

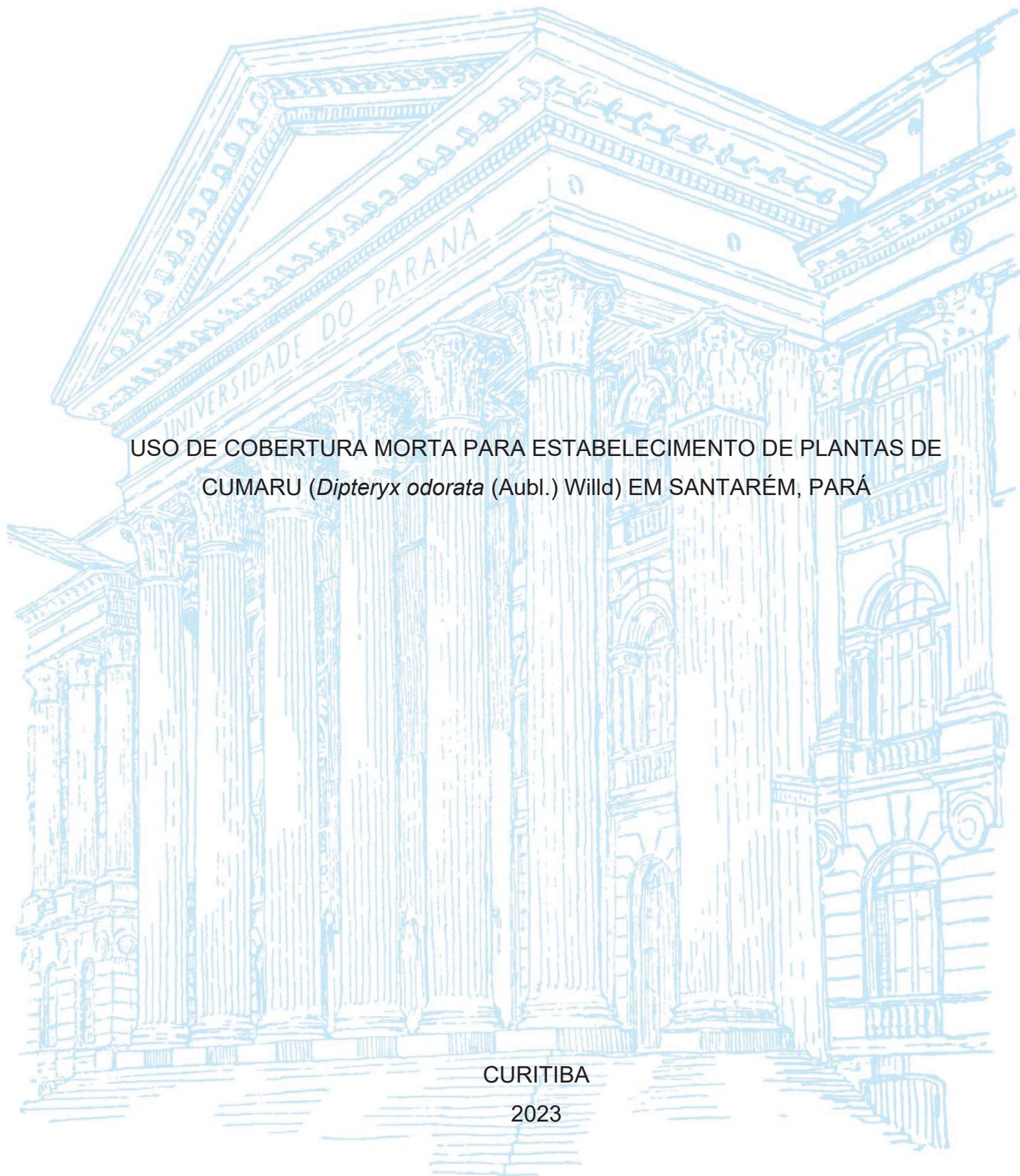
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VERENA SANTOS DE SOUSA

USO DE COBERTURA MORTA PARA ESTABELECIMENTO DE PLANTAS DE
CUMARU (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd) EM SANTARÉM, PARÁ

CURITIBA

2023



VERENA SANTOS DE SOUSA

USO DE COBERTURA MORTA PARA ESTABELECIMENTO DE PLANTAS DE
CUMARU (*Dipteryx odorata*. (Aubl.) Willd)) EM SANTARÉM, PARA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal, Área de Concentração: Conservação da Natureza.

Orientadora: Prof. Dr. Alexandre França Tetto
Coorientador: Prof. Dr. Edgard Siza Tribuzy

CURITIBA

2023

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Sousa, Verena Santos de

Uso de cobertura morta para estabelecimento de plantas de cumaru
(*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd) em Santarém, Pará / Verena Santos de
Sousa. - Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF

Orientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

Coorientador: Prof. Dr. Edgard Siza Tribuzy

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa:
Curitiba, 29/09/2023.

1. Cobertura morta (Agricultura). 2. Plantas florestais - Cobertura morta.
3. Resíduos de cultivos agrícolas - Manejo. 4. Recuperação de terra.
5. Árvores - Crescimento - Fatores climáticos. 6. Plantio de florestas - Pará.
7. *Dipteryx odorata*. I. Tetto, Alexandre França. II. Tribuzy, Edgard Siza.
III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD - 634.956

631.51

CDU - 631.871

634.0.232.42

Bibliotecária: Marilene do Rocio Veiga - CRB9/424



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL c Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **VERENA SANTOS D SOUSA** intitulada: **Uso de cobertura morta para estabelecimento de plantas de cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd) e Santarém, Pará**, sob orientação do Prof. Dr. ALEXANDRE FRANÇA TETTO, que após terem inquirido a aluna e realizada avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 29 de Setembro de 2023.

Assinatura Eletrônica

05/10/2023 09:06:54.0

ALEXANDRE FRANÇA TETTO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

09/10/2023 17:27:25.0

IVAN CRESPO SILVA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

10/10/2023 10:17:46.0

PAULO ERNANI RAMALHO CARVALHO

Avaliador Externo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA)

À minha família, com especial carinho à minha avó Neném, que me transmitiu os ensinamentos sobre Deus, permitindo-me encontrar forças e fé para sempre perseverar.

Aos meus pais, Francisco e Mere, minha eterna gratidão por todo o apoio e dedicação.

Especialmente, por todos os sacrifícios que fizeram para que minhas irmãs e eu pudéssemos estudar e realizar nossos sonhos. Cada conquista nossa carrega muito de vocês.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal (PPGEF - UFPR), por proporcionar o ambiente acadêmico e o apoio necessário ao desenvolvimento desta pesquisa;

Ao meu orientador, Professor Dr. Alexandre França Tetto, pela orientação, paciência e dedicação durante todo o processo de pesquisa. Sua expertise e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão desta dissertação;

Ao meu coorientador, Professor Dr. Edgard Siza Tribuzy, pela orientação precisa e contribuições fundamentais ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Seu conhecimento e experiência foram inestimáveis para a realização desta pesquisa;

À banca avaliadora, pela leitura atenta, críticas construtivas e sugestões valiosas, que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho;

À Fazenda Experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), pelo suporte logístico e pela disponibilização de recursos essenciais para a realização deste estudo;

Ao Centro de Estudos em Manejo e Sistemas Florestais Integrados (CEMI), pela valiosa colaboração científica e pelo compartilhamento de conhecimentos que enriqueceram significativamente este trabalho.

À minha amiga e mentora tanto na vida científica quanto pessoal, Professora Daniela Pauletto. Seu incentivo constante foi crucial para que eu tivesse a coragem de iniciar e percorrer esse longo e valioso caminho.

Aos meus amigos, especialmente Ádria Fernandes, Adrielle Fernandes, Ailson Silva, Neisi Pimentel e Cezarina Carvalho, minha profunda gratidão pelo companheirismo, apoio e pelos inúmeros momentos de alegria. A presença de vocês fez toda a diferença nessa caminhada.

Aos meus amigos, Steffano Garcia e Lucas Henderson, agradeço por ter encontrado a companhia e amizade de vocês. Vocês foram a minha família fora de casa.

Aos amigos do laboratório de paisagismo da UFPR, Allan Nunho e Iran Lopes, agradeço pela calorosa acolhida, pela amizade e pelos cafezinhos no meio da tarde. Curitiba se torna mais agradável com a presença de vocês.

Ao meu querido amigo e namorado, Thiago Gomes, pela sua companhia e apoio nos momentos de aflição e alegria durante o mestrado e na descoberta desta cidade que estamos explorando juntos. Sua presença tornou todo esse processo muito mais leve e significativo.

RESUMO

A cobertura morta é uma técnica de baixo custo que consiste em depositar material orgânico no solo. Este estudo teve como objetivo analisar o efeito de diferentes materiais de origem vegetal usados como cobertura morta do solo na sobrevivência e crescimento inicial da espécie arbórea cumaru (*Dipteryx odorata*) em plantio para restauração florestal em Santarém, Pará. Foram testados cinco tratamentos de cobertura do solo: folhas e galhos de ingá-xixica, resíduos de plantas espontâneas, pseudocaule de banana, folhas e galhos de gliricídia, e um tratamento controle sem cobertura do solo. Para monitorar o experimento, foram coletadas variáveis como altura total da planta (HT), diâmetro a altura do colo (DAC), percentual de sobrevivência, variáveis meteorológicas, área foliar, coleta de solo e material remanescente. Os resultados mostraram que a cobertura com pseudocaule de banana foi a que apresentou maior aumento de fósforo e soma de bases, enquanto a cobertura com resíduos vegetais e gliricídia causaram redução nos teores de potássio e aumento das taxas de H+Al no solo. No entanto, o cumaru sobreviveu em todos os tratamentos e não houve diferenças estatísticas no crescimento entre eles. A precipitação influenciou positivamente no crescimento relativo em altura para as coberturas com pseudocaule de bananeira e ingá, enquanto a cobertura de gliricídia apresentou correlação fraca. Para o crescimento em diâmetro, não houve correlação com a precipitação ou insolação. Os tratamentos de cobertura do solo não conferiram vantagens no aumento da quantidade de folhas. Concluiu-se que o pseudocaule de banana foi o tratamento mais eficaz para melhorar a qualidade química do solo. Entretanto, a cobertura morta, em geral, não afetou o crescimento do cumaru, possivelmente devido à sua rusticidade.

Palavras-chave: restauração florestal; microclima; crescimento arbóreo.

ABSTRACT

Mulching is a low-cost technique that involves depositing organic material on the soil. This study aimed to analyze the effect of different plant-based materials used as mulch on the survival and initial growth of the tree species cumaru (*Dipteryx odorata*) in a reforestation plantation in Santarém, Pará. Five soil covering treatments were tested: leaves and branches of ingá-xixica, spontaneous plant residues, banana pseudostem, leaves and branches of gliricidia, and a control treatment without soil covering. To monitor the experiment, variables such as total plant height (HT), collar diameter (DAC), survival rate, meteorological variables, leaf area, soil collection, and remaining material were collected. The results showed that the banana pseudostem covering resulted in the highest increase in phosphorus and base saturation, while the coverings with plant residues and gliricidia caused a reduction in potassium levels and an increase in H+Al rates in the soil. However, the cumaru survived in all treatments, and there were no statistical differences in growth among them. Precipitation positively influenced the relative height growth for the coverings with banana pseudostem and ingá, while the gliricidia covering showed a weak correlation. For diameter growth, there was no correlation with precipitation or sunlight exposure. The soil covering treatments did not confer advantages in increasing the number of leaves. It was concluded that the banana pseudostem was the most effective treatment for improving soil chemical quality. However, mulching, in general, did not affect cumaru growth, possibly due to its hardness.

