método da pipeta, onde foram separadas as frações

granulométricas do solo (areia e argila) adotando-se a metodologia indicada por Teixeira et al. (2017). Vale ressaltar, que esses dados já vieram inclusos nas análises do laboratório.

4.3 Delineamento Experimental



Figura 9. Área do experimento sendo demarcada para divisão das parcelas.

Foto: Autor.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, onde foram divididos em três (3) blocos, com cinco (5) parcelas cada. As parcelas possuem dimensões de 6 x 6 m, onde foram transplantadas mudas de onze espécies nativas de campinaranas com o espaçamento de 1,0 m x 1,5 m, totalizando 24 plantas por parcela. Dessa forma, foram aplicados cinco tratamentos, cada um com três repetições. A alocação foi feita por sorteio e seguiu a disposição indicada na figura 10.

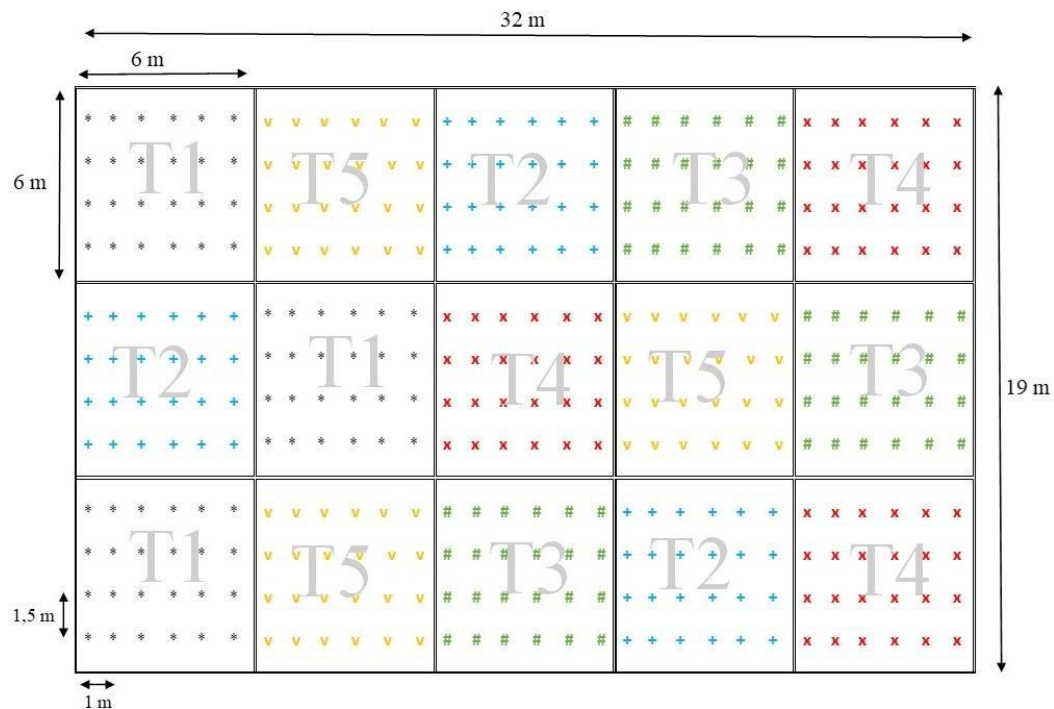


Figura 10: Croqui da distribuição dos tratamentos na área do experimento.

- Tratamento 1** – Testemunha - Plantio de mudas sem tratamentos;

- Tratamento 2** - Plantio de mudas com calagem, utilizando 200 g de calcário dolomítico, com o PRNT DE 62%. Após a calagem foram incorporados 240 g de Sulfammo (10% de N, 5% de P_2O_5), Super fosfato simples (19% de P_2O_5) e 50 g de AgraMix;

- Tratamento 3** – Consiste no (T2) consorciado com a adubação verde. As espécies leguminosas foram semeadas manualmente em linhas dentro da parcela com o espaçamento de 50 cm. Foi realizada uma adubação com 120g de Superfosfato simples em linha com seis metros (20g por m/l) com a concentração de 18% de fósforo (P), 16% de Cálcio (Ca) e 10% de enxofre (S).
As espécies utilizadas foram: *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* e a *Canavalia ensiformes*;

- Tratamento 4** - Consiste no (T3) mais resíduo de açaí (5 litros) adicionado em cada cova;

- Tratamento 5** - Consiste no (T4) mais a aplicação de *top soil* (5 litros) em cada cova, sendo este coletado em uma área próxima ao experimento.

Após a instalação do experimento foi realizado o acompanhamento regular e os tratamentos culturais duas vezes por semana com controle de pragas e tutoramento das mudas.

A percentagem de sobrevivência das mudas plantadas foi calculada pela razão entre o número de indivíduos sobreviventes e o número total de indivíduos plantados, multiplicado por cem, para cada espécie e tratamento. O crescimento dos indivíduos, tanto em altura quanto em diâmetro, foi obtido por meio da diferença entre a medida final e a medida inicial das mudas.

4.4 Implantação das espécies na área de estudo

Para o plantio das mudas, primeiramente foi isolada a área onde aparentou ser a mais atingida pela atividade de mineração e delimitadas as parcelas e as medidas de cada cova para implantação das mudas.

Nessas parcelas, foram plantadas, no total, 24 mudas, sendo seis de *Clusia nemorosa*, três de ingá-cipó (*Inga edulis*), duas de Umiri (*Humiria balsamifera*), duas de Breu-Branco (*Protium heptaphyllum*), uma de Macucu (*Aldina heterophylla*), duas de Ingazinha (*Ingá lateriflora*), duas de *Protium palidum*, uma de Palmeira (*Attalea microcarpa*), uma de Bromélia (*Streptocalyx rodriguesiana*), uma de Abacaxi (*Ananas ananassoides*) e uma de Miconia (*Miconia papillosa*) (Figura 11). As mudas, marcadas e numeradas, foram plantadas em espaçamento de 1 m x 1,5 m e acompanhadas, de fevereiro de 2023 até o mês de dezembro de 2023.



Figura 11. Distribuição das mudas para o plantio por parcelas.

Foto: Autor.

4.5 Avaliação das mudas durante o experimento

A primeira medida foi tomada aos 30 dias após o plantio. As avaliações seguintes ocorreram a cada sessenta (60) dias e os parâmetros avaliados após o plantio foram, altura da planta, a qual foi aferida com o auxílio de fita métrica de 3 m, medindo da superfície do solo até o ápice de cada planta (Figura 12). O diâmetro caulinar, na altura do colo da planta, mensurado com o auxílio de um paquímetro digital, sendo possível comparar o desenvolvimento de cada espécie através da diferença das avaliações posteriores. Para as espécies de palmeira e bromélias, foram somente quantificado o número de folhas.



Figura 12. Medidas de crescimento em altura e diâmetro das mudas.

Foto: Autor.

4.6 Análises Fisiológicas

Foram mensuradas e posteriormente avaliadas as seguintes variáveis fisiológicas: Transpiração, Taxa assimilatória líquida e Eficiência no uso da água.

A determinação destas variáveis relacionadas às trocas gasosas foi realizada cinco (5) meses após o transplante das mudas com analisador de gás a infravermelho (IRGA) portátil, de sistema aberto, modelo LI-COR 6800. Os dados foram coletados, entre 7:00 e 13:00 horas, em folhas de cinco (5) das onze (11) espécies trabalhadas, pois as mudas de seis (6) espécies não possuíam área foliar suficiente para tal análise ou não tinham

representatividade suficiente em todos os tratamentos. As espécies trabalhadas nesta análise foram, ingá cipó, clusia, macucu, breu branco e umiri.

O equipamento foi ajustado de acordo com o método indicado por Capelin et al. (2017). Após a configuração da fonte de luz, suprimento de CO₂ e criação do arquivo de dados, foram realizadas as medições pontuais. Foi necessário “pinçar” a folha da planta e aguardar até estabilizar os valores para então ser salvo (Figura 13).

As folhas analisadas estavam completamente expandidas e em bom estado fitossanitário. O aparelho foi ajustado com uma densidade de fluxo de fótons saturante (PPFD) de 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fluxo de CO₂ de 400 $\mu\text{mol s}^{-1}$, temperatura de 31^o C e vapor de H₂O com 50 mmol mol⁻¹ (SANTOS JR. et al, 2006).

Foram analisadas Transpiração (*E*), taxa assimilatória líquida (TAL) o acúmulo de matéria seca por unidade de área foliar e Eficiência no uso da água (EUA).

Para detectar variações do crescimento entre as espécies, os tratamentos e a interação espécie x tratamento utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA), e, nos casos em que o teste F foi significativo, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias.



Figura 13. Ajuste do equipamento IRGA e leitura dos aspectos fisiológicos das espécies.

Foto: Autor.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Atributos químicos e granulometria do solo

Os resultados das análises de atributos químicos e físicos de amostras da camada superficial do solo (0 a 20 cm) de duas áreas sob campinaranas pouco alteradas são apresentados na Tabela 1. As referidas amostras são representativas das áreas de estudos, resguardando-se o fato de que sofreram pequena intervenção antrópica.

Em seguida são apresentados os resultados das análises de atributos químicos e granulometria de amostra da área degradada, onde se desenvolveu o experimento, sem tratamentos (Tabela 2) e, posteriormente, são apresentados os resultados das análises de atributos químicos e granulometria de amostra da área degradada, sob efeito dos tratamentos (Tabela 3).