Keywords: forest restoration; microclimate; tree growth.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - FUNÇÕES DA COBERTURA MORTA NO SOLO..... | 19 |
| FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ | 24 |
| FIGURA 3 - CLIMOGRAMA DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ | 25 |
| FIGURA 4 - PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE EXPERIMENTO COM PLANTIO DE CUMARU, MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ | 26 |
| FIGURA 5 - ESQUEMA DA DISPOSIÇÃO DOS TRATAMENTOS EM CAMPO..... | 27 |
| FIGURA 6 - PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DA MASSA FRESCA DO MATERIAL APLICADO NO SOLO COMO COBERTURA MORTA. EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL E NO LABORATÓRIO DE SEMENTES FLORESTAIS DA UFOPA EM SANTARÉM, PARÁ | 29 |
| FIGURA 7 - MÉTODOS DE COBERTURA MORTA UTILIZADOS NO EXPERIMENTO. EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL EM SANTARÉM, PARÁ | 30 |
| FIGURA 8 - DETERMINAÇÃO DA MASSA FRESCA EM CAMPO DA MASSA FRESCA DO MATERIAL A SER DEPOSITADO NO SOLO, EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL EM SANTARÉM, PARÁ.. | 31 |
| FIGURA 9 - PONTO DE COLETA DO SOLO, EM QUE FOI ADOTADO UM DISTANCIAMENTO DE 40 CM DA MATÉRIA MORTA DEPOSITADA NO TRATAMENTO, EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL EM SANTARÉM, PARÁ | 32 |
| FIGURA 10 - COLETA DE DADOS EM MUDAS DE CUMARU PARA DIÂMETRO A ALTURA DO COLO E ALTURA TOTAL, EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL EM SANTARÉM, PARÁ..... | 33 |
| FIGURA 11 - IMAGENS SCANEADAS DOS FOLÍOLOS DO CUMARU, UTILIZADAS PARA A DETERMINAÇÃO DA ÁREA FOLIAR..... | 35 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1 - ANÁLISE DA TEXTURA DO SOLO, EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL COM <i>Dipteryx odorata</i> (CUMARU), EM SANTARÉM, PARÁ | 38 |
| TABELA 2 - ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO NA PROFUNDIDADE 0 A 20 CM EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL COM <i>Dipteryx odorata</i> (CUMARU), EM SANTARÉM, PARÁ | 39 |
| TABELA 3 - TOTAL DE COBERTURA MORTA APLICADA POR TRATAMENTO, MATERIAL REMANESCENTE DESTA COBERTURA E MATERIAL INCORPORADO NO SOLO EXPERIMENTAL | 44 |
| TABELA 4 - MÉDIAS DE DIÂMETRO A ALTURA DO COLO (DAC) E ALTURA TOTAL (HT) DE PLANTAS DE CUMARU EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL OBSERVADA DURANTE OS 11 MESES DE COLETA PARA OS CINCO TRATAMENTOS COM COBERTURA DO SOLO | 47 |
| TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DE FOLHAS E FOLÍOLOS POR PLANTA DE CUMARU EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL PARA OS CINCO TRATAMENTOS COM COBERTURA DO SOLO | 53 |
| TABELA 6 - MÉDIAS DE ÁREA FOLIAR (AF) DO CUMARU COM FATOR DE CORREÇÃO E MÉDIAS DE ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA (AFE), APRESENTADAS POR TRATAMENTO DE COBERTURA | 55 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 OBJETIVOS | 15 |
| 1.1.1 Objetivo geral | 15 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos | 15 |
| 1.1.3 Hipóteses | 15 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 16 |
| 2.1 ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL..... | 16 |
| 2.2 ESTABELECIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS | 16 |
| 2.2.1 Crescimento de espécies arbóreas | 16 |
| 2.3 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E CRESCIMENTO DE ESPÉCIES..... | 17 |
| 2.3.1 Influência das variáveis meteorológicas no crescimento de espécies arbóreas..... | 17 |
| 2.4 EFEITOS DA COBERTURA MORTA NO SOLO | 18 |
| 2.4.1 Atributos do uso de cobertura morta no solo..... | 18 |
| 2.4.2 Influência da Cobertura Morta nos Aspectos Físicos e Químicos do Solo | 20 |
| 2.5 ÁREA FOLIAR | 20 |
| 2.5.1 Atributos da área foliar no estudo do crescimento das plantas..... | 20 |
| 2.6 O CUMARU (<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd)..... | 21 |
| 2.6.1 Classificação Botânica e Aspectos Fisiológicos..... | 21 |
| 2.6.3 Usos da Espécie | 22 |
| 2.6.4 Adaptação em Campo..... | 23 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 24 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO | 24 |
| 3.2 COLETAS DE DADOS | 27 |
| 3.3 COBERTURA DO SOLO | 28 |
| 3.4 COLETA DE SOLO E DE MATERIAL REMANESCENTE | 31 |
| 3.5 CRESCIMENTO | 33 |
| 3.6 VARIÁVEL METEOROLÓGICA | 34 |
| 3.7 ÁREA FOLIAR | 34 |
| 3.8 ANÁLISES DE DADOS | 36 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 38 |
| 4.1 ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO | 38 |
| 4.2 SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO..... | 45 |
| 5.2.1 Taxa de crescimento relativo | 49 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3 ÁREA FOLIAR | 52 |
| 4.3.1 Número de folhas de cumaru (NF) por tratamento | 52 |
| 4.3.2 Estimativa da área foliar e área foliar específica | 53 |
| 5 CONCLUSÃO | 56 |
| REFERÊNCIAS..... | 57 |

1 INTRODUÇÃO

As espécies florestais apresentam formas distintas de crescimento (diâmetro, altura e área de copa) conforme suas características fisiológicas e grupo ecológico ao qual pertencem. Por este motivo, a geração de informação sobre distintos aspectos do crescimento das árvores possibilita o aprimoramento para a seleção de espécies adequadas, auxiliando com informações específicas a respeito do desenvolvimento, emergência e sobrevivência, assim favorecendo a escolha adequada de espécies para programas de reflorestamento (SANTOS; SILVIO *et al.*, 2012; NOGUEIRA *et al.*, 2015).

Desta forma, os estudos do crescimento de espécies florestais nativas em áreas de restauração florestal proporcionam uma considerável ferramenta para a escolha de espécies com maior capacidade de crescimento e estabelecimento em ambientes de perturbações ambientais (CARNEVALI *et al.*, 2016). O investimento em plantios florestais tende a modificar os atributos químicos do solo, dentre outros benefícios ecológicos, estes plantios podem fornecer informações relevantes para atividades de manejo, como exemplo, correções de solos ácidos e pobres (KLUG *et al.*, 2020).

O cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd), objeto deste estudo, ocorre na Amazônia brasileira (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará e Rondônia), mas também pode ser encontrado em outros países, como: Bolívia, Colômbia, Guiana Francesa, Peru, Suriname, Venezuela e em alguns países da América Central (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT, 2011).

Trata-se de uma espécie comercial importante (PINHEIRO *et al.*, 2021), e esses plantios têm se mostrado especialmente relevantes pelo fato de o cumaru se destacar no Pará através de sua produção de amêndoas. Essa espécie é cultivada em quatro estados do país, em que, a região norte é a principal produtora, sendo que o estado do Pará se sobressai com uma produção que variou entre 80 e 135 toneladas nos últimos cinco anos no período de 2017 a 2021 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2023). Deve-se atentar para a importância do comércio madeireiro e não madeireiro do cumaru para a região oeste do estado do Pará, pois se trata de uma alternativa econômica, que envolve vários atores sociais na negociação dos produtos (RÊGO *et al.*, 2016).

Considerando-se a média de árvores de cumaru por hectare na Região Norte do Brasil, foi estimada que no município de Portel, localizado no estado do Pará, a média de perda de árvores de cumaru por desmatamento foi de 76.349 unidades, enquanto na região de Santarém, a média de perda foi ainda maior, totalizando 87.414 árvores (MOTA, 2018). A preservação do material genético desta espécie é de suma importância, tendo em vista a sua suscetibilidade a perdas populacionais decorrentes do desmatamento e da exploração madeireira predatória. Pinheiro *et al.* (2021), em estudo realizado no Município de Vitória do Jari, no estado do Amapá, em área de manejo após exploração florestal, identificaram que *Dipteryx odorata* apresentou um bom desempenho em relação à produção de sementes, porém, não recuperou seu volume e área basal, e não apresentou indivíduos suficiente para futuras explorações, o que sugere a importância de estudos e mecanismos de proteção para esta espécie

Segundo Mota (2018) existe uma necessidade da ampliação de pesquisas e elaboração de experimentos com diferentes espécies de cumaru, com o objetivo de avaliar a variabilidade fenotípica e genotípica, bem como, o desenvolvimento genético através da avaliação de clones e progênies das espécies. De acordo com o mesmo autor, outro fator que necessita de maiores investigações, é o comportamento da espécie quanto a produção de biomassa em resposta às atividades de adubação.

Ainda que alguns estudos apontem aspectos silviculturais sobre o cultivo do cumaru (SILVA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020; CAPUCHO *et al.*, 2021) na região oeste do Pará, ainda há muitas lacunas, em termos de melhoria de cultivo da espécie, que precisam ser elucidadas. Este fato, impulsiona e torna imprescindível a realização da promoção de conhecimentos a respeito da ecologia, manejo e reprodução da espécie, para que se possa garantir uma produção sustentável de recursos.

É fundamental considerar a necessidade de estabelecer plantios florestais que contribuam para a conservação da espécie. Nesse sentido, investir em estratégias que promovam o estabelecimento desses plantios é essencial, nas quais a aplicação de cobertura morta no solo, pode ser uma das opções de maior eficiência para o estabelecimento das plantas.

Os materiais utilizados como cobertura morta, são basicamente, fragmentos de podas de árvores e de arbustos, restos de animais e resíduos vegetais de plantas cultivadas, que podem funcionar como esponja na retenção da água da chuva e de irrigação, controlando o escoamento e fornecendo água no momento mais propício a planta (IQBAL *et al.*, 2020), e encontrar novos materiais de cobertura é crucial,

sobretudo os derivados de fontes vegetais (KADER *et al.*, 2019). De acordo com Iqbal *et al.* (2020), embora se encontre estudos sobre a aplicação da cobertura morta, estas abordagens não apresentaram uma revisão abrangente a respeito das vantagens e nem desvantagens desta técnica para a agricultura e meio ambiente.

Considerando a importância ecológica e socioeconômica do cumaru para a região Norte do Brasil, bem como, a possibilidade de replicar esses métodos com outras espécies, cujo objetivo principal também seja o uso de técnicas que se configurem eficiente para reflorestamentos, esta pesquisa apresenta como propósito a avaliação do uso de diferentes coberturas mortas em plantio de cumaru.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o efeito de materiais de origem vegetal, utilizados como cobertura morta do solo, na sobrevivência e crescimento inicial da espécie arbórea cumaru em plantio para restauração florestal em Santarém, Pará.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar o crescimento em altura e diâmetro do caule, além da área foliar e área foliar específica do cumaru sob diferentes materiais de cobertura morta sobre o solo;
- b) Identificar efeitos em propriedades químicas na camada superficial do solo na área de influência das diferentes coberturas mortas.

1.1.3 Hipóteses

Hipótese 1: Os diferentes materiais de origem vegetal utilizados como cobertura morta do solo influenciam significativamente a sobrevivência do cumaru em plantio para restauração florestal.

Hipótese 0: Os diferentes materiais de origem vegetal utilizados como cobertura morta do solo não influenciam significativamente a sobrevivência do cumaru em plantio para restauração florestal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

No ano de 1996, Rodrigues e Gandolfi publicaram um estudo sobre a evolução dos projetos de restauração de áreas degradadas no Brasil. Na pesquisa, foi constatado que, inicialmente, a abordagem era simplista e aleatória, com o uso espécies exóticas e nativas em uma mesma área. Com o passar dos anos, as estratégias evoluíram para técnicas mais integradas e participativas, como o plantio de bosques com apenas uma espécie rústica e de rápido crescimento para redução de custos e estímulo à evolução orgânica do reflorestamento. Apesar disso, os mesmos autores apontaram que em alguns casos, essas técnicas mostraram-se ineficazes e onerosas.

O processo de reabilitação de áreas perturbadas não consiste em práticas de ações isoladas, mas sim da aplicação de um conjunto de atividades que visem recompor a paisagem que sofreu perturbações, mas para tal deve-se investir em pesquisas que incluam a avaliação da qualidade do solo sob o enfoque de degradação (SOUZA, 2013).

A prática da implantação de espécies arbóreas em áreas degradadas possibilita o avanço mais rápido para as etapas iniciais da sucessão natural, desta forma, surgem primeiramente às espécies herbáceas e gramíneas, que beneficiam o solo ao alterarem positivamente suas características, criando um ambiente propício para o aparecimento de indivíduos arbóreos e arbustivos (PEREIRA; RODRIGUES, 2012).

2.2 ESTABELECIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS

2.2.1 Crescimento de espécies arbóreas

A análise de crescimento de espécies possibilita a quantificação de diferenças entre plantas e, conseqüentemente, a comparação da eficiência do crescimento entre estes indivíduos, de acordo com a idade e variações ambientais que estão expostos (REIS, 1978).

Espécies florestais possuem particularidades referentes ao crescimento e necessidades ecológicas diferentes em suas fases de crescimento e estabelecimento, portanto, é fundamental o desenvolvimento de pesquisas que agreguem

conhecimento para o norteamento na elaboração de projetos de revegetação em áreas degradadas (PEREIRA *et al.*, 2012).

O sucesso para a restauração de áreas degradadas baseia-se na escolha das espécies adaptadas ou de fácil adaptação ao ambiente que se deseja recuperar. Deve-se levar em consideração o risco ao se escolher espécies inadequadas a região, o que pode acarretar problemas de baixa produtividade da espécie, elevada suscetibilidade ao ataque de pragas, inadaptação a região e produção de madeiras defeituosas (SOUZA, 2013). Por isso, é importante avaliar as condições ambientais da região e selecionar as espécies mais adequadas para garantir o sucesso da restauração de áreas degradadas.

Algumas espécies arbóreas apresentam maiores chances de sobrevivência em ambientes degradados quando comparadas a outras, o que pode ser motivado pela rusticidade de cada espécie, sendo este, dentre outros fatores o mais crucial quando se considera a sobrevivência em campo, mesmo quando se leva em consideração os fatores mais comuns, como doenças e condições inóspitas do ambiente, estas espécies provavelmente conseguirão se estabelecer por apresentarem boa rusticidade (VIANA *et al.*, 2019).

2.3 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E CRESCIMENTO DE ESPÉCIES

2.3.1 Influência das variáveis meteorológicas no crescimento de espécies arbóreas

Os agentes atmosféricos tendem a exercer grande influência sobre o desenvolvimento das árvores, de forma benéfica ou não, dependendo da forma de atuação desses agentes, pois a maioria destes quando atuam de maneira normal são essenciais e indispensáveis ao crescimento das árvores (SOARES *et al.*, 2015).

Deve-se levar em consideração que espécies arbóreas sofram influência das variáveis meteorológicas, por este motivo é importante incluir em análises de crescimento de plantas, o uso destas variáveis. Segundo Tres (2016), o clima e a vegetação possuem uma influência mútua, o que o autor considerou ser uma “estreita relação” entre esses dois fatores, a exemplo, a quantidade de luz, temperatura e vento, são elementos importantes para o desenvolvimento das plantas, além do fornecimento de água. Espécies vegetais possuem necessidades diferentes para sua sobrevivência, sendo as taxas de luminosidade um dos principais elementos para a

promoção de seu desenvolvimento, pois dentre outros processos tende a influenciar nas taxas fotossintéticas (LAVANHOLE *et al.*, 2018).

Silva (2018) observou a influência da precipitação sobre a frutificação do cumaru, tendo um dos plantios monitorados, apresentado maior produção registrada no ano com menos precipitação, ano de 2016, ano influenciado pelo El Niño, ocorrido em 2015. Em outro sistema também monitorado pelo mesmo autor na mesma região (Norte do Pará), a maior produção de frutos foi observada no ano com maior precipitação, ano de 2017.

As altas temperaturas e altos índices pluviométricos de regiões tropicais com solos propensos a coesão, acentuam a problemática da capacidade de ter um bom enraizamento no solo dessas regiões, que é considerado um dos principais problemas da agricultura, pelo fato de causarem a diminuição da absorção de nutrientes (PIRES, 2020).

Segundo Capucho *et al.*, (2021), *D. odorata* e *D. punctata*, são espécies que apresentam ciclos de desenvolvimento sazonais em resposta as variações do clima, ou seja, apresentam sazonalidade fenológica, sendo fortemente influenciadas pela temperatura máxima da região.

2.4 EFEITOS DA COBERTURA MORTA NO SOLO

2.4.1 Atributos do uso de cobertura morta no solo

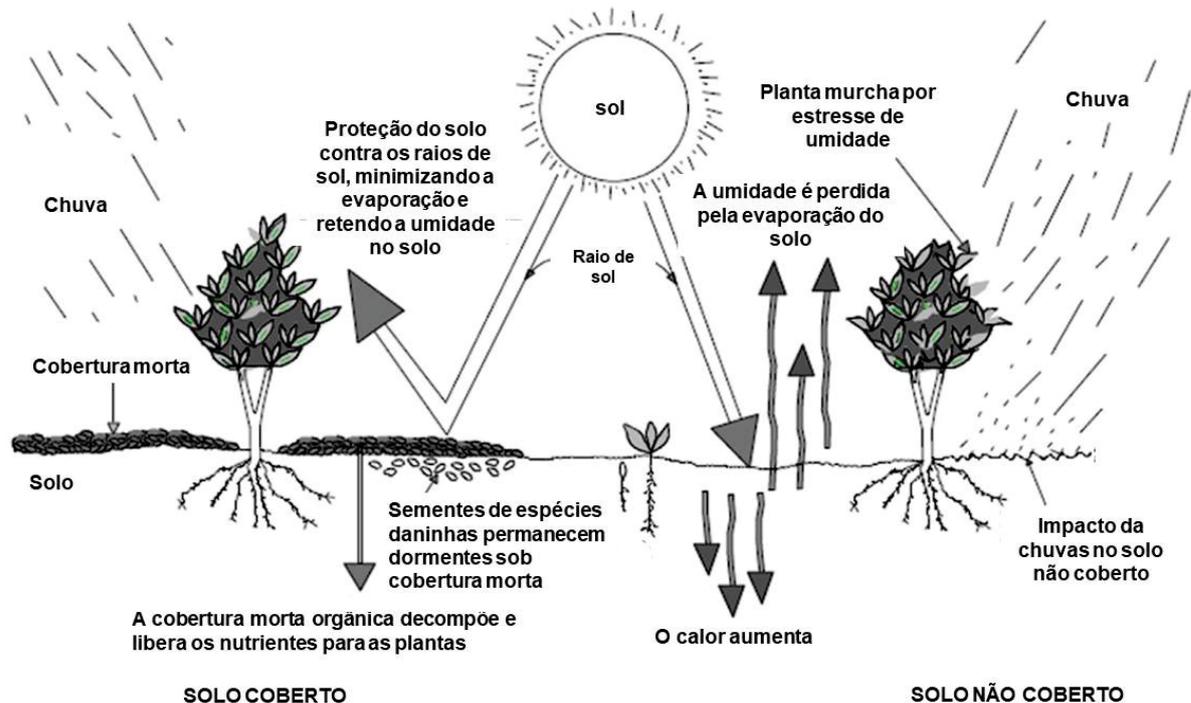
O uso de cobertura morta pode ser considerado uma forma de inovação de baixo custo com efeitos significativos na produção de vegetais com satisfatória produtividade, em que estão englobadas as técnicas agroecológicas, sobretudo para o pequeno agricultor, que por vezes tem dificuldades de acessar grandes soluções tecnológicas (SANTOS *et al.*, 2012).

O estudo dos solos no setor florestal, atrelado à necessidade de conservação e manutenção das florestas naturais, é de grande importância tanto do ponto de vista ambiental quanto produtivo, o que permite o avanço no desenvolvimento de práticas de manejo e conservação direcionadas às particularidades desses solos (ROVEDDER *et al.*, 2013).

A cobertura morta pode ser definida como uma prática cultural, na qual é realizada a deposição de material orgânico no solo, de forma a recobrir a superfície, no entanto não é feita a incorporação deste material (FAVARATO *et al.*, 2017).

A cobertura do solo é uma medida de proteção importante para evitar danos causados por eventos meteorológicos como raios solares excessivos e chuvas em contato direto com o solo, que podem prejudicar o desenvolvimento da cultura inserida neste ambiente. Esse conceito é ilustrado na Figura 1, segundo Kader *et al.* (2017).

FIGURA 1 - FUNÇÕES DA COBERTURA MORTA NO SOLO



FONTE: Adaptado de Kader *et al.* (2017).

No mais, a adoção do uso de cobertura morta nos cultivos oferece uma ampla gama de benefícios, incluindo o controle da erosão, a redução do crescimento de plantas invasoras, a conservação da umidade do solo, a regulação da temperatura do solo e a evaporação mínima, além de promover a disponibilidade de nutrientes (IQBAL *et al.*, 2020). De acordo com esse autor, esses benefícios ajudam a evitar que ocorra um baixo nível de crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas.

Embora nenhum desses benefícios tenha um impacto significativo por si só no rendimento das culturas, a combinação desses fatores pode resultar em um crescimento saudável do plantio e, conseqüentemente, em um rendimento satisfatório.

2.4.2 Influência da Cobertura Morta nos Aspectos Físicos e Químicos do Solo

São evidentes os benefícios do uso da cobertura morta do solo, fato este que pode ser constatado com análises da condutância estomática em maracujazeiro, em que, este consócio proporcionou melhores condições hídricas do solo e posteriormente para as plantas, tornando possível a ocorrência de trocas gasosas entre plantas e o meio exterior, por consequência evitando o estresse hídrico (FREIRE *et al.*, 2014).

É importante o investimento em ferramentas que visem melhorar as propriedades físicas do solo, devido a sua importância para o desenvolvimento das plantas. De acordo com Lal (2015), a degradação física do solo afeta sua estrutura e aumenta sua vulnerabilidade, como consequência, há o surgimento de problemas como formação de crostas, compactação, redução da infiltração de água, erosão, variações extremas de temperatura e desertificação.

Segundo esse mesmo autor, a degradação química do solo também é uma condição preocupante que pode causar diversos problemas, como acidificação, salinização, esgotamento de nutrientes, toxicidade de elementos como alumínio e manganês, deficiências de nutrientes essenciais e lixiviação de nutrientes vitais. Por este motivo é importante monitorar e tomar medidas para prevenir a degradação química do solo, garantindo a manutenção de sua qualidade e capacidade produtiva.

Neste aspecto, é sabido que o emprego de fertilizantes por si só garante benefícios ao plantio, porém, quando associados ao uso de palhada como cobertura morta, estes benefícios são potencializados, devido ao fato deste material promover o aumento e manutenção da matéria orgânica, assim, fomentando o efeito do fertilizante (NASSER *et al.*, 2020).

Presume-se que o uso de biomassa de leguminosas arbóreas, como a proveniente de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp), quando utilizada como cobertura na superfície do solo, possam proporcionar melhorias para as propriedades físicas e químicas deste, considerando que esta técnica favorece o aumento das frações mais estáveis da matéria orgânica, bem como o aumento da absorção dos nutrientes (PIRES, 2020).

2.5 ÁREA FOLIAR

2.5.1 Atributos da área foliar no estudo do crescimento das plantas

O estudo da área foliar (IA) e sua determinação são práticas notórias na definição de inúmeros parâmetros fisiológicos, sobretudo os relativos ao crescimento e desenvolvimento, pois estes são importantes para o entendimento dos processos relacionados à fotossíntese, interceptação luminosa, uso da água e nutrientes e também do potencial produtivo da espécie, sendo desta forma fundamental para avaliar as respostas das plantas as diferentes condições ambientais, principalmente no que se refere ao crescimento (ASSIS *et al.*, 2015; LAVANHOLE *et al.*, 2018).

O índice de área foliar (IAF) é uma medida da quantidade de folhas que uma planta tem em relação a sua massa ou tamanho total, sendo considerada como um índice morfológico, pois está relacionada com a forma e estrutura da planta, este índice é uma medida importante para ajudar na compreensão de como a planta está usando seus recursos para crescer e se reproduzir (HUNT, 2012). Segundo o mesmo autor (*ibidem*), a área foliar específica refere-se a área da folha em relação ao seu peso seco.

A área foliar pode ser obtida por medições destrutivas ou não destrutivas e muitos métodos vêm sendo desenvolvidos para facilitar a medição desta variável (FASCELLA *et al.*, 2013). Esta não é uma variável fácil de ser obtida, pois o cálculo para a determinação da área foliar muitas vezes requer amostragem destrutiva das folhas do indivíduo monitorado e o uso de equipamentos caros (ASSIS *et al.*, 2015), tornando-se um processo trabalhoso e que demanda de mais tempo de execução, além de impactar no crescimento da planta, por esses motivos a adoção de modelos de regressão torna-se mais vantajosa, pois permite a previsão da área foliar usando variáveis que podem ser medidas sem técnicas de amostragem destrutiva (ASSIS *et al.*, 2015; SUÁREZ *et al.*, 2022).

2.6 O CUMARU (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd)

2.6.1 Classificação Botânica e Aspectos Fisiológicos

A espécie é pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae (Papilionoideae) e gênero *Dipteryx* (CARVALHO, 2009). Classificada botanicamente como *Dipteryx odorata* e conhecida pelos nomes comuns de cumaru-verdadeiro, cumaru-da-folha-grande, cumaru-do-amazonas, cumaru-ferro, cumaru-amarelo, cumaru-roxo, ipê-cumaru, ipê-champanhe, champanhe e muimapajé

(GONZAGA, 2006). É considerada uma espécie clímax ou clímax exigente a luz (CARVALHO, 2009).