Tabela 1. – Atributos químicos e granulometria, na camada de 0 a 20 cm, de dois pontos de coleta da área pouco alterada, contígua à área do experimento.

Prof.	pH	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	SB	CTC	V	m
0-20 cm	H ₂ O	----- cmol _c dm ⁻³ -----				--mg dm ⁻³ --		cmol _c dm ⁻³	----- % -----		
A1	5,0	0,5	3,7	0,5	0,1	13,2	4,3	0,63	4,3	15	44
A2	4,5	1,3	11,0	0,2	0,1	14,3	5,4	0,34	11,3	3	79

	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	S	B	Areia	Silte	Argila
	g dm ⁻³	----- mg dm ⁻³ -----					----- g kg ⁻¹ -----			
A1	4	0,6	46	0,9	0,6	10,9	0,38	855	55	90
A2	17	1,4	12	0,1	0,3	5,2	0,28	854	52	94

A1 – área 1. A2 – área 2. CTC – capacidade de troca de cátions. V – saturação por bases. m – saturação por alumínio. MO – matéria orgânica do solo.

5.1.2. Áreas não alteradas ou pouco alteradas

Os resultados das análises químicas das áreas não alteradas evidenciam acidez elevada, com valores de pH variando entre 4,5 a 5,0; baixas concentrações de carbono orgânico, muito baixa concentração de todos os nutrientes avaliados e elevada concentração

de Al^{3+} , o que se reflete em baixos valores de capacidade de troca de cátions, baixos valores de saturação por bases e elevados valores de saturação por alumínio. Os valores da granulometria mostram o predomínio da fração areia sobre as demais frações, resultando em textura areia.

Como pode se observar, o valor do pH em água tanto na Campinarana 1 (A1), quanto na Campinarana 2 (A2) são classificados como fortemente ácido (EMBRAPA, 2018). A concentração de alumínio trocável (Al^{3+}) variou de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $1,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, enquanto a acidez potencial do solo ($\text{H}+\text{Al}$) variou de $3,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na área 1, a $11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Os valores da capacidade de troca catiônica (CTC) variaram de $4,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Área 1) a $11,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Área 2). Os valores da soma de base (SB) variaram de $0,63 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Área 1) a $0,34 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Área 2). Enquanto a saturação por bases (V%) foi de 15% na área 1 e 3% na área 2.

Ambas as áreas apresentam também baixas concentrações de carbono orgânico na camada superficial, representado pela matéria orgânica corresponde a 4 g dm^{-3} , na área 1, e 17 g dm^{-3} , na área 2.

A concentração de P mostrou-se relativamente elevada, considerando a pobreza generalizada dos demais nutrientes, variou de $4,3 \text{ mg dm}^{-3}$ (Área 1) a $5,3 \text{ mg dm}^{-3}$ (Área 2). Por outro lado, os micronutrientes, a exceção do Fe, também apresentaram baixos valores de concentração.

Os resultados da análise granulométrica evidenciam o predomínio da fração areia sobre as frações silte e argila, conforme especificado a seguir: Área 1 – areia 855 g kg^{-1} , silte 55 g kg^{-1} , argila 90 g kg^{-1} ; Área 2 – areia 854 g kg^{-1} , silte 52 g kg^{-1} , argila 94 g kg^{-1} . Sendo enquadradas ambas as áreas na classe textural areia (Tabela 1).

Portanto, os dados da área pouco alterada e representativa do ambiente estudado (Tabela 1) evidenciam tratar-se de solos oligotróficos, de elevada acidez e baixa teor de matéria orgânica. Embora a Área 2, apresente valores mais elevados de CTC, o que pode ser atribuído ao maior teor de matéria orgânica, essa CTC certamente está ocupada, principalmente, por Al^{3+} , como revelam os valores da saturação por alumínio. Adicionalmente, observa tratar-se de ambiente muito rico em areia, sendo essa areia composta principalmente por grãos de quartzo, logo não representa nenhuma reserva de nutrientes para as plantas. Os baixos valores de CTC e a elevada concentração de areia, indicam que a principal fonte de nutrientes para as plantas está na matéria orgânica do solo.

Logo, a perda da matéria orgânica, por remoção ou oxidação, provocará a perda da reserva de nutrientes do ambiente, com consequentes efeitos negativos sobre a manutenção da biodiversidade.

Os dados da caracterização química da área onde foi instalado o experimento (área degradada) (Tabela 2), evidenciam que após a intensa atividade de mineração de areia, o solo a ser trabalhado é de natureza muito pobre quimicamente, totalmente desgastado (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química do solo degradado pela mineração de areia na profundidade de 0-20 cm, na Rodovia AM 010, Km 37 – Ramal da Cachoeira do Leão.

Prof.	pH	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	SB	CTC	V	m
0-20 cm	H ₂ O	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	--mg dm ⁻³ --			cmol _c dm ⁻³	----- % -----		
	5,10	0,00	0,95	0,12	0,10	14,7	0,60	0,26	1,20	22,00	0,00

0 – 20 cm	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	S	B	Areia	Silte	Argila
	g/ dm ⁻³	-----	mg dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	g kg ⁻¹	-----	-----
	4,25	0,43	64,50	0,9	0,15	3,40	0,04	833	54	113

CTC – capacidade de troca de cátions. V – saturação por bases. m – saturação por alumínio. MO – matéria orgânica do solo.

Destaca-se a pobreza extrema do ambiente após o evento da mineração de areia. Uma vez que a fonte principal de nutrientes dessas áreas, a matéria orgânica é totalmente removida ou oxidada pela exposição da camada superficial do solo, após a supressão da vegetação. Os efeitos do uso do corretivo e fertilizantes é evidenciado nos resultados analíticos expressos na Tabela 3, indicando maior disponibilidade de nutrientes para as plantas e maiores valores de pH do solo.

Tabela 3. Caracterização física e química do solo dentro das parcelas dos diferentes tratamentos, na profundidade de 0-20 cm, na Rodovia AM 010, Km 37 – Ramal da Cachoeira do Leão.

Prof.	pH	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	SB	CTC	V	m
Cm	H ₂ O	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	--mg dm ⁻³ --	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	%	-----
T1	5,5	0	1,0	0,2	0,1	13,2	2,0	0,33	1,3	25	0
T2	7,6	0	0,8	5,3	0,2	12,1	157,8	5,53	6,3	87	0
T3	7,6	0	0,8	6,0	0,2	14,3	91,1	6,24	7,0	89	0
T4	7,4	0	0,9	7,0	0,3	12,1	131,2	7,33	8,2	89	0
T5	7,3	0	1,1	9,1	0,4	12,1	76,5	9,53	10,6	90	0
	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	S	B	Areia	Silte	Argila	
	g/ dm ⁻³	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	-----	-----	g kg ⁻¹	-----	-----	-----
T1	2	1,0	272	133,9	0,5	4,3	0,22	865	43	93	
T2	20	26,7	81	16,2	1,8	18,8	0,38	847	57	96	
T3	29	24,7	110	12,6	1,6	18,6	0,52	854	52	94	
T4	23	28,3	96	13,8	2,6	22,6	0,54	858	53	90	
T5	32	17,0	104	10,2	1,4	26,9	0,67	852	55	94	

T1 – tratamento 1. T2 – tratamento 2. T3 – tratamento 3. T4 – tratamento 4. T5 – tratamento 5. CTC – capacidade de troca de cátions. V – saturação por bases. m – saturação por alumínio. MO – matéria orgânica do solo.

Os valores desta análise do primeiro tratamento (T1) se assemelham aos resultados das análises da primeira amostra que foi realizada antes da instalação do experimento pelo fato de não haver manejo, pois é o tratamento testemunha. Desta forma, o pH obteve o valor de 5,5, e o alumínio trocável Al³⁺ foi de 0,0 cmol_c dm⁻³, quase na sua totalidade insolubilizado, na acidez total H+Al o valor atribuído foi de 1,0 cmol_c dm⁻³, o valor da soma de bases foi de 0,33 cmol_c dm⁻³, já o teor de fósforo (P) foi 2,0 mg dm⁻³. A Capacidade de troca Catiônica (CTC) foi de 1,3, indicando que o solo não possui grande capacidade de reter cátions em forma trocável. Na saturação por alumínio (m) foi de 0,0%, mostrando assim que o mesmo não tem interferência na baixa CTC deste solo. A Saturação por base (V%) foi de 25%, o que demonstra um distrofismo no solo. A Matéria Orgânica (MO) do T1 foi 2 g/ dm⁻³, mostrando a necessidade de adição para a manutenção das funções do solo, dada a sua

influência na estrutura e estabilidade, retenção de água, biodiversidade e como fonte de nutrientes para as plantas. Da mesma forma, os micronutrientes também obtiveram valores relativamente baixo.

A partir do tratamento 2, todos os tratamentos tiveram a adição de adubação verde com a finalidades de melhorar a qualidade e o condicionamento do solo. Uma das principais finalidades da adubação verde é produzir fitomassa com elevados teores de nutrientes, sobretudo de N, mas também de fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca), e alguns micronutrientes, cultivando espécies forrageiras em sequência, em rotação ou simultaneamente, em sistemas consorciados, intercalados ou em faixas (LIMA FILHO, et al., 2023).