De acordo com Carvalho (2009), o cumaru apresenta flores com duas asas e forte odor de cumarina, devido a estas duas características, a espécie recebeu o nome genérico de *Dipteryx odorata*. Segundo o mesmo autor (*ibidem*), quanto às folhas, estas são compostas, imparipinadas e alternas, medindo de 15 a 20 cm de comprimento.

2.6.3 Usos da Espécie

A madeira do cumaru por apresentar diversas propriedades de interesse comercial, como estabilidade, boa trabalhabilidade e resistência a fungos e a insetos xilófagos, é indicada para uso na construção naval, carpintaria civil, pontes, vigas e trabalhos hidráulicos, sendo que suas qualidades lhe garantem a classificação de madeira nobre (GONZAGA, 2006). Além do mais é considerada como uma madeira de alta densidade (ZAU *et al.*, 2014).

Os frutos de *D. odorata* apresentam potencialidades comerciais e fitoterápicas (SOUSA *et al.*, 2017). Neste contexto, Silva *et al.* (2018) constataram que a condução do cumaru em sistemas agroflorestais na região norte do estado do Pará, foi destinada a produção e comercialização de sementes. Desta forma, é possível observar a versatilidade desta espécie, com potencial para contribuir com o desenvolvimento econômico regional, podendo ser utilizada para diversos fins, sejam eles madeireiros ou não madeireiros.

Para a restauração de reserva legal e áreas degradadas, bem como para a implantação de sistemas agroflorestais, o cumaru tende a ser uma espécie de interesse, pois apresenta uma produção precoce de sementes que podem ser comercializadas e que poderá proporcionar retorno financeiro para pequenos e médios produtores rurais que necessitam recompor estas áreas (MOTA, 2018).

Segundo análise econômica realizada por Mota *et al.* (2022), o cumaru apresenta um fluxo de caixa negativo até o quinto ano, mas no sexto ano as receitas superam as despesas, e no oitavo ano, o monocultivo com a espécie começa a gerar lucro significativo, com despesas menores e receitas estimadas maiores, desta forma demonstrando sua capacidade de gerar lucros em médio prazo ao mesmo tempo que

poderá contribuir com a reposição florestal e demais serviços ambientais, principalmente para aqueles que necessitam recompor áreas de reserva legal.

2.6.4 Adaptação em Campo

Em florestas nativas, Mota (2018) constatou que o cumaru (*Dipteryx odorata*) apresenta um crescimento relativamente lento, com diâmetro à altura do peito (DAP) variando entre 70 e 113 cm. No entanto, estudos demonstram que em plantios a pleno sol, essa espécie pode apresentar um crescimento significativamente mais acelerado. Por exemplo, Tonini *et al.* (2008) observaram uma taxa de sobrevivência entre 83% e 100% nesses plantios.

Essa observação é corroborada por outros pesquisadores, como Silva *et al.* (2021) e Santos *et al.* (2015), que destacam o cumaru como uma excelente opção para reflorestamento, produção de sementes e restauração de áreas degradadas. Silva *et al.* (2021) enfatizam que o cultivo de cumaru em áreas abertas não apenas acelera seu crescimento, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental e econômica dessas áreas. Santos *et al.* (2015) reforçam esses pontos, indicando que o cumaru é particularmente eficaz na restauração de áreas degradadas devido à sua alta taxa de sobrevivência e rápido desenvolvimento em condições de pleno sol.

O cumaru não é uma espécie que exige boas condições de solo para seu desenvolvimento, se adaptando bem a solos com boa drenagem, moderadamente arenosos a muito argilosos, bem como solos ácidos, pobres a ricos em nutrientes, apresentando melhor desenvolvimento em plantios a pleno sol, especialmente no estado do Pará (CARVALHO, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em área de restauração florestal na Fazenda experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), localizada nas coordenadas 02° 24' 52" S e 54° 42' 36" W, situada na Rodovia PA-370 (Santarém/Curuá-Una), no município de Santarém, região Oeste do estado do Pará (FIGURA 2).

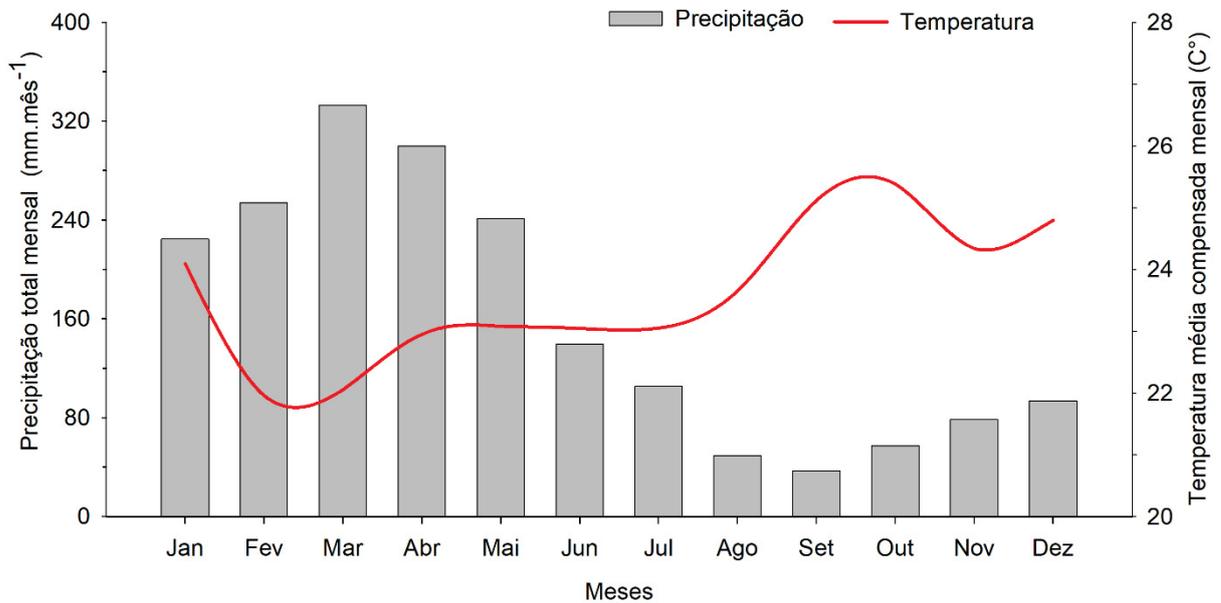


FONTE: O autor (2023).

O clima predominante na região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am, quente e úmido, com maior concentração de chuvas no primeiro semestre do ano. A temperatura média anual varia em torno de 25 a 27 °C com umidade média do ar correspondente a 86% e precipitação pluvial média anual de 1.920 mm, variando entre 170 e 60 mm.mês⁻¹ (ALVARES *et al.*, 2013), como apresentado na Figura 3. O solo é

do tipo Latossolo Amarelo Distrófico Argissólico, com teores de areia entre 439 a 679 g.kg⁻¹, sílica de 64 a 99 g.kg⁻¹ e argila entre 234 a 479 g.kg⁻¹ (ALMADA *et al.*, 2021).

FIGURA 3 - CLIMOGRAMA DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ



FONTE: Adaptado de Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2023).

NOTA: Dados correspondentes ao período de março de 1992 a março de 2022.

No estado do Pará a variação sazonal da precipitação é caracterizada por duas estações, chuvosa e a menos chuvosa (estação seca), a primeira compreende os meses de dezembro a maio e a segunda aos meses de junho a novembro, desta forma, no período chuvoso, as chuvas se caracterizam pela forte intensidade, enquanto no período menos chuvoso, são frequentes as estiagens de duração variável (MORAES *et al.*, 2005).

A área experimental contém um histórico de uso com atividade pecuária, mais precisamente a bovinocultura (>20 anos), executada entre os anos de 1980 e 2006, com posterior pousio, o qual, proporcionou o surgimento e estabelecimento da vegetação secundária (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

A linha histórica da área constou da seguinte forma: no ano de 2016 foi feito o corte e queima da vegetação, seguido de 3 anos de pousio (regeneração natural da vegetação), para novamente em 2019 ocorrer a retirada da vegetação remanescente, com uso de trator com garfo acoplado para posterior gradagem do solo para possibilitar a instalação de experimentos silviculturais. Em 2020 e 2021, foram cultivadas leguminosas para melhoria das condições do solo. As espécies utilizadas

foram, crotalária (*Crotalaria juncea* L.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*. (L.) DC.) e mucuna (*Mucuna pruriens* (L.) D.C. var. utilis).

O plantio florestal com a espécie cumaru (*Dipteryx odorata*) foi instalado em janeiro de 2021 (FIGURA 4), com espaçamento de 6 m x 3 m, disposto em 5 linhas, totalizando 90 indivíduos. O histórico de preparação da área para o plantio da espécie consistiu na limpeza de área, com retirada total da vegetação secundária, utilizando-se trator com garfo enleirador, queima de resíduos restantes e posterior gradagem e abertura de covas com a utilização de motocoveador.

FIGURA 4 - PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE EXPERIMENTO COM PLANTIO DE CUMARU, MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ



FONTE: O Autor (2023).

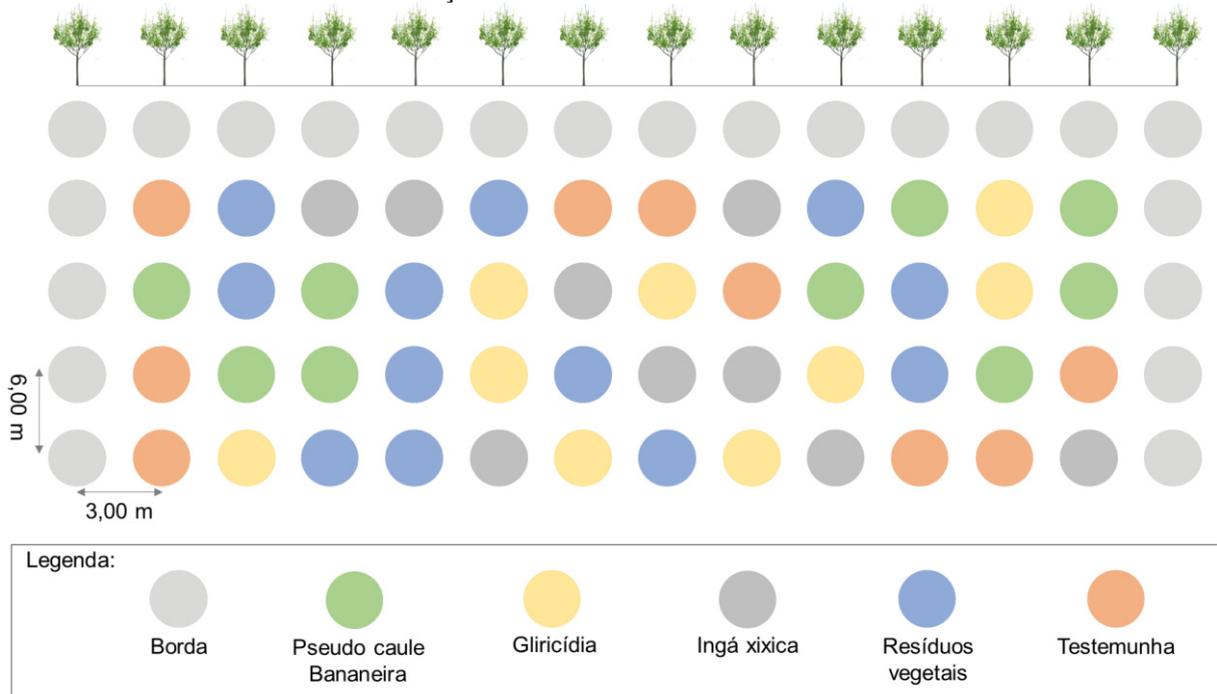
LEGENDA: A – roçagem e aragem do solo; B – plantio de mudas de cumaru; C – experimento instalado em campo (reflorestamento com cumaru).

Para a realização do plantio foi aplicado na cova, calcário domilítico, adubo NPK e substrato de fabricação regional composto por elementos orgânicos (cama de frango, terra preta com resíduos de queima, serragem curtida, carvão triturado e palha de arroz). A limpeza do plantio florestal, antes da instalação do presente experimento, consistiu na roçagem mensal, com roçadeira costal, nas entre linhas de plantio e coroamento com ferramentas manuais ao redor das mudas.