Os tratamentos com a adubação verde, mostram o quão importante é trabalhar com espécies de leguminosas para se obter o retorno mais rápido no quesito de restauração do ambiente, pois essas espécies possuem mecanismos que aumentam a absorção de água e nutrientes pelas raízes, além de condicionar uma incorporação de matéria orgânica que aumenta a atividade microbiana e consequentemente a fertilidade do solo.

O uso da adubação verde demonstra grande potencial de quando se trata de proteção e recuperação da capacidade produtiva das plantas nos diferentes tipos de solos agrícolas, por isso a escolha destas é indispensável para se trabalhar na restauração de ecossistemas. O emprego dessas plantas traz muitos benefícios; além de conservar ou melhorar a fertilidade, incrementa a produtividade das culturas comerciais, cria condições para o aproveitamento de algumas espécies como alimentos e/ou forragem aos animais ou para a produção de grãos para a comercialização (LIMA FILHO, et al., 2023).

As diferentes espécies de adubos verdes, tendem a contribuir favoravelmente para um aumento da biodiversidade, aumento da população de organismos, que contribuem para maior disponibilidade de nutrientes, quer pela presença de espécies que promovem a fixação biológica, quer pela habilidade das raízes e pelas interações com seus exsudatos na ciclagem dos nutrientes.

Nos tratamentos 3 e 4, com a incorporação da matéria orgânica, é notório o aumento nos teores de nutrientes e mudança de características do solo, proporcionando um condicionamento melhor para as plantas, além de ajudar a melhorar a textura e a porosidade do solo, aumentando a sua capacidade de retenção de água, nutrientes e de oxigênio.

Como mostram os resultados das análises da tabela 3, a aplicação de adubos orgânicos aos solos proporciona melhoria das suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Para manter o solo fértil e possibilitar que as culturas alcancem a máxima produtividade, principalmente neste tipo de solo onde não há fertilidade e nem estrutura, algumas práticas são necessárias, como o uso desses resíduos orgânicos como meio alternativo.

A matéria orgânica, embora reduzida no solo em estudo quando adicionada, juntamente com o sistema radicular, pode contribuir para a alta agregação de nutrientes, pois o solo apresenta valores muito baixos de argila, a qual deve contribuir muito pouco na formação e na estabilização dos agregados, dando a matéria orgânica um papel indispensável na contribuição para melhor condicionamento do solo.

Com a utilização da adubação orgânica, o solo se torna mais fértil e produtivo, aumentando sua biodiversidade, e melhorando a qualidade do solo. (FINATTO et al., 2013).

No último tratamento (T5), as análises mostram o quanto a utilização do *top soil* é importante para atividade de recuperação dos ambientes de solos arenosos. Com a utilização deste material, os teores de nutrientes foram ainda maiores, com um pH alcalino, chegando a 7,3 e uma saturação por bases (V) de 90% e uma CTC de 10,6 cmol_c dm⁻³.

Portanto, isso demonstra que todos os tratamentos adotados apresentaram sucesso. Porém é notório que o tratamento que mais agregou atributos ao solo foi o tratamento 5, com uma junção de todos os outros tratamentos gerou resultados melhores em relação aos atributos físicos e químicos do solo trabalhado durante o experimento.

5.2 Taxa de sobrevivência das espécies

A avaliação da taxa de sobrevivência das espécies ocorreu aos 30 dias após o plantio e, posteriormente, a cada 60 dias, até alcançar 270 dias. As espécies apresentaram diferentes taxas de sobrevivência, o que era esperado considerando tratar-se de espécies de diferentes grupos ecológicos. Aos 30 dias após o plantio, na primeira avaliação, observou-se grande mortalidade das mudas de *Miconia papillosa*, maior do que 70%. Considerando, a baixa disponibilidade de mudas dessa espécie e as condições das mudas sobreviventes, decidiu-se substituir a *M. papillosa* por *Protium palidum*. Nesse mesmo período também se registrou a morte de quatro mudas de breu branco (*Protium heptaphyllum*), sendo duas no

T1 e outras duas mudas, no T2. Registrou-se ainda a morte de três mudas de *P. pallidum*, sendo duas no T4 e uma muda no T5.

Na segunda avaliação (90 dias após o plantio), observou-se a morte de uma mudas de umiri (*Humiria balsamifera*), no T3, uma muda de bromélia (*Streptocalyx rodriguesiana*), no T1, quatro mudas de ingá cipó (*Inga edulis*), sendo uma no T1 e três no T2. Também se observou a morte de uma muda de breu branco no T1 e quatro no T3. A partir desta etapa não houve substituição dos espécimes mortos.

Na terceira avaliação (150 dias após o plantio) observou-se maior número de indivíduos mortos por espécie, conforme especificado a seguir: sendo um espécime de abacaxi (*Ananas ananassoides*, no T3; dois espécimes de palmeira (*Attalea microcarpa*), no T3; dois espécimes de umiri (*Humiria balsamifera*), no T4, e um, no T5; dois espécimes de de macucu (*Aldina heterophylla*), no T3, e dois espécimes no T4; um espécime de bromélia, no T4; quatro espécimes de ingá cipó (*Inga edulis*), no T3, e quatro espécimes, no T4; cinco espécimes de breu branco, no T4, e quatro espécimes, no T5; dois espécimes de de Ingazinha, no T2, três espécimes, no T4, e quatro espécimes, no T5; três espécimes de pradosia, no T2, um espécime, no T3; três espécimes, no T4 e três espécimes, no T5; também se observou a morte de dois espécimes no T1, um espécime, no T2, cinco espécimes, no T3, seis espécimes, no T4 e quatro espécime no T5, de *Clusia nemorosa*; e quatro espécimes de *P. pallidum* no T1, cinco espécimes no T2, três espécimes no T3, três espécimes no T4 e dois espécimes no T5.

Segundo o INMET (2023), Manaus (AM) teve chuva abaixo e temperaturas acima da média neste período, o que pode ter sido um fator crucial na alta taxa de mortalidade das espécies, pois neste período o total de chuva na estação meteorológica convencional de Manaus (AM) foi de 18,2 (mm), ou seja, apenas um dia de chuva no mês. Esse valor corresponde a apenas 32% da média climatológica (1991 a 2020), que é de 56,1 mm.

Na quarta avaliação (210 dias após o plantio) foram registradas as mortes de um espécime de abacaxi e um espécie de palmeira, no T4; dois espécimes de macucu, no T5; três espécimes de bromélia, no T3; eis espécimes de *Inga edulis*, no T5; três espécimes de breu branco, no T2, e dois espécimes no T3; seis espécimes de ingazinha; no T4; um espécime de pradosia, no T3, e dois espécimes, no T4; um espécime de clusia, no T2, três espécimes no T3 e quatro espécimes, no T5; um espécie de *P. pallidum* no T1, dois espécimes, no T2, três espécimes no T3, um espécime no no T4 e dois espécies, o T5.

Finalmente, na quinta avaliação (270 dias após o plantio), observou-se o seguinte comportamento da mortalidade das plantas: dois espécimes de bromélia, no T5; dois espécimes de ingazinha, no T5; um espécime de pradosia, no T1, um espécime de clusia, no T1; uma espécie de *P. pallidum* no T2, um espécime, no T4, e um espécime, no T5. Todos estes valores estão expressos no quadro a seguir.

Quadro 2. Quantificação de mortalidade das espécies em cada tratamento durante o período de avaliações.

	1ª Avaliação (Março)					2ª Avaliação (Maio)					3ª Avaliação (Julho)					4ª Avaliação (Setembro)					5ª Avaliação (Novembro)				
Espécie	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Ingá cipó						1	3						4	4						6					
Clusia											2	1	5	6	4		1	3		4	1				
Umiri								1						3	1										
Macucu													2	2						2					
Breu branco	2		3			1								5	4		3	2							
<i>Protium pallidum</i>				2	1						4	5	3	3	2	1	2	3	1	2		1		1	1
Ingazinha							2	4				5		3	4				6						2
Pradosia	1	2	4		2	1						3	1	3	3				2		1				
Palmeira													2					1	1						
Bromélia							1							1				3							2
Abacaxi													1						1						

Assim, foi possível determinar a diferença nas taxas de sobrevivência das espécies, indicando diferentes potenciais de estabelecimento inicial ao microclima e demais características de áreas de campinaranas degradadas. Como as espécies tiveram taxa de mortalidade igual ou maior nos tratamentos com adubação em relação ao tratamento testemunha, acredita-se que este fator está mais relacionado às altas temperaturas que ocorrem nestas áreas, criando um microclima diferente da floresta adjacente e fazendo com que as plantas tenham distúrbios fisiológicos extremos, colocando-as em estresse prolongado ocasionando a morte das mesmas.

As espécies que tiveram maiores taxas de sobrevivência foram *Humiria balsamifera* com (80%), *Clusia nemorosa* (70%), Palmeira e Abacaxi (87%).

Ingá cipó, macucu e bromélia tiveram um desempenho mediano, com taxas de sobrevivência de 53% para bromélia e 60% para ingá cipó e macucu.

As espécies que tiveram as menores taxa de sobrevivência foram as espécies de Breu Branco com 37%, seguida por ingazinha e pradosia com 23%, e *P. palidum*, com 13% das mudas sobreviventes. (Gráfico 1).