3.2 COLETAS DE DADOS

A coleta de dados foi executada durante onze meses, com início no mês de setembro de 2021 e término em julho de 2022 (8 a 18 meses de plantio, respectivamente). Para realizar a distribuição dos tratamentos, primeiramente houve a estratificação do plantio por classe de altura total (AT) das plantas. Cada tratamento foi designado a nove indivíduos com altura entre 32,5 e 116,5 cm, de forma proporcional. Esse processo envolveu a medição da AT de todos os indivíduos do plantio e a seleção apenas daqueles que estavam dentro dessa amplitude, visto que isso proporcionava a menor variância entre as alturas das plantas no total de indivíduos. Esta ação foi realizada para reduzir o efeito da heterogeneidade das parcelas na comparação dos tratamentos, causando a redução do erro experimental e facilitando a detecção de diferenças reais entre os tratamentos melhorando a precisão experimental (DUARTE, 1996; RIBOLDI; CZERMAINSKI, 2012). Desta forma, para a aplicação da cobertura morta no solo foram selecionados 45 indivíduos do plantio florestal, sendo aplicados 5 tratamentos com 9 repetições (9 indivíduos por tratamento) e dispostos como ilustra o esquema apresentado na Figura 5.

FIGURA 5 - ESQUEMA DA DISPOSIÇÃO DOS TRATAMENTOS EM CAMPO



FONTE: O Autor (2023).

Cada indivíduo do experimento foi identificado com uma numeração de 1 a 45, para facilitar a aplicação dos tratamentos. Uma linha de plantio de cumaru, situada na borda do experimento, não foi excluída devido ao plantio contíguo de outra espécie arbórea, não causar influência de sombreamento ou do uso de recursos do solo, por se tratar da mesma forma de plantas juvenis (semelhança em altura e idade ao plantio de cumaru). Diferentemente, na outra borda adjacente, uma das linhas de plantio de cumaru foi excluída dos indivíduos amostrados por ser composta por plantio de mogno africano (*Kaya grandifoliola*), com 5 anos de idade no período de instalação do plantio, o que causava sombreamento sobre as plantas em parte do dia.

3.3 COBERTURA DO SOLO

Para a determinação da quantidade de massa fresca de cada material, aplicada sobre o solo em cada tratamento, foi realizado o seguinte procedimento: coleta de material vegetal (folhas e galhos finos) de ingá-xixica (*Inga heterophylla* Willd.) e gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.); pseudocaule de banana (*Musa sp.*); e resíduos de plantas espontâneas. Este material foi embalado em sacos plásticos em campo, para não ocorrer perda de umidade, e levado ao Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA para secagem (estufa a 60 °C) e posterior determinação da relação entre massa fresca e massa seca. O tempo de secagem do material foi interrompido somente após a estabilização da massa das amostras, que foram mensuradas diariamente durante nove dias (FIGURA 6).

FIGURA 6 - PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DA MASSA FRESCA DO MATERIAL APLICADO NO SOLO COMO COBERTURA MORTA. EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL E NO LABORATÓRIO DE SEMENTES FLORESTAIS DA UFOPA EM SANTARÉM, PARÁ



FONTE: O Autor (2023).

LEGENDA: A – coleta de material vegetal; B – secagem em estufa (60 °C); C – Determinação da massa fresca de material após armazenamento em estufa.

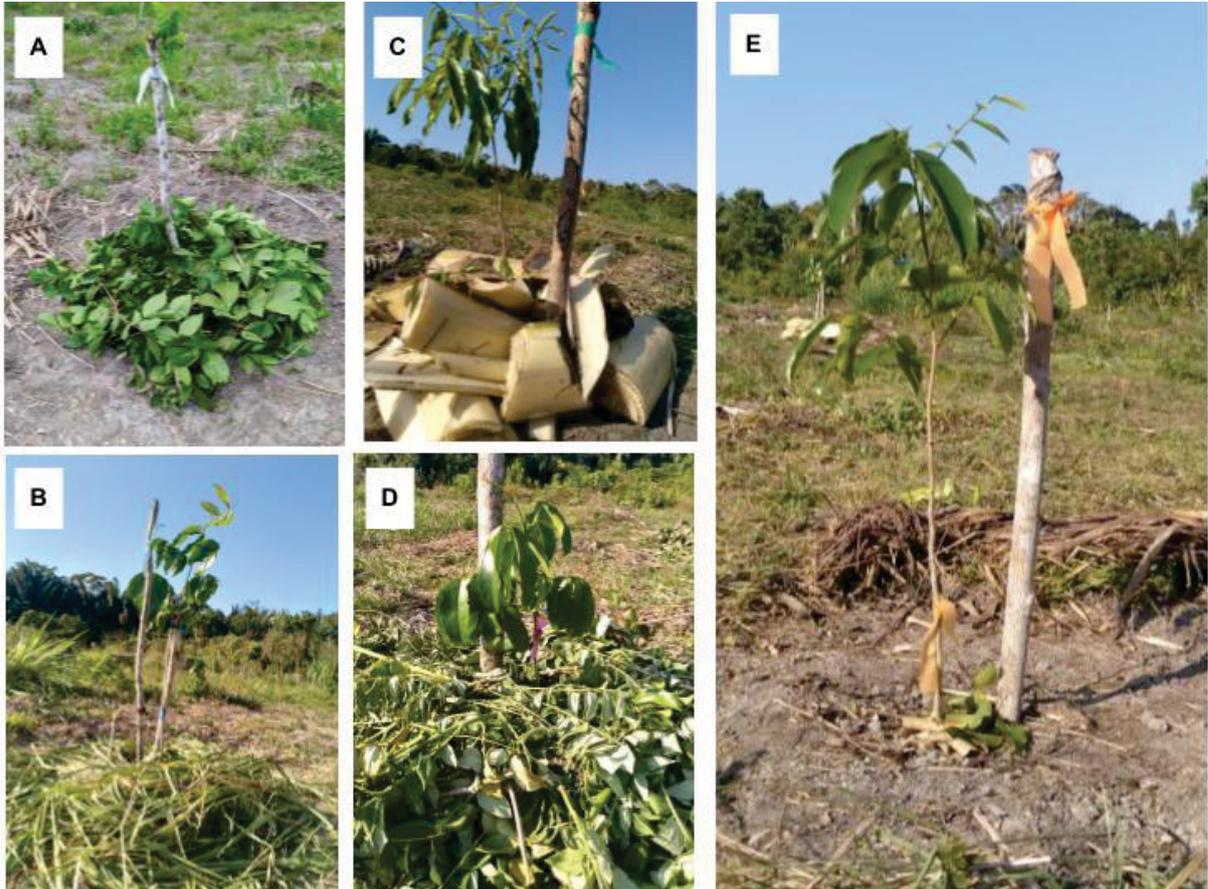
Este procedimento permitiu estabelecer o peso de matéria verde que deveria ser aplicado sobre o solo para corresponder a $20 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ de massa seca para cada um dos tratamentos, que foram depositadas em duas aplicações da cobertura morta no solo no plantio, sendo a primeira no mês de setembro de 2021 ($10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$) e a segunda e última ($10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$) no mês de março de 2022.

O motivo da aplicação de cobertura morta ocorrer em duas fases foi devido ao fato de o material apresentar um grande volume em relação ao tamanho das plantas amostradas, haja vista que estas poderiam ser cobertas pelo volume total de material aplicado (principalmente o pseudocaule de bananeira), caso fosse aplicado de uma só vez a cobertura. Assim, o restante do material foi repostado quando se observou que o primeiro material aplicado havia se decomposto (sobretudo a gliricídia, que sofreu decomposição mais rápida), e se assim permanecesse, não realizaria seu papel de cobrir e proteger o solo.

Os métodos de cobertura morta do solo testados (FIGURA 7) foram: cobertura com galhos e folhas de ingá-xixica, resíduos de plantas espontâneas provenientes de roçagem da unidade experimental, pseudocaule de bananeira, galhos e folhas de

gliricídia, e a testemunha que consistiu na manutenção do solo exposto, sem cobertura morta, mantido com capina periódica manual no raio de um metro da muda de cumaru.

FIGURA 7 - MÉTODOS DE COBERTURA MORTA UTILIZADOS NO EXPERIMENTO. EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL EM SANTARÉM, PARÁ



FONTE: O Autor (2023).

LEGENDA: A – cobertura morta com ingá-xixica (*Inga heterophylla*); B - resíduos vegetais das plantas espontâneas provenientes de roçagem da unidade experimental; C - pseudocaule de bananeira (*Musa* sp.); D - gliricídia (*Gliricidia sepium*); E - solo sem cobertura morta (Testemunha).

Assim, cada planta (45 indivíduos), conforme seu tratamento, recebeu a seguinte quantidade de cobertura no solo com massa fresca: resíduos de plantas espontâneas - 8,8 kg/m²; ingá - 4,6 kg/m²; gliricídia - 6,7 kg/m²; pseudocaule de bananeira - 44,8 kg/m². Para tal, foi estimado um metro quadrado ao redor da planta para a aplicação da cobertura do solo. O total de aplicação de massa fresca, por tratamento (9 repetições) foi igual a: resíduos de plantas espontâneas - 79,2 kg/m²; ingá - 41,4 kg/m²; gliricídia - 60,3 kg/m²; pseudocaule de bananeira - 403,2 kg/m².

O material vegetal foi coletado na própria área experimental, com exceção do pseudocaule de bananeira, que foi adquirida com produtores rurais vizinhos a

Fazenda Experimental da UFOPA. Após a coleta destes materiais, foi realizada em campo a determinação da massa fresca da massa a ser aplicado em cada planta, com auxílio de uma balança de campo (FIGURA 8).

FIGURA 8 - DETERMINAÇÃO DA MASSA FRESCA EM CAMPO DA MASSA FRESCA DO MATERIAL A SER DEPOSITADO NO SOLO, EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL EM SANTARÉM, PARÁ



FONTE: O Autor (2023).

LEGENDA: Na imagem estava sendo mensurada a massa verde da espécie gliricídia.

3.4 COLETA DE SOLO E DE MATERIAL REMANESCENTE

Foram realizadas duas coletas de solo com o intervalo de nove meses entre ambas (outubro de 2021 e julho de 2022). A primeira coleta foi realizada a fim de se obter dados iniciais do solo da área experimental, possibilitando a comparação dos efeitos dos tratamentos na nutrição do solo.

Esta atividade foi realizada um mês após a implantação do experimento, por questões logísticas que impediram que fosse realizada em um período mais próximo da instalação do experimento. Para minimizar possíveis efeitos do tratamento na coleta inicial do solo, foi adotada uma distância padrão de 40 cm da matéria morta

depositada, considerada adequada pela visualização de área onde o solo não estava sob influência do tratamento (FIGURA 9).

FIGURA 9 - PONTO DE COLETA DO SOLO, EM QUE FOI ADOTADO UM DISTANCIAMENTO DE 40 CM DA MATÉRIA MORTA DEPOSITADA NO TRATAMENTO, EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL EM SANTARÉM, PARÁ



FONTE: O Autor (2023).

Seguindo os procedimentos para realização de coleta de solo, propostos por Brasil *et al.* (2020), a amostragem foi realizada na profundidade de 0 a 20 cm, com uso de trado holandês. E para cada tratamento coletou-se nove amostras simples para a formação de uma amostra composta por tratamento. As amostras de solo foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm e enviadas para o Laboratório de Análises Agronômicas Solos & Plantas (Paragominas -PA) para a análise química dos fatores matéria orgânica (MOS), potássio (K), fósforo (P), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H+Al), potencial hidrogeniônico (pH em H₂O), soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC).

Para determinar a quantidade de material remanescente da decomposição por tratamento, depositado sobre o solo, ao final do experimento (11 meses), foi coletado o material não decomposto ao redor de cada indivíduo amostrado. A massa deste

material foi mensurada ainda em campo. De cada tratamento coletou-se uma amostra para determinação da massa seca, conforme procedimento descrito anteriormente.

3.5 CRESCIMENTO

Para monitoramento do experimento as seguintes variáveis foram coletadas: altura total da planta (HT), diâmetro a altura do colo (DAC) e percentual de sobrevivência.

Com base na metodologia utilizada por Pereira *et al.* (2012), a sobrevivência foi calculada através da porcentagem remanescente de mudas em relação ao número inicial de mudas plantadas. A HT foi obtida pela medida entre a base do caule e a gema apical principal, com a utilização de régua graduada. O DAC foi obtido com o uso de paquímetro digital (FIGURA 10). O monitoramento das mudas de cumaru foi realizado mensalmente.

FIGURA 10 - COLETA DE DADOS EM MUDAS DE CUMARU PARA DIÂMETRO A ALTURA DO COLO E ALTURA TOTAL, EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL EM SANTARÉM, PARÁ



FONTE: O Autor (2023).

LEGENDA: A – mensuração do diâmetro a altura do colo, obtido com o uso de paquímetro digital; B – mensuração da altura total, obtido com régua graduada em centímetros.

Com os dados de HT, foi calculada a taxa de crescimento relativo (TCR) para estas variáveis. Para tal, fez-se uso da seguinte fórmula (BENINCASA, 2003):

$$TCR = \frac{(\text{Ln}p2 - \text{Ln}p1)}{(t2 - t1)} \quad (1)$$

Em que:

TCR = Taxa de crescimento relativo em cm por mês

p1 = valor da primeira medição obtida, em cm

p2 = valor da última medição obtida, em cm

t1 e t2 = variável acumulada nos tempos de observação (idade inicial e final)

Ln = Logaritmo neperiano

3.6 VARIÁVEL METEOROLÓGICA

Para inferências sobre influência ambiental no crescimento obteve-se variáveis meteorológicas de pluviosidade mensal e insolação mensal, obtidas na estação meteorológica de Belterra, localizada a 58,2 km da Fazenda Experimental da UFOPA. Os dados são referentes ao período de setembro do ano de 2021 a julho do ano de 2022, consultados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022).

3.7 ÁREA FOLIAR

Para compor os dados de área foliar (AF) e área foliar específica (AFE) foi contabilizada em campo a quantidade de folhas totais (NF) por planta e a quantidade de folíolos. A determinação do número de folhas por planta permite que se obtenha por multiplicação a quantidade de área foliar total de cada amostra e por tratamento.

A coleta das variáveis para a determinação da AF e AFE foi executada no mês de julho do ano de 2022, utilizando-se os 45 indivíduos monitorados no experimento. De cada planta foi colhido um folíolo da parte superior, um na mediana e outro na inferior da copa (três folíolos por indivíduo), que apresentassem bom estado fitossanitário e características relativas à maturação como folhas completamente

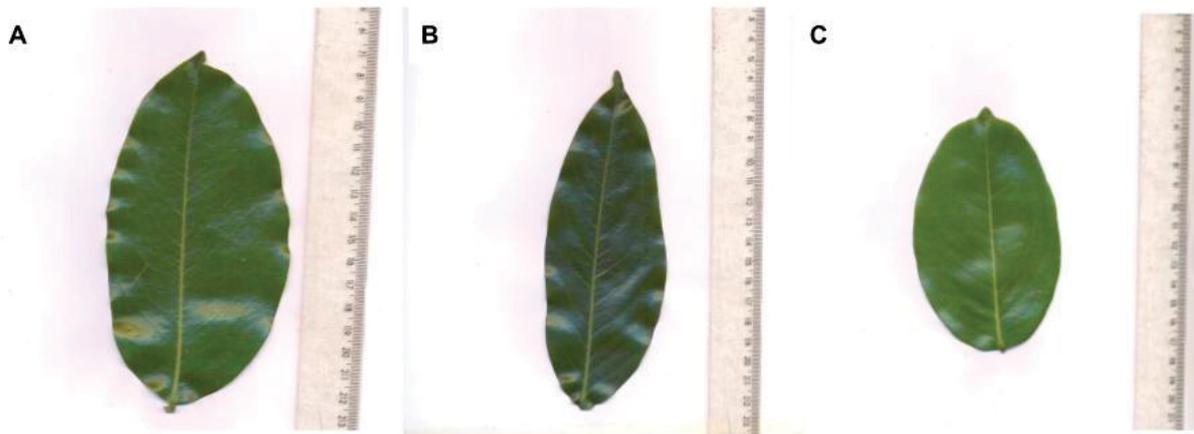
expandidas. Desta forma, compondo uma amostra total de 135 folíolos para análise da AF e AFE do cumaru.

Os folíolos foram envolvidos individualmente em sacos de papel e, para reforçar a proteção foram recobertos por sacos plásticos e posteriormente armazenados em uma caixa de isopor, ainda em campo, para evitar a desidratação e possível redução da área foliar. Para controle, os mesmos receberam identificação por planta e posição na copa.

Para o cálculo da AF é considerada uma parte da folha da planta, ou seja, para este cálculo é considerado a área plana da folha sendo utilizada apenas uma de suas faces para os cálculos de determinação de índices de crescimento da planta (REIS, 1978).

Desta forma, os folíolos foram levados ao laboratório, onde foi medido com régua simples o comprimento e a largura, ambos na unidade centímetro, a fim de se obter a área estimada. O comprimento foi medido do ápice a base do folíolo e a largura foi medida nas extremidades laterais da lâmina onde sua largura apresentava-se mais acentuada. Em seguida foram determinadas as massas desses folíolos e posteriormente *escaneados* (FIGURA 11).

FIGURA 11 - IMAGENS SCANEADAS DOS FOLÍOLOS DO CUMARU, UTILIZADAS PARA A DETERMINAÇÃO DA ÁREA FOLIAR



FONTE: O Autor (2023).

LEGENDA: A – folíolo da parte superior; B – folíolo da parte mediana; C – folíolo da parte inferior da copa.

As imagens obtidas foram tratadas pelo *software* ImageJ, a fim de se determinar a AF em centímetros quadrados e AFE, está por sua vez determinada pela Equação 1. Esta variável relaciona a superfície com a massa seca da folha (MATOS *et al.*, 2015):

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (2)$$

Em que:

AFE – Área foliar específica, em $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$

AF – Área foliar, em cm^2

MSF – Massa seca das folhas, em g

No entanto, devido ao fato de o cumaru apresentar folhas compostas e o cálculo da AF ser aplicado à área da folha e não a área do folíolo foi necessário realizar o cálculo para a estimativa da quantidade média de folíolos presentes em uma folha de cumaru. Para tal, em campo foi observado a quantidade de folhas totais por indivíduo e a quantidade de folíolos que compõem uma folha (5 a 7 folíolos), apesar da literatura retratar que uma folha de cumaru apresenta três a quatro pares de folíolos (CARVALHO, 2009).

De posse destas informações, foi estabelecida a média de seis folíolos por folha possibilitando assim o cálculo para AF.

Os dados de área foliar estimada (produto da largura pelo comprimento do limbo) e área foliar (obtido através do programa *IMAGJ*) foram relacionados, a fim de gerar um fator de ajuste para a área foliar de *Dipteryx odorata*.

Por fim, os folíolos foram submetidos ao processo de secagem em estufa com temperatura constante de 65 °C para a determinação do teor de massa seca.

3.8 ANÁLISES DE DADOS

Para as variáveis de crescimento foi aplicada a comparação de média, seguida do Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para avaliar se houve diferença entre os tratamentos analisados dentro do plantio.

A HT, para o primeiro mês de observação na comparação entre os tratamentos, não apresentou normalidade, sendo necessária a transformação dos dados em escala logarítmica. Na análise realizada para cada tratamento ao longo do tempo, os dados de DAC e HT no décimo primeiro mês também não apresentaram normalidade, bem como os dados de DAC da testemunha em todos os meses de análise, sendo necessária a transformação dos dados em escala logarítmica.

Para a realização destas análises foi utilizado o programa computacional de estatística ASSISTAT v.7.7 Beta.

Os resultados da TCR foram correlacionados com as variáveis climáticas (precipitação e insolação) utilizando o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson.

Os dados de área foliar não apresentaram distribuição normal, nem mesmo após a transformação em escala logarítmica, portanto, utilizou-se o teste não-paramétrico de KRUSKAL-WALLIS. Esta análise foi realizada com uso do *software* IBM® SPSS® *Statistics* 28.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO

A TABELA 1 apresenta os valores de argila, silte e areia total na composição dos solos em dois períodos de coleta e nos diferentes tratamentos aplicado, em cultivo de cumaru, apresentando em sua maioria textura argilosa.

TABELA 1 - ANÁLISE DA TEXTURA DO SOLO, EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL COM *Dipteryx odorata* (CUMARU), EM SANTARÉM, PARÁ

| Período de coleta | Tratamento | Argila | Silte | Areia total | Classificação Textural |
|-------------------|--------------------------|---------------------|-------|-------------|------------------------|
| | | g. kg ⁻¹ | | | |
| Inicial | Testemunha | 324 | 64 | 612 | Média |
| Final | | 384 | 84 | 532 | Argilosa |
| Inicial | Resíduos vegetais | 391 | 77 | 532 | Argilosa |
| Final | | 401 | 80 | 519 | |
| Inicial | Ingá | 404 | 62 | 534 | Argilosa |
| Final | | 394 | 80 | 526 | |
| Inicial | Pseudocaulé de bananeira | 421 | 63 | 516 | Argilosa |
| Final | | 388 | 78 | 534 | |
| Inicial | Gliricídia | 411 | 63 | 526 | Argilosa |
| Final | | 411 | 63 | 526 | |

FONTE: o autor (2023).

Uma das características de solos argilosos, textura em destaque nesta pesquisa, é o fato de conferirem as plantas esforços para absorção de água, pois estes solos apresentam maiores forças de retenção (DEDECEK; e GAVA, 2005; LOPES *et al.*, 2010). Mesmo nestas condições, esta espécie tem sido encontrada majoritariamente em regiões com solos argilosos e sujeitos a compactação, porém, de alta fertilidade química (CARVALHO, 2009). Isso provavelmente se deve à rusticidade e à capacidade adaptativa do cumaru a esses tipos de ambientes.

A TABELA 2 mostra os resultados para análise química do solo em relação aos tratamentos com as coletas realizadas no início e ao final do experimento, nos quais pode-se perceber a variação dos componentes químicos do solo por período.

TABELA 2 - ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO NA PROFUNDIDADE 0 A 20 CM EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL COM *Dipteryx odorata* (CUMARU), EM SANTARÉM, PARÁ

| Coleta | Tratamento | P mg.dm ⁻³ | K | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | H+Al | SB | pH H ₂ O | MOS % | CTC | | Saturação | |
|---------|----------------|--------------------------|-------|------------------|------------------|------------------|------|------|------------------------|----------|--|--|------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | Total Cmol _c .dm ⁻³ | Efetiva Cmol _c .dm ⁻³ | Base v% | Alumínio m% |
| Inicial | Testemunha | 13,0 | 27,0 | 1,2 | 0,7 | 0,4 | 4,4 | 2,00 | 5,4 | 2,0 | 6,40 | 2,40 | 30,8 | 17,6 |
| Final | Testemunha | 9,0 | 23,0 | 2,1 | 1,6 | 0,0 | 3,2 | 3,80 | 6,0 | 2,0 | 7,00 | 3,80 | 54,3 | 0,0 |
| Inicial | Resíduos | 10,0 | 116,0 | 1,3 | 0,8 | 0,0 | 2,4 | 2,40 | 5,8 | 2,0 | 4,80 | 2,40 | 49,4 | 0,0 |
| Final | vegetais | 17,0 | 36,0 | 1,1 | 1,0 | 0,0 | 2,9 | 2,30 | 5,7 | 2,2 | 5,20 | 2,30 | 43,7 | 0,0 |
| Inicial | Ingá | 9,0 | 29,0 | 1,4 | 0,8 | 0,3 | 4,6 | 2,30 | 5,4 | 2,5 | 6,90 | 2,60 | 33,5 | 10,5 |
| Final | Ingá | 14,0 | 23,0 | 2,1 | 1,6 | 0,0 | 2,9 | 3,80 | 6,0 | 2,0 | 6,70 | 3,80 | 56,0 | 0,0 |
| Inicial | Pseudocaule de | 10,0 | 31,0 | 1,2 | 0,6 | 0,5 | 4,6 | 1,90 | 4,9 | 1,9 | 6,50 | 2,40 | 29,8 | 19,2 |
| Final | bananeira | 43,0 | 376,0 | 2,0 | 1,4 | 0,0 | 2,6 | 4,30 | 6,1 | 2,3 | 6,90 | 4,30 | 62,6 | 0,0 |
| Inicial | Gliricídia | 10,0 | 49,0 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 3,2 | 1,70 | 5,5 | 2,0 | 4,90 | 2,20 | 34,7 | 22,7 |
| Final | Gliricídia | 32,0 | 34,0 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 4,6 | 1,70 | 4,9 | 2,3 | 6,30 | 2,20 | 27,5 | 22,1 |

FONTE: o autor (2023).

LEGENDA: P – fósforo, K – potássio, Ca – cálcio, Mg – magnésio, Al – alumínio, H+Al – hidrogênio + alumínio, SB – soma de bases, pH – potencial hidrogeniônico, MOS – matéria orgânica e CTC – capacidade de troca catiônica.

O teor de fósforo no solo aumentou para todos os tratamentos, enquanto na testemunha reduziu, mostrando a importância da cobertura do solo para o aumento da concentração deste nutriente o que pode vir a colaborar com a facilitação do estabelecimento de plantas em áreas de plantio florestal.