Deve-se observar que a redução na taxa de sobrevivência das espécies avaliadas se acentua a partir da terceira avaliação ou seja a partir de 150 dias após o plantio, o que coincide com a redução acentuada precipitação pluvial e no aumento elevado na taxa de evaporação. Conforme se observa a partir do quadro 1, a precipitação pluvial média dos primeiros cinco meses de implantação do experimento é de 334 mm, enquanto a precipitação média dos cinco meses seguintes é de 72 mm. Por outro lado, a taxa média de evaporação varia de aproximadamente 50 mm, nos cinco primeiros meses, para cerca de 105 mm nos meses seguintes. Comparando-se os dois períodos, também se observa um aumento de 1,7 °C na média das temperaturas máximas do ar do segundo período em relação ao primeiro. O que evidencia o efeito dos atributos do clima sobre a taxa de sobrevivência das espécies.

Para Martinotto et al (2012), espécies florestais nativas cultivadas em consórcio podem variar na taxa de sobrevivência de acordo com as características e a permanência no campo. O que corrobora com Vieira et al (2013) que avaliando espécies florestais nativas consorciadas com espécies agrícolas e submetidas a extremos climáticos, observou uma variação de 5 a 94% no índice de sobrevivência até os 21 meses de idade.

Os resultados da taxa de sobrevivência podem também estar associados a alta plasticidade fenotípica dessas espécies, pois as que tiveram menores taxa de mortalidade também foram as que tiveram melhores desempenhos nos dados de crescimento e nas análises fisiológicas para transpiração, eficiência no uso da água e taxa assimilatória líquida. Segundo Campos & Uchida (2002), a plasticidade fenotípica das espécies às diferentes condições de radiação solar depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo a garantir maior eficiência na conversão da energia radiante em carboidratos e, consequentemente, maior crescimento e desenvolvimento.

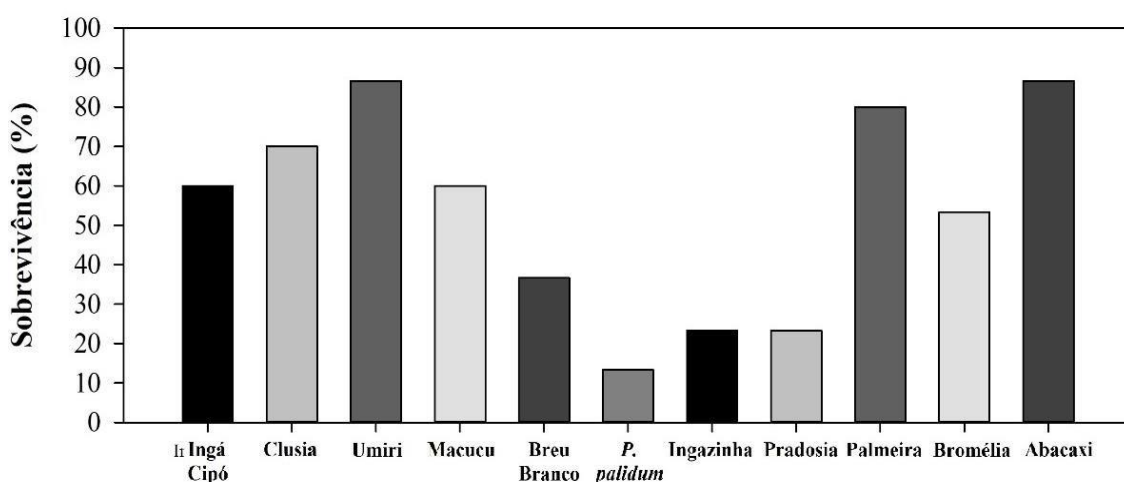


Gráfico 1. Sobrevivência das espécies trabalhadas no experimento.

Desta forma, ao analisar algumas espécies separadamente, é possível identificar a tolerância à luz intensa e ao calor extremo de cada uma delas na sobrevivência, como é o caso das espécies de umiri, ingá cipó e *C. nemorosa*, palmeira e abacaxi, que tiveram maiores taxas de sobrevivência no experimento.

Trabalho semelhante foi descrito por Melloto et al. (2009), onde as espécies indicaram diferentes potenciais de adaptações e índices de sobrevivência nas condições onde foram submetidas. O que corrobora com Nune et al. (2009) onde o mesmo relata que a mortalidade das espécies depende da própria capacidade adaptativa, características fisiológicas e interações bióticas.

5.3 Crescimento em altura e diâmetro das espécies trabalhadas

O crescimento das mudas em altura e diâmetro foi avaliado por meio do incremento ao longo do período. A primeira avaliação foi realizada 30 dias após o plantio e as demais avaliações foram realizadas a cada 60 dias, até o total de 270 dias. Os resultados expressos nas figuras 13, 14 e 15, representam o valor obtido aos 270 dias após o plantio menos o valor obtido aos 30 dias após o plantio.

Para a espécie de breu branco as maiores taxas de crescimento, tanto em altura como em diâmetro foram nos tratamentos 1 e 2. No entanto, não houve diferença significativa dos demais tratamentos, sugerindo um efeito positivo no uso de fertilizantes para o estabelecimento inicial da espécie.

Para a espécie de *Clusia nemorosa*, observou-se um incremento de altura em todos os tratamentos, sem diferença significativa entre eles, embora o segundo tratamento tenha apresentado um desempenho ligeiramente superior. Quanto as medidas de diâmetro também houve incremento em todos os tratamentos, com uma diferença significativa no tratamento 2, em relação aos demais. Isso sugere que a espécie responde bem a adubação mineral, sem necessidade de uma adubação orgânica ou implemento de adubação verde nos primeiros meses após o transplântio.

Para a ingazinha observou-se o maior incremento em altura e diâmetro no primeiro tratamento, com uma discrepância muito grande em relação aos outros tratamentos, já que nos tratamentos com adubação a mesma não agregou bons resultados. Entende-se assim que nos primeiros meses de transplântio, para o estabelecimento das mudas destas espécies não há a necessidade de adubação ou calagem.

Já para a espécie de ingá cipó os dados mostram bons resultados em todos os tratamentos com adubação, e com uma diferença significativa dos tratamentos 2, 4 e 5, tendo melhores desempenhos em relação aos demais. Desta forma, entende-se que a espécie foi muito beneficiada com os tratamentos de adubação, usufruindo dos recursos que estavam disponíveis no início do estabelecimento das mudas em campo.

Quanto ao macucu houve incremento apenas nos tratamentos 1 e 2, havendo uma diferença significativa entre ambos, respondendo apenas ao efeito da adubação química e ao tratamento sem adubação.

Para as plantas de pradosia, os incrementos foram quantificados somente nos tratamentos 4 e 5, pois nos outros tratamentos não houve incremento durante o experimento, porém sem diferença significativa entre os dois tratamentos. Uma resposta significativa às adubações química, orgânica e consórcio com leguminosas.

Para *Protium palidum*, houve pouco incremento em todos os tratamentos, sem que houvesse diferença significativa entre os mesmos. Acreditasse que este efeito seja uma mistura da baixa plasticidade da planta em relação às características microclimáticas do local, como as altas temperaturas.

Por fim, para a espécie umiri, houve incremento em altura em todos os tratamentos, com desempenho superior no tratamento 2, diferenciando-se significativamente dos demais tratamentos. Uma resposta da alta plasticidade fisiológica permitindo a sobrevivência e resistência da espécie em áreas com estresse hídrico e altas temperaturas, uma vez que a

mesma espécie teve um ótimo desempenho nas análises fisiológicas, independentemente do tratamento onde estavam inseridas (Figuras 13, 14 e 15).