O fósforo é um elemento considerado naturalmente limitante para o crescimento de espécies florestais nativas (DUBOC, 2005), e, por este motivo, é um dos nutrientes mais condicionantes para o desenvolvimento de plantas. Desta forma, é necessário que se desenvolvam estratégias para que as plantas do ecossistema tropical utilizem destes nutrientes (BRASIL *et al.*, 2020; MACHADO, 2008), pois, é um elemento crucial para os processos fotossintéticos e de respiração (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

Com base nas classes de interpretação de fertilidade do solo do Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental (CRAVO *et al.*, 2007), o teor de fósforo foi considerado baixo ($< 10 \text{ mg.dm}^{-3}$) antes da aplicação dos tratamentos. Após a aplicação da cobertura morta com resíduos vegetais e ingá esses teores passaram a ser considerados médios (11 a 30 mg.dm^{-3}), enquanto no solo sob influência do pseudocaulo de banana e gliricídia os teores passaram a ser considerados altos ($> 30 \text{ mg.dm}^{-3}$), com destaque para o tratamento com pseudocaulo de bananeira, que apresentou teor 3 vezes maior que o observado na coleta inicial (10 para 43 mg.dm^{-3}).

Machado (2008), ao estudar o solo dos plantios de espécies florestais, incluindo o cumaru, na região de Itacoatiara no Amazonas, considerou os valores encontrados para o fósforo como baixos, com amplitude entre 1,00 e $5,33 \text{ mg.dm}^{-3}$. Em comparação com o presente estudo, os teores encontrados deste elemento podem ser considerados elevados, pois apresentaram amplitude entre 9,00 e $43,00 \text{ mg.dm}^{-3}$.

Quanto à soma de bases (cálcio, magnésio e potássio), também foi observado maior teor para o solo com uso de pseudocaulo de banana, que ademais foi o único tratamento com aumento da base potássio, apresentando ao fim do experimento valores onze vezes superior ao encontrado antes da aplicação da cobertura (31 para 376 mg. dm^{-3}). Observou-se ainda, que antes do recobrimento do solo, neste tratamento, esse elemento encontrava-se com baixo teor ($< 45 \text{ mg.dm}^{-3}$) e após a aplicação pode ser considerado como alto ($> 90 \text{ mg.dm}^{-3}$), segundo a classificação de Cravo *et al.* (2007). Esta constatação possivelmente possa ser atribuída ao fato de o

pseudocaule de bananeira apresentar grande quantidade (20,3%) de potássio em seu pseudocaule (SILVA, 1998).

Este resultado indica que a cobertura do solo com o uso de pseudocaule de banana pode ser uma alternativa de baixo custo e muito eficiente no aumento do teor de potássio para o solo do plantio. Trabalho de Nogueira (2006) também apontou efeito benéfico ao usar como cobertura morta o pseudocaule de bananeira em plantios de frutíferas, com a elevação dos teores de potássio no solo.

O potássio é um macronutriente necessário para o desenvolvimento das plantas por participar de processos importantes no metabolismo destas, sendo responsável pela formação e transporte de açúcares das folhas para outros órgãos. Este elemento confere a planta resistência às intempéries, pragas e doenças (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

Os demais tratamentos causaram a redução dos teores de potássio no solo, destacando-se que resíduos vegetais e glicíndia implicaram na alteração de alto para baixo e de médio para baixo teor, respectivamente. Coincidentemente, estes mesmos tratamentos causaram o aumento das taxas de H+Al no solo. Em contrapartida, o pseudocaule de bananeira foi o que mais reduziu os teores de H+Al no solo, efeito este que pode beneficiar os cultivos, pois altos teores de H+Al no solo tendem a diminuir o crescimento radicular e por consequência a perda de produtividade, devido à acidificação dos solos (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - SBCS, 2016).

Outro parâmetro em questão foi o cálcio, que desempenha um papel crucial na estrutura e integridade das células das folhas e raízes, além de ser fundamental para a translocação e armazenamento de carboidratos e proteínas dentro da planta (MALAVOLTA *et al.*, 2002). Esses processos são essenciais para o desenvolvimento adequado das raízes e de outros órgãos vegetais, promovendo um crescimento saudável e eficiente.

Os tratamentos com bananeira e ingá apresentaram os mesmos comportamentos para o alumínio e cálcio, com redução nas taxas do primeiro e aumento nas taxas do segundo. Mas mesmo assim, cálcio ainda apresentou resultado considerado mediano para o tratamento com ingá ($2,1 \text{ cmol}_C \cdot \text{dm}^{-3}$), pois teores entre 2 a $5 \text{ cmol}_C \cdot \text{dm}^{-3}$, para esta região são considerados médios (BRASIL *et al.*, 2020). Para os demais tratamentos, o alumínio não se mostrou alterado. Para o cálcio houve

redução, com a aplicação do resíduo vegetal e permaneceu equivalente em relação à cobertura com gliricídia. Via de regra, as folhas mortas, como as utilizadas para uso na cobertura do solo, são acumuladoras de cálcio, sendo assim uma fonte potencial deste macronutriente (NASSER *et al.*, 2020).

Em todos os tratamentos o magnésio apresentou elevação de suas taxas. Como um efeito do aumento das bases cálcio e magnésio no solo os valores de alumínio diminuíram, dessa forma reduzindo a acidez do solo, possibilitando um melhor desenvolvimento da planta (MACHADO, 2008). Por outro lado, elevados teores de alumínio no solo implicam em baixas respostas das plantas a adubações, este elemento, quando presente em solos com elevada acidez torna-se tóxico e causa anomalias nas raízes das plantas, dificultando a absorção de nutrientes (SALVADOR *et al.*, 2000). O uso do ingá e do pseudocaulé da bananeira como cobertura do solo mostrou-se satisfatório para o aumento das bases cálcio e magnésio e pela redução do alumínio.

Outro fator que pode influenciar nas taxas de alumínio é o PH, visto que, baixos valores de PH causam aumento do teor de alumínio no solo, pois esta condição facilita a solubilização do alumínio trocável no solo (KLUG *et al.*, 2020). O alumínio no solo pode influenciar no processo de mineralização da matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes, contribuindo com a inibição do crescimento radicular (SOBRAL *et al.*, 2015). Deve-se considerar que o alumínio trocável e o teor de nutrientes são indicadores da qualidade do solo, permitindo a avaliação da influência de mudanças de vegetações sobre o solo estudado (KLUG *et al.*, 2020).

Com exceção da utilização do ingá (decréscimo de 0,5%), o uso de cobertura morta proporcionou benefícios ao solo pelo acréscimo de matéria orgânica (0,2 a 0,4%). Observou-se em campo que o ingá apresentou decomposição mais lenta, o que pode ter influenciado na redução no percentual de MOS com o uso desta cobertura. Por outro lado, quando a decomposição foliar ocorre de forma lenta, a liberação da carga de nutrientes para o solo também se torna lenta, o que pode ser vantajoso em médio e em longo prazo, favorecendo o desenvolvimento do plantio florestal (SOUSA *et al.*, 2018), o que permite especular que o monitoramento, com maior amplitude temporal, poderia trazer resultados distintos dos apresentados nesta pesquisa.

O uso de bananeira como cobertura morta é uma fonte de crucial de matéria orgânica para o solo (NOGUEIRA, 2006), o que corrobora com a observação deste

trabalho no qual se constatou acréscimo em MOS e CTC efetiva no solo, proporcionado pelo uso pseudocaule de banana. Em contraste, o tratamento que apresentou decréscimo da MOS também apresentou decréscimo da CTC total (6,9 para 6,7 cmolc dm^{-3}). A CTC do solo é um atributo de grande interesse prático e indispensável para a caracterização da fertilidade do solo, sendo que a MOS contribui com mais de 70% da CTC e decréscimo neste atributo gera diminuição dos teores de MOS (RAIJ, 1969).

Na literatura é encontrada uma relação positiva entre a MOS e o pH do solo, de forma que quando há elevação nos teores de MOS, o pH também aumenta (MACHADO, 2008; MALAVOLTA *et al.*, 2002). Entretanto, no presente trabalho não se observou esta relação entre esses atributos, fato que pode ser justificado pelo curto período de avaliação. Apenas os tratamentos com resíduos vegetais e gliricídia proporcionaram a diminuição do pH do solo, enquanto pseudocaule de bananeira causou um aumento (4,9 para 6,1) sendo estes considerados valores médios para o solo (SOBRAL *et al.*, 2015).

Ao se comparar o pH do solo e CTC específica, observou-se que estes apresentaram comportamentos semelhantes, de forma que, quando o pH apresentou acréscimo de suas taxas os valores da CTC específica também apresentaram valores mais altos e vice-versa, diferentemente da relação pH e CTC total, em que o pH não apresentou influência sobre a CTC total. Raij (1969) observou que em sete perfis quando houve aumento do pH a CTC específica também foi elevada e em cinco perfis quando o pH diminuiu a CTC específica também diminuiu, e em apenas em dois perfis o pH e a CTC se comportaram inversamente.

A saturação por base teve maior acréscimo no tratamento com pseudocaule de bananeira. A saturação por alumínio teve decréscimo para quatro dos tratamentos, exceto para o tratamento com resíduos vegetais, que não teve alteração. O único tratamento que permaneceu com as taxas de alumínio acima do recomendado após a aplicação da cobertura do solo foi o tratamento com gliricídia (de 22,7% para 22,1%). As camadas superficiais do solo, que foram as camadas analisadas nesta pesquisa, não devem apresentar saturação por alumínio acima de 10% e, caso ocorra, é provável que nas camadas mais profundas estes valores sejam ainda maiores o que prejudicaria o crescimento radicular do plantio (BRASIL *et al.*, 2020). O tratamento com pseudocaule de bananeira, foi quem melhor desempenhou o papel na redução da saturação por alumínio (19,2% para 0%).

Embora o cumaru seja uma espécie pouco exigente, apresente um bom desenvolvimento em solos com baixa fertilidade química, ocorrendo em solos com pH em água de 4,5 e baixos teores de potássio e fósforo (CARVALHO, 2009), os resultados alcançados nesta pesquisa mostram que a cobertura do solo exerceu melhoria da fertilidade do solo, fazendo com que este método de condução de estabelecimento de mudas em plantio florestal possa ser estendido para outras culturas, já que se mostrou válido a sua utilização em termos de melhoramento químico do solo. Além disso, salienta-se que as alterações no solo poderão beneficiar outros cultivos que porventura sejam consorciados com o cumaru, visto que a espécie inicia sua produção de sementes após 3 anos de idade (SILVA *et al.* 2018; MOTA *et al.* 2022), favorecendo assim possíveis consórcios para redução de custos.

A TABELA 3 mostra a quantidade de material vegetal que foi aplicado no solo por tratamento, durante todo o experimento, bem como, a quantidade de material que não se decompôs totalmente (material remanescente), coletado no final do experimento.

TABELA 3 - TOTAL DE COBERTURA MORTA APLICADA POR TRATAMENTO, MATERIAL REMANESCENTE DESTA COBERTURA E MATERIAL INCORPORADO NO SOLO EXPERIMENTAL

| Tratamento | Material aplicado | Material remanescente | Material incorporado | |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|---------|
| | Matéria fresca (kg/tratamento) | | | |
| Pseudocaulé de bananeira | 403,2 | 1,72 | 401,48 | (99,6%) |
| Ingá | 41,4 | 1,41 | 39,99 | (96,6%) |
| Resíduos vegetais | 79,2 | 0,58 | 78,62 | (99,3%) |
| Gliricídia | 60,3 | 0,26 | 60,04 | (99,6%) |

FONTE: o autor (2023).

Observa-se que o material remanescente em maior quantidade no solo, ainda que com 99,6% de decomposição, foi a cobertura com pseudocaulé de bananeira, possivelmente devido ao seu grande volume de material fibroso em relação aos demais tratamentos. O grande volume aplicado neste tratamento (403,2 kg/m²) permitiu que este solo ficasse protegido das possíveis oscilações de temperatura e impactos físicos no solo, causados, por exemplo, pelas chuvas e altas temperaturas durante o experimento, e ainda, foi possível observar em campo que ao redor das plantas tratadas com este material, o surgimento de plantas espontâneas foi incipiente. Este último aspecto favorece a redução da “matocompetição”, com possíveis benefícios para a plantação estabelecida.

Quanto ao tratamento com ingá, a quantidade de material remanescente reforça o fato de este não ter apresentado benefícios para o aumento de MOS (TABELA 2), pois este tratamento foi o que apresentou a menor porcentagem de decomposição (96,6%).