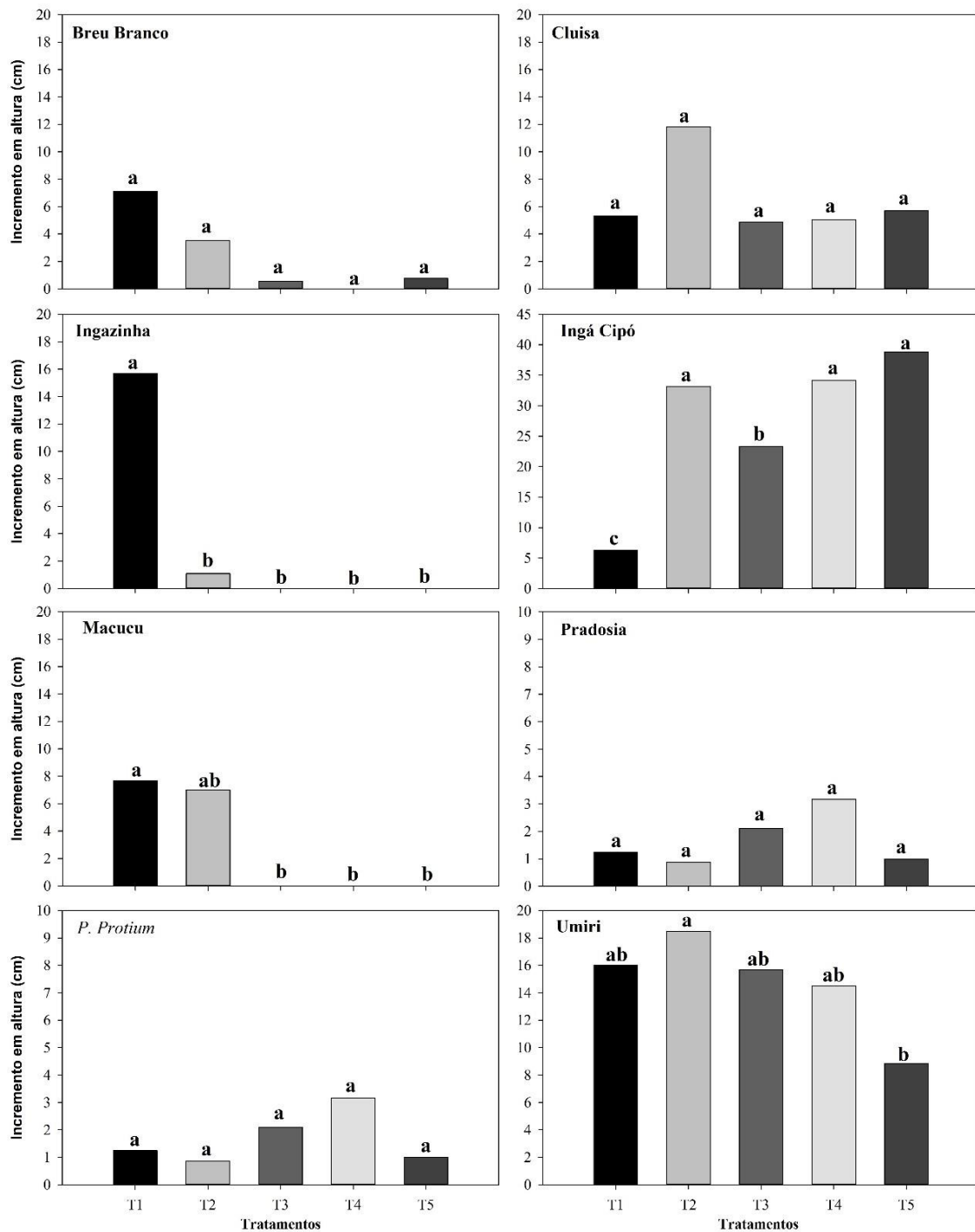


Figura 14. Média total do incremento em altura (cm) das espécies avaliadas durante o experimento.

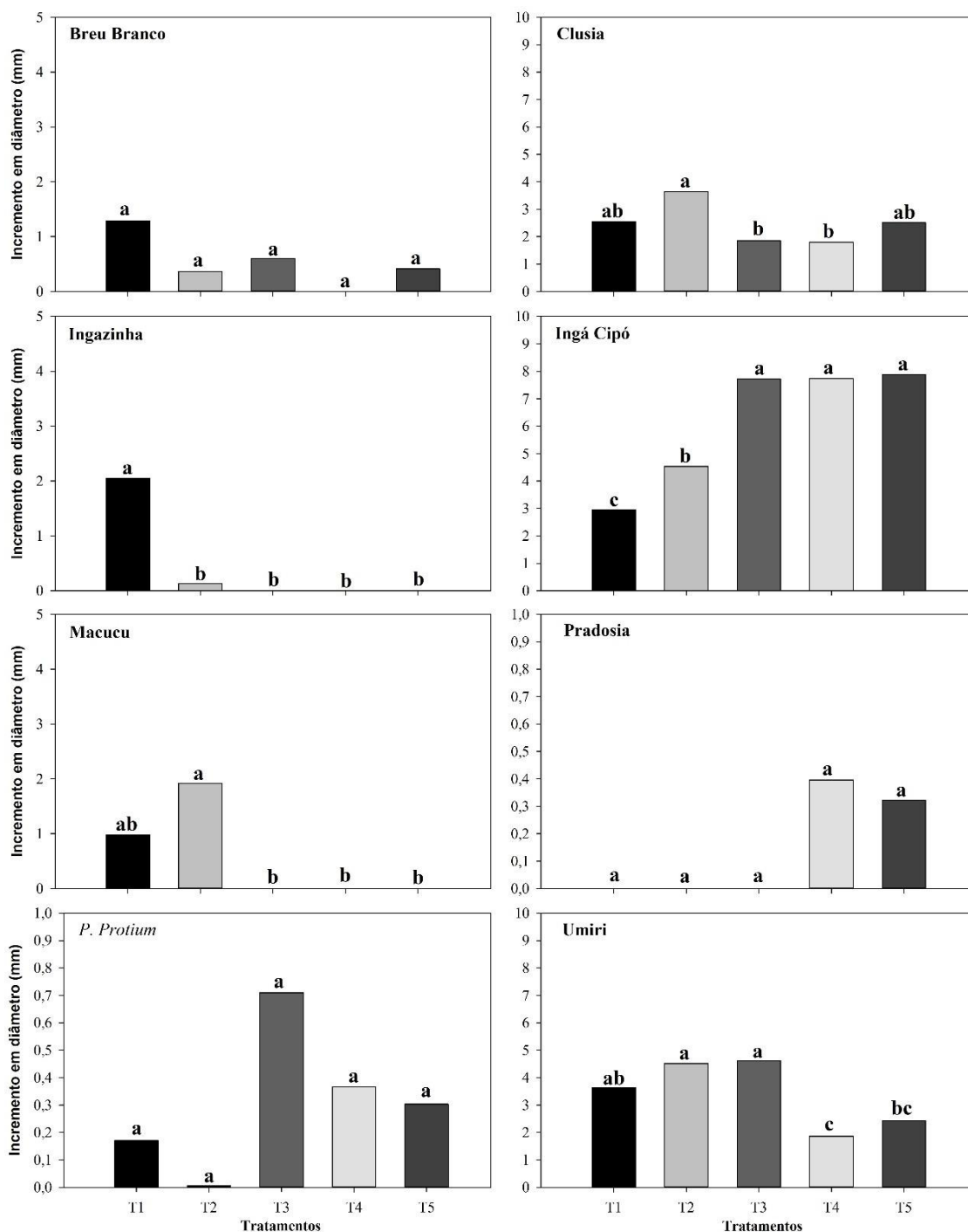


Figura 15. Média total de incremento em diâmetro (mm) das espécies avaliadas.

Entre as espécies utilizadas no experimento, as espécies que apresentaram maiores crescimentos em altura e diâmetro de forma geral foram, Ingá cipó, Umiri e Clusia.

Com isto, sugere-se que a espécie de *Inga edulis* é uma das espécies indicada para o trabalho de recuperação de ambientes degradados, o que corrobora com Molinaro (2005) que concluiu que a regeneração natural nas proximidades dos indivíduos de *Inga edulis*

possuiu melhor desempenho quanto à quantidade e qualidade das espécies colonizadoras, sendo indicada na utilização para recuperação de áreas degradadas.

O contrário foi observado em Breu branco, ingazinha e macucu, que apresentaram baixo incremento em altura e diâmetro durante as avaliações.

O que corrobora com ALEDI ELSEMBURGH et al., (2016), onde o aumento nos níveis de luz causou redução no crescimento em altura e diâmetro, no número de folhas e área foliar e consequentemente diminuição da massa seca total das plantas, fatores estes que podem estar relacionados com a elevação da temperatura e, desta forma, à intensificação na taxa respiratória, que pode induzir o fechamento estomático das plantas.

Para o número de folhas a espécie que melhor demonstrou adaptação foi do abacaxi, o qual seguiu uma ordem crescente acompanhando o nível de tratamento, apresentando o melhor desenvolvimento no tratamento 6, o qual engloba todos os outros tratamentos, e para este aspecto proporcionou um ambiente favorável ao desenvolvimento desta espécie. Ao contrário da palmeira (*Attalea microcarpa*) que não houve número de crescimento significativo no número de folhas (Figura 15).

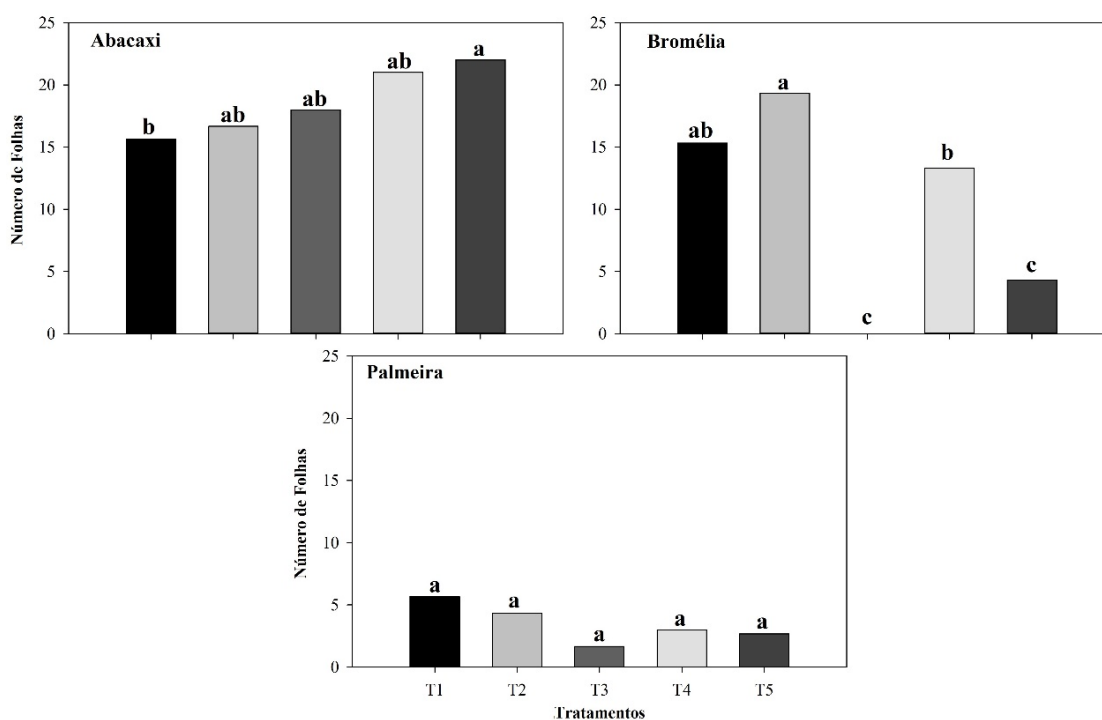


Figura 16. Número de folhas das espécies de Palmeira, Bromélia e Abacaxi.

A bromélia (*Streptocalyx rodriguesiana*) demonstrou aumento no número de folhas nos tratamentos 1, 2, 4 e 5, no entanto para o tratamento 3, não houve aumento, permanecendo com a mesma quantidade de folhas.

5.4 Resultado das análises fisiológicas

Considerando que a análise mais comum encontradas na literatura para o crescimento de plantas são parâmetros de altura e diâmetro, procurou-se avaliar o crescimento e também inferir a contribuição dos diferentes processos fisiológicos.

Os maiores valores de transpiração (E) ocorreram para as espécies de Clusia, ingá cipó e umiri, consequência disto é refletida no crescimento em altura e diâmetro das mesmas. Apesar do bom desempenho neste aspecto, nota-se que houve diferença entre os tratamentos, com uma variação maior para a ingá cipó (Figura 16).

Para as espécies de breu branco e macucu as medidas de transpiração foram relativamente baixas e não houve diferença entre os tratamentos, como mostra a figura 16. Isso pode estar relacionado a baixa adaptação da espécie ao estresse hídrico, pois em uma situação de boa disponibilidade de água, as plantas cultivadas geralmente apresentam altas taxas de transpiração.

Sob condições de estresse, especialmente hídrico e salino, o fechamento estomático pode ser visto como uma resposta positiva da planta para a manutenção de água (TAIZ et al., 2017).

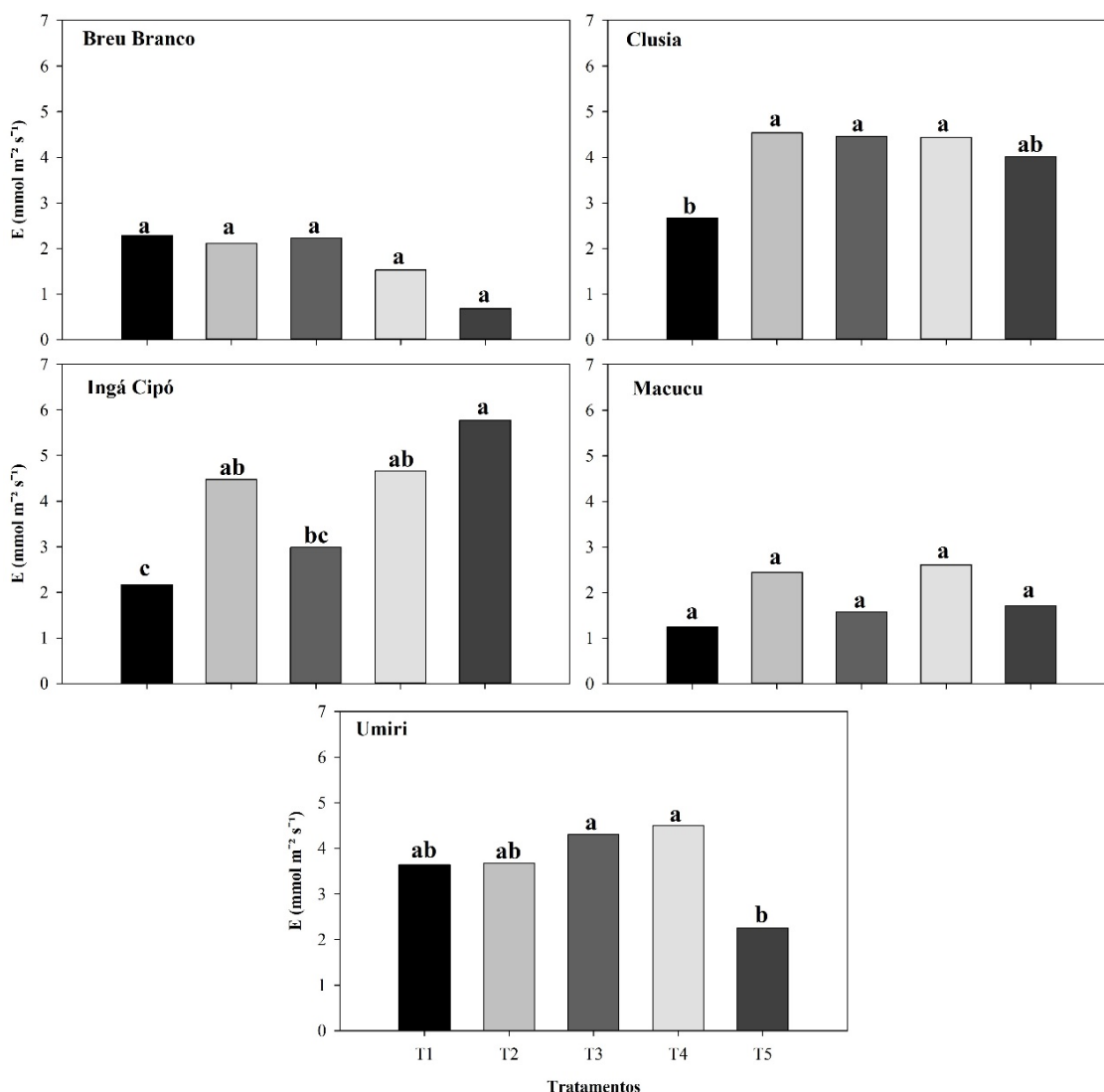


Figura 17. Desempenho das espécies em relação a transpiração (E) em função do tratamento.

O comportamento transpiratório de mudas em diferentes disponibilidades de luz pode ser variável, assim como outros aspectos fisiológicos. Em uma situação de boa disponibilidade de água, as plantas geralmente apresentam altas taxas de transpiração. À medida que a água do solo se torna escassa, a planta começa a reduzir sua taxa transpiratória para diminuir a perda de água (TAIZ et al., 2017).

Para Azevedo (2014), a exposição prolongada das plantas à luz provoca a redução dos pigmentos fotossintéticos, como também pode induzir a fotoxidação. Plantas em condição de sombreamento tendem a aumentar a concentração de clorofila, para a maximização da captura de luz.

A taxa assimilatória líquida expressa a taxa de fotossíntese líquida ou a matéria seca produzida. Na figura 17, encontra-se a taxa assimilatória líquida das espécies de breu branco, clusia, ingá cipó, macucu e umiri em cada tratamento. Pode-se observar que houve pouca diferença significativa entre os tratamentos.

A espécie que atendeu melhor aos tratamentos foi a *Clusia nemorosa*, que respondeu muito bem a todos os tratamentos com adubação, porém só houve diferença significativa para o tratamento 6. Comportamento contrário pode ser observado para a espécie de Breu Branco, onde houve baixo rendimento e o tratamento que melhor agregou foi o tratamento 5, consequentemente mostrando uma diferença significativa para os demais tratamentos.

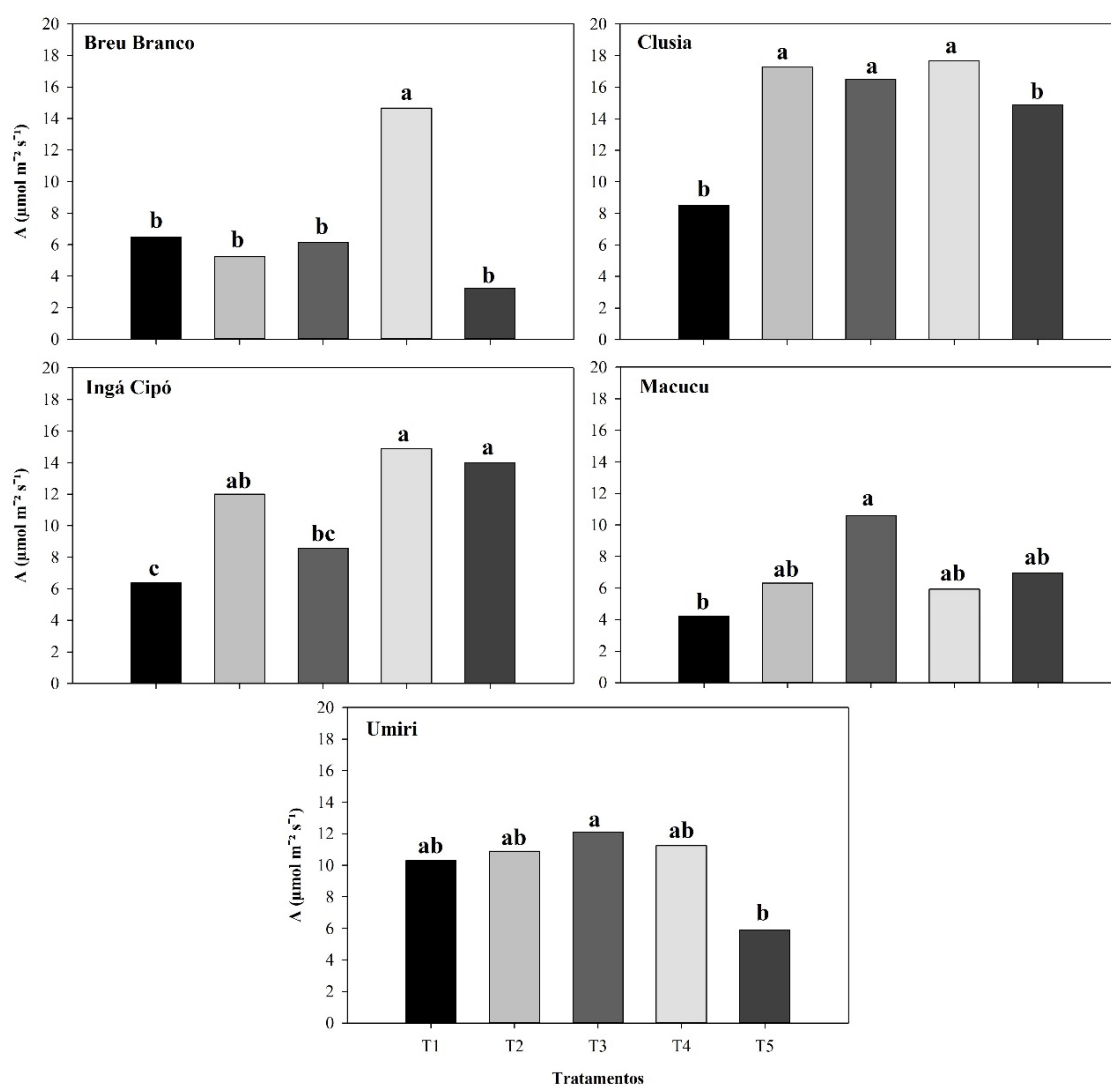


Figura 18. Desempenho das espécies em relação a taxa assimilatória líquida (TAE) em cada tratamento.

O Umiri também apresentou boas respostas aos tratamentos aplicados com diferenças significativas para os tratamentos 3 e 6.

Essas diferentes respostas de cada espécie, podem estar associados ao ambiente onde as mesmas estão inseridas, com elevadas temperaturas nas áreas degradadas, a temperatura foliar afeta a taxa de assimilação de CO₂ por efeitos causados na condutância estomática e na eficiência de carboxilação (MACHADO et al., 2005).

O baixo conteúdo de água no solo com maior restrição de água, agravada pela evapotranspiração, pode ter acarretado no fechamento parcial dos estômatos das mudas, levando também à redução da condutância estomática que implica, por sua vez, em queda da transpiração e da assimilação de CO₂ (SCALON et al., 2011).

Este comportamento pode estar relacionado ao acúmulo de biomassa, proporcionado pelo aumento da fotossíntese líquida, uma forma de adaptação das espécies devido ao aproveitamento da maior interceptação e fixação de energia luminosa por unidade de área foliar que propiciaram uma maior taxa fotossintética.

Para Scalón et al., (2011) uma maior área foliar, proporciona uma melhor produção de fotoassimilados, uma vez que folhas com maior abertura estomática podem absorver melhor o CO₂ atmosférico e conseqüentemente fotossintetizar melhor.

Com relação à eficiência no uso da água, observou-se que todas as espécies tiveram respostas medianas, e a maior variação entre os tratamentos foram para as espécies de breu branco e macucu. Comportamento diferente foi observado nas espécies de umiri, clusia e ingá cipó que tiveram baixos valores como mostra a figura 18. Entretanto, a eficiência no uso da água não variou significativamente entre os tratamentos para as espécies de clusia, ingá cipó e umiri.

Este fator pode estar relacionado à resposta das espécies em adaptação a diferentes micro climas e baixa disponibilidade de água. A perda de água pode estar relacionada à manutenção da temperatura foliar, devido à exposição a maiores níveis de radiação, induzindo a maior perda de água para compensar o calor produzido pela energia radiante (MACHADO et al., 2005).

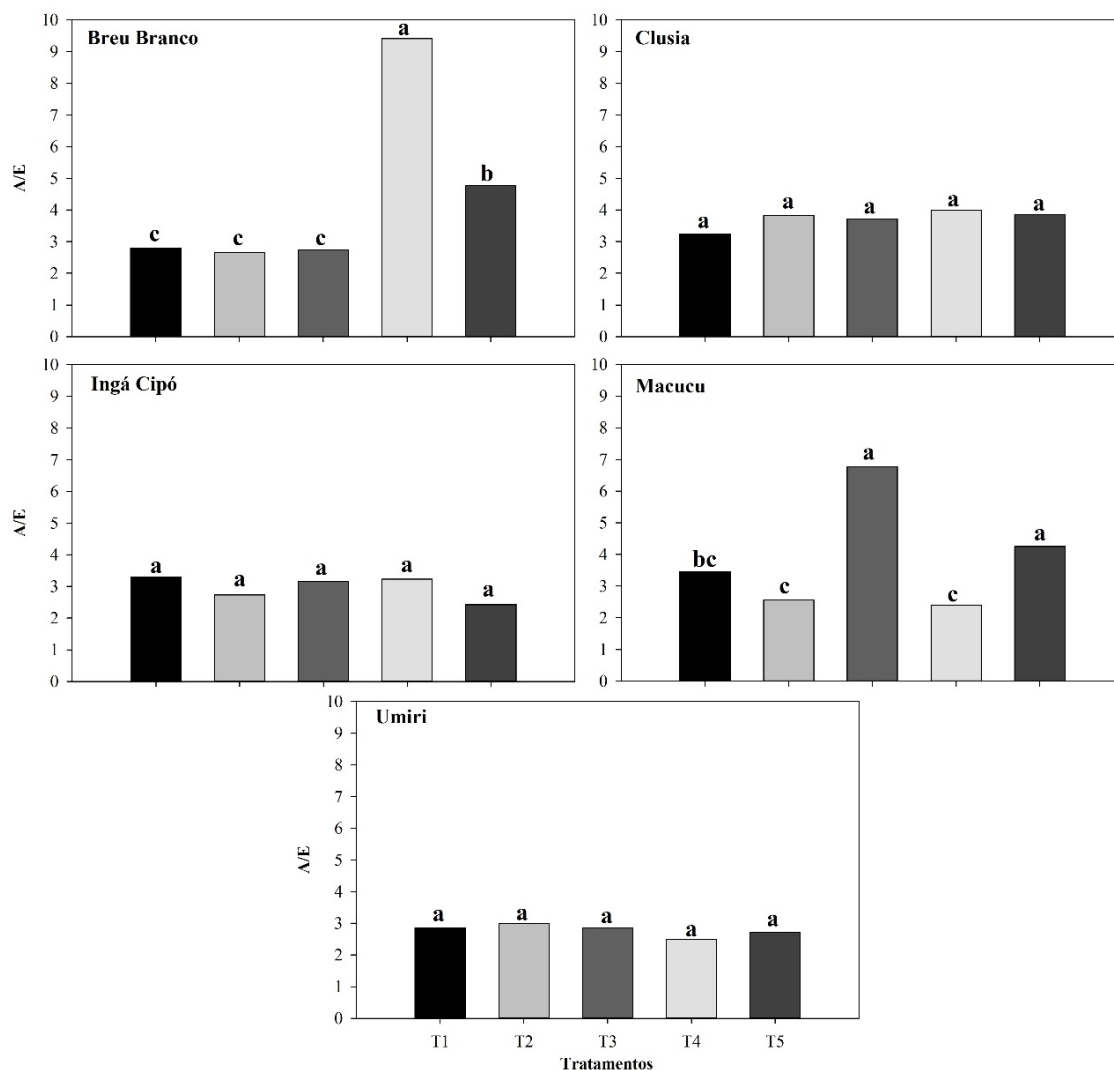


Figura 19. Desempenho das espécies em relação eficiência no uso da água (EUA) em função do tratamento.

Em condições de baixa disponibilidade de água no solo, vários processos metabólicos das plantas podem ser influenciados. Dessa forma, o déficit hídrico leva a uma diminuição da taxa fotossintética, embora os níveis de tolerância possam variar para diferentes espécies vegetais (TAIZ et al., 2017).

6. CONCLUSÃO

Ingá cipó (*Inga edulis*), Umiri (*Humiria balsamifera*), Clusia (*Clusia nemorosa*) Palmeira (*Attalea microcarpa*) e Abacaxi (*Ananas ananassoides*) apresentaram maior taxa de sobrevivência. Enquanto, *Miconia papillosa*, breu branco (*Protium heptaphyllum*) ingazinha (*Inga lateriflora*), pradosia (*Pradosia schomburkiana*) e *P. palidum*, apresentaram as menores taxas de sobrevivência.

Ingá cipó (*Inga edulis*), Umiri (*Humiria balsamifera*) e Clusia (*Clusia nemorosa*) apresentaram o maior crescimento em altura e em diâmetro do colo, bem como as melhores nas características fisiológicas avaliadas, indicando elevado potencial para a restauração de ambientes arenosos degradados.

De modo geral, as melhores respostas das plantas foram observadas no tratamento com o uso de calcário e fertilizantes químicos, sem adição de outros compostos.

REFERÊNCIAS

- ADENEY, J. M.; CHRISTENSEN, N. L.; VICENTINI, A. & COHN-HAFT, M. White-sand ecosystems in Amazonia. **Biotropica**, v. 48, n. 1, p. 7-23, 2016.
- ALEDI FELSEMBURGH, C., DOS SANTOS, K. J. S., DE CAMARGO, P. B., DO CARMO, J. B., & SIZA TRIBUZY, E. Respostas ecofisiológicas de *Aniba parviflora* ao sombreamento artificial. *Brazilian Journal of Forest Research/Pesquisa Florestal Brasileira*, 36(87). (2016).
- ALENCAR, A. C.; NASCIMENTO-JÚNIOR, J. E.; MARINHO, L. C. Flora of Espírito Santo: Clusiaceae. **Rodriguésia**, v. 74, p. e00552022, 2023.
- ALMEIDA, E. S. Anatomia foliar de *Pradosia lactescens* (VELL.) RADLK.(SAPOTACEAE) OCORRENTE NA BAHIA. *Anais dos Seminários de Iniciação Científica*. (2016).
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil'. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 2013.
- ANDERSON, A. B. White-sand vegetation of Brazilian Amazonia. **Biotropica**, p. 199-210, 1981.
- ARONSON, J. What Can and Should Be Legalized in Ecological Restoration? 1 O Que Pode E Deveria Ser Legalizado Na Restauração. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 451-454, 2011.
- AZEVEDO, G. F. C. Photosynthetic parameters and growth in seedlings of *Bertholletia excelsa* and *Carapa guianensis* in response to pre-acclimation to full sunlight and mild water stress. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 1, p. 67-78, 2014.
- BARBOSA, R.I. & FERREIRA, C.A.C. 2004. Biomassa acima do solo de um ecossistema de "campina" em Roraima, norte da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica** 34(4): 557-586.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2001.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986.
- CAPELIN, D., DANELUZZI, G. S., OLIVEIRA, R. F., BRESSAN, D. F., CORRÊA, C. V., JOCA, T. A., ... & BROETTO, F. Utilização do IRGA-Analisador de gases por infravermelho para avaliação de trocas gasosas em plantas: check list de preparação. *O estresse das plantas teoria & prática [recurso eletrônico]* 2017.
- CAMPOS M. A. & UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v. 37, n. s, pn 281-28x, 2p02. DOI: 10.1590/S0100-204X2002000300008.
- CARDOSO, B. R. Aplicação de topsoil em depósitos de estéril em min! de fosfaton (D)ssertação d% Mestrado) **LAVRAS – MG**, 2020.

CARDOSO, M. S. Cartografia das atividades de extração de minerais utilizados na construção civil e qualificação do grau de degradação ambiental na Região de Manaus-AM. (Dissertação de Mestrado). 2008, 129 f. Brasília, Instituto de Ciências Humanas, 2008.

CARVALHO, P. E R. Espécies arbóreas brasileiras. 2014 - Vol. 5

CARVALHO, F. A.; HOLANDA, A. S. S. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Humiriaceae. **Rodriguésia**, v. 69, p. 1143-1145, 2018.

CINTRA, R. **História natural, ecologia e conservação de algumas espécies de plantas e animais da Amazônia**. Editora INPA, 2004.

LIMA FILHO, O. F., AMBROSANO, E. J., WUTKE, E. B., ROSSI, F., & CARLOS, J. A. D.. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática: volume 1. 2023.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação. 2011.

FARIAS, D. C., SOUSA, L. M. D., SAMPAIO, V. D. S., LOIOLA, M. I. B., & MARINHO, L. C. (2023). Flora of Ceará, Brazil: Clusiaceae. **Rodriguésia**, 74, e01132022.

FERNANDES, J. M.. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E USO MEDICINAL DA ESPÉCIE *Inga edulis* (FABACEAE). **Revista da Saúde da AJES**, v. 9, n. 17, 2023.

FERREIRA, L. V., CHAVES, P. P., CUNHA, D. D. A., ROSÁRIO, A. D., & PAROLIN, P. A extração ilegal de areia como causa do desaparecimento de campinas e campinaranas no Estado do Pará, Brasil. **Pesquisas, Botânica**, v. 64, p. 157-173, 2013.

GASTAUER, M.; SOUZA FILHO M. W. P.; RAMOS S. J.; CALDEIRA C. F.; Silva J. R.; Siqueira J. O.; FURTINI NETO A. E. Mine land rehabilitation in Brazil: Goals and techniques in the context of legal requirements. **Ambio**. 2019

GUIMARÃES, F. S. & BUENO, G. T. The amazonian campinas and campinaranas. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, p. 113-133, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 179p.

LORENZI. H. Árvores Brasileiras. Brasil: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2009. 3 v.

MANUAL, I. B. G. E. Técnico da Vegetação Brasileira. **Rio de Janeiro**, v. 1, 2012.

MARTINOTTO, F.; MARTINOTTO, C.; COELHO, M. F. B.; AZEVEDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Sobrevivência e crescimento de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47, p. 22-29, 2012.

MENDONÇA, B. A. F. **Campinaranas amazônicas: pedogênese e relações solo-vegetação**. (Tese de doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011.

MENDONÇA, B. A. F.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SIMAS, F. N. B.; PAULA, M. D. de. The soils of “Campinaranas” in Brazilian amazon: oligothrophic sandy ecosystems. **Ciencia Florestal**, v. 25, n. 4, pp. 827-839, 2015.

MOLINARO, L. D. C. Função ecológica de espécies arbóreas (*Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy, *Inga edulis* Mart. e *Inga* sp.) na sucessão vegetal em áreas degradadas pela exploração petrolífera, na região de Urucu (AM), 2005.

NEPOMUCENO, Á. NICHIO AMARAL, R. ALVES, A. A. Flora of Espírito Santo: Humiriaceae. **Rodriguésia**, v. 73, p. e00932021, 2022.

NEPSTAD, D., MCGRATH, D., STICKLER, C., ALENCAR, A., AZEVEDO, A., SWETTE, B., & HESS, L. (2006). Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. **Conservation Biology**, 20(1), 65-73.

OLIVEIRA, J. F.; PEREIRA, H. S. & SILVA, S. C. P. Análise dos processos minerários de areia na região metropolitana de Manaus. **Geociências**, 2021.

OLIVEIRA, M. C. et al. Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado. 1. ed. Brasília. **Editores Rede de Sementes do Cerrado**, 2020.

PRANCE, G.T. Islands in Amazonia. **Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 351, n. 1341, p. 823-33, 1996.

PEREIRA, J. S.; & RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 41, p. 102-110, 2012.

PEREIRA, S. S.; ARAÚJO, E. A.; MOREIRA, W. C. L.; BARDALES, N. G. & OLIVEIRA, E. Caracterização de atributos de solos ao longo de uma topossequência em ambiente de Campinarana na Amazônia sul ocidental, Brasil. **Revista Caminhos de Geografia**, 2020.

QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L. O.; FYLLAS, N. M.; SCHWARZ, M.; CZIMCZIK, C. I. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. **Biogeosciences**, 2011.

REHABILITATION INTERNATIONAL. (2019). Mining for the Future: A Map to Sustainable Rehabilitation.

SANTANA, A.; NUNES, J. O. Práticas conservacionistas e recuperação de área degradada por voçoroca em uma propriedade rural, no município de Regente Feijó (SP). *Geoambiente On-line*, Goiânia, n. 40, 2021. DOI: 10.5216/revgeoamb.i40.69189

SCALON, S. D. P. Q., MUSSURY, R. M., EUZÉBIO, V. L. D. M., KODAMA, F. M., & KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, 21, 655-662, 2011.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; VALE JUNIOR, J. F. do; SOUZA, K. W. de; CORREIA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. de; AMARAL, E. F.; CAMPOS, M. C. C.; RUIVO, M. de L. P. Solos da Região Amazônica. In: CURI, N. L. M.; KER, J. C.; NOVAIS, R. F.; VIDAL-TORRADO,

P.; SCHAEFER, C. E. G. R. Pedologia: solos dos biomas brasileiros. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2017.

SILVA, M. D. F. D. A degradação ambiental decorrente da construção do Ramal da Água Preta/Areal, Zona Rural de Manaus/Amazonas. **Ciência Geográfica - Bauru - XXIV - Vol. XXIV**: Janeiro/Dezembro, 2020.

SILVA, M. L. & BONOTTO, D. M. Caracterização hidrogeoquímica na formação Alter do Chão, município de Manaus (AM). **Anais do XI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 2000.

SOLOS, EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro**, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TERRA-ARAUJO, M. H.; DE FARIA, A. D.; SWENSON, Ulf. A taxonomic update of Neotropical Pradosia (Sapotaceae, Chrysophylloideae). **Systematic Botany**, v. 41, n. 3, p. 634-650, 2016.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, n. 1, 1991, 92p.

VIEIRA, A. R. R.; FEISTAUER, D.; SILVA, V. P. Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrossilvicultural, submetidas a extremos climáticos de geada na região de Florianópolis. **Revista Árvore**, v.27, p.627-634, 2003.

WILLIAMS, D. D.; BUGIN, A.; REIS, J. L. B. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA, 1990. 96 p.