Ao contrário do pseudocaulé de bananeira e ingá, a gliricídia foi o tratamento que apresentou a mais rápida degradação de galhos e folhas, inclusive apresentando visualmente as menores quantidades sobre o solo, observado durante a etapa de reposição de material. Estudo na mesma área experimental, com decomposição de espécies utilizadas para adubação verde, observou que a gliricídia obteve o maior coeficiente de decomposição, com tempo estimado para a decomposição de 50% da fração foliar de 26,2 dias (SOUSA *et al.*, 2018).

Desta forma, esperava-se que esse tratamento fornecesse maior quantidade de nutrientes ao solo, além de matéria orgânica. Mesmo com sua eficiente decomposição (TABELA 3), não foi possível observar este efeito nos atributos do solo avaliados (TABELA 2). Assim sendo, sugere-se que para futuras investigações se faça análise química não só do solo experimental, mas também do material que está sendo aplicado sobre o solo, para que se possa saber de seus teores nutricionais.

4.2 SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO

Todos os 45 indivíduos de cumaru monitorados neste experimento sobreviveram, exibindo uma taxa de sobrevivência de 100%. Isto demonstra que a espécie apresenta potencial para ser utilizada em plantações florestais por apresentar rusticidade, expressando seu potencial para utilização em programas de reflorestamento, especialmente na Amazônia.

Machado *et al.* (2018), ao avaliar o crescimento de quatro espécies florestais no município de Itacoatiara, estado do Amazonas, constataram que o cumaru foi a que apresentou maior taxa de sobrevivência (99%). O que pode estar relacionado ao fato de se tratar de uma espécie clímax exigente a luz, e conseqüentemente semelhante às espécies pioneiras que são mais adaptadas e resistentes às condições adversas do ambiente degradado (NUNES *et al.*, 2015).

Espécies florestais que apresentam um bom desenvolvimento em ambientes desfavoráveis, demonstram rusticidade, o que é considerado crucial em projetos de restauração florestal, além do mais, espécies com alta e média taxa de sobrevivência,

são espécies potenciais para implementação em projetos de reflorestamento (LIMA *et al.*, 2018). Características estas demonstradas pelo cumaru neste estudo. Estes fatores tornam a atividade menos onerosa, pois é minimizada a necessidade de tratamentos culturais e silviculturais, e, desta forma, aumentada a rentabilidade dos plantios (SOUZA, 2013).

Quanto ao monitoramento do crescimento do cumaru não foi observado diferença estatística para DAC e HT entre os tratamentos aplicados (TABELA 4).

TABELA 4 - MÉDIAS DE DIÂMETRO A ALTURA DO COLO (DAC) E ALTURA TOTAL (HT) DE PLANTAS DE CUMARU EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL OBSERVADA DURANTE OS 11 MESES DE COLETA PARA OS CINCO TRATAMENTOS COM COBERTURA DO SOLO

| Médias de DAC/Tratamentos | | | | | | |
|---------------------------|--------------|--------------|------------|-------------------|-------------------|-------------|
| Ano | Mês | Bananeira | Gilricídia | Ingá | Resíduos vegetais | Testemunha |
| 2021 | Set | 10,49 Ag | 9,80 Ad | 9,11 Ae | 10,22 Af | 10,49 Ae |
| 2021 | Out | 11,62 Afg | 11,15 Acd | 10,20 Ade | 11,37 Aef | 11,38 Ade |
| 2021 | Nov | 12,66 Aefg | 12,28 Abcd | 11,34 Acde | 12,75 Adef | 12,59 Acde |
| 2021 | Dez | 13,80 Adefg | 13,41 Abcd | 11,83 Acde | 13,45 Adef | 13,62 Acde |
| 2022 | Jan | 15,07 Acdef | 14,47 Abcd | 13,07 | 14,81 Acde | 15,09 Abcde |
| 2022 | Fev | 16,33 Abcde | 15,54Aabcd | 14,30 | 16,17 Abcd | 16,56 Aabcd |
| 2022 | Mar | 17,54 Aabcd | 16,06 Aabc | 14,97Aabcd | 16,90 Abcd | 17,30 Aabcd |
| 2022 | Abr | 19,35 Aabc | 16,94 Aabc | 15,92 | 18,32 Aabc | 18,27 Aabc |
| 2022 | Mai | 19,68 Aab | 18,43 Aab | 16,59 Aabc | 19,51 Aab | 19,73 Aab |
| 2022 | Jun | 21,75 Aa | 20,65 Aa | 18,40 Aab | 21,94 Aa | 21,33 Aa |
| 2022 | Jul | 22,00 Aa | 21,23 Aa | 19,43 Aa | 22,33 Aa | 21,98 Aa |
| Médias de HT/Tratamentos | | | | | | |
| Coleta | Bananeira | Gilricídia | Ingá | Resíduos vegetais | Testemunha | |
| 2021 | 70,37 Af | 63,89 Af | 68,77 Ae | 70,86 Ae | 75,50 Ae | |
| 2021 | 73,78 Aef | 75,97 Aef | 71,78 Ae | 79,22 Ae | 84,61 Ade | |
| 2021 | 83,00 Aef | 81,89 Adef | 75,72 Ae | 85,11 Ade | 92,33 Acde | |
| 2021 | 91,69 Adef | 86,44 Acdef | 83,17 Ade | 93,89 Ade | 98,11 Acde | |
| 2022 | 105,79 Acdef | 96,78 Abcdef | 95,42 Acde | 106,50 Acde | 108,61 Abcde | |
| 2022 | 119,89 | 107,11Abcdef | 107,67 | 119,11 Acde | 119,11 Aabcde | |
| 2022 | 131,00 | 121,4 Aabcde | 118,89 | 138,44Abcd | 132,00 Aabcde | |
| 2022 | 146,11 | 134,89 Aabcd | 135,44 | 153,78 Aabc | 144,44 Aabcd | |
| 2022 | 161,97 Aabc | 141,61 Aabc | 151,11 | 173,64 Aab | 155,13 Aabc | |
| 2022 | 175,52 Aab | 152,78 Aab | 162,56 Aab | 186,00 Aab | 170,89 Aab | |
| 2022 | 179,56 Aa | 170,67 Aa | 170,67 Aa | 195,78 Aa | 180,00 Aa | |

FONTE: o autor (2023).

LEGENDA: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si e médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Embora a análise estatística não tenha apresentado diferença significativa, foi possível observar melhor tendência de crescimento médio em DAC (16,5 mm) para a cobertura com bananeira, enquanto para altura total, a maior média observada foi para o tratamento com resíduos vegetais (129,6 cm), tratamentos estes que também foram protagonistas no aumento dos teores de nutrientes no solo.

A cobertura com pseudocaule de banana e a cobertura com ingá foram os dois segundos melhores tratamentos no aumento dos teores de magnésio no solo. A cobertura com pseudocaule de bananeira foi o segundo melhor tratamento para a elevação de cálcio e o primeiro melhor tratamento para a elevação da MOS, e os resíduos vegetais o terceiro melhor tratamento para a elevação deste atributo no solo.

Andrade *et al.* (2013) ao utilizar diferentes substratos para estabelecimento inicial de plantas, observaram que os tratamentos com casca de madeira e solo puro, foram responsáveis pelo maior estímulo do crescimento da parte aérea das plantas, o que pode ter sido influenciado pelos maiores teores de cálcio e magnésio no solo que foram depositados através destes substratos. Segundo o mesmo autor, existe a possibilidade de estes nutrientes serem disponibilizados mais facilmente, contribuindo melhor para o crescimento da parte aérea quando comparado a substratos com maiores teores de MOS.

O fato de os tratamentos com pseudocaule de bananeira e resíduos vegetais apresentarem maiores médias para o crescimento do cumaru, é um resultado que impulsiona a utilização destes materiais como cobertura do solo, principalmente pela facilidade de aquisição para agricultores de base familiar em pequenas propriedades, em especial dos resíduos vegetais que são encontrados na própria área como resultado de práticas culturais realizadas.

Na análise feita ao longo do período de monitoramento, para o DAC e HT, foi observado diferença estatística entre os meses de coleta para os tratamentos com cobertura morta (TABELA 4). A partir do quarto mês de coleta o crescimento das plantas submetidas à cobertura com pseudocaule de bananeira e com resíduos vegetais, começou a apresentar diferença estatística para a variável DAC, podendo ser considerada como respostas para o crescimento desta variável.

Os tratamentos com cobertura de gliricídia e ingá só apresentaram resultados significativos em DAC a partir do sexto mês de coleta, enquanto a testemunha apresentou diferença estatística do crescimento em DAC a partir do quinto mês.

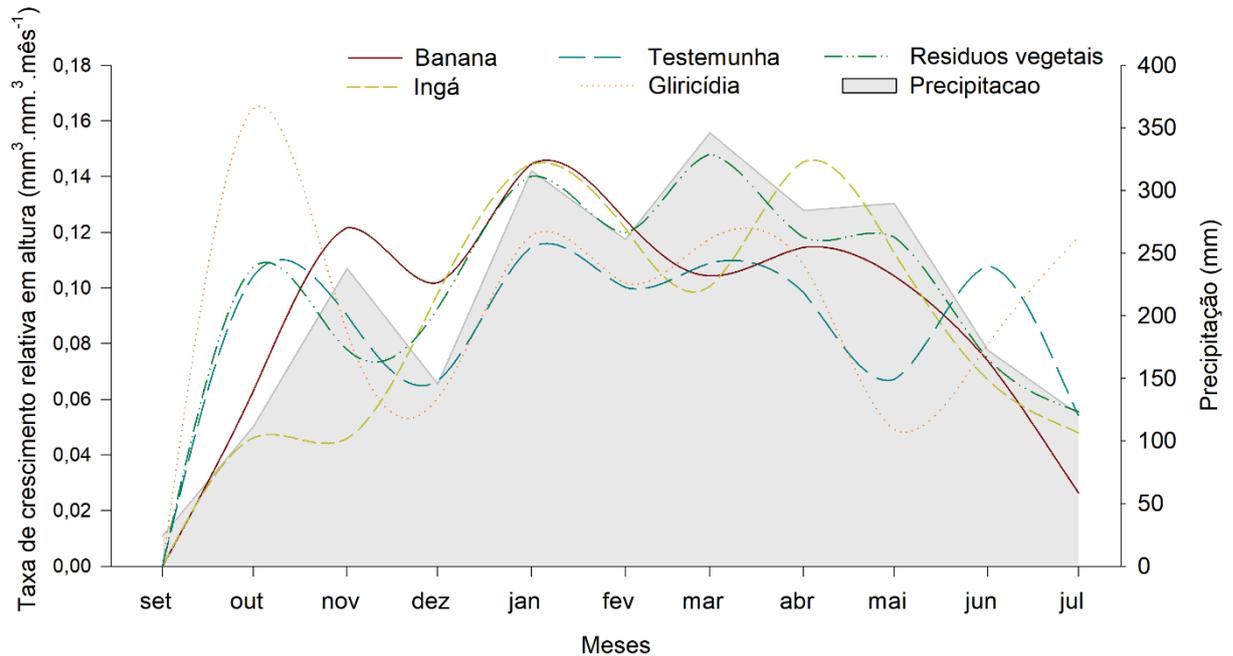
Os tratamentos com pseudocaule de bananeira, gliricídia e resíduos vegetais começaram a apresentar diferença estatística em HT a partir do sexto mês de acompanhamento. Somente o tratamento ingá apresentou diferença no crescimento do cumaru a partir do sétimo mês, desta forma se igualando a testemunha.

Este resultado indica que os pseudocaules de bananeira, gliricídia e resíduos vegetais são mais eficazes em promover o crescimento inicial das plantas em comparação com o ingá. A eficácia mais tardia do ingá pode ser atribuída à sua liberação mais lenta de nutrientes ou às suas propriedades benéficas que demoram mais para se manifestar no solo e nas plantas. Em termos práticos, esses achados sugerem que, para obter um crescimento inicial mais rápido do cumaru, é preferível utilizar pseudocaules de bananeira, gliricídia ou resíduos vegetais. O ingá, embora também eficaz, pode ser mais adequado para estratégias de longo prazo ou como complemento a outros tratamentos que promovem um crescimento inicial mais rápido.

5.2.1 Taxa de crescimento relativo

Na Figura 11 observa-se a taxa de crescimento relativo para altura (TCRh) do cumaru e sua relação com a precipitação. A análise de correlação para a TCRh não apresentou correlação com a insolação, porém a precipitação influenciou na TCRh, com correlação forte positiva para o tratamento com pseudocaule de bananeira (0,8528) e ingá (0,8208), enquanto o tratamento com gliricídia mostrou fraca correlação (0,3306). Dentre os tratamentos o que apresentou maior relação positiva com as médias de precipitação mensal foi o tratamento com resíduos vegetais ($r = 0,8666$).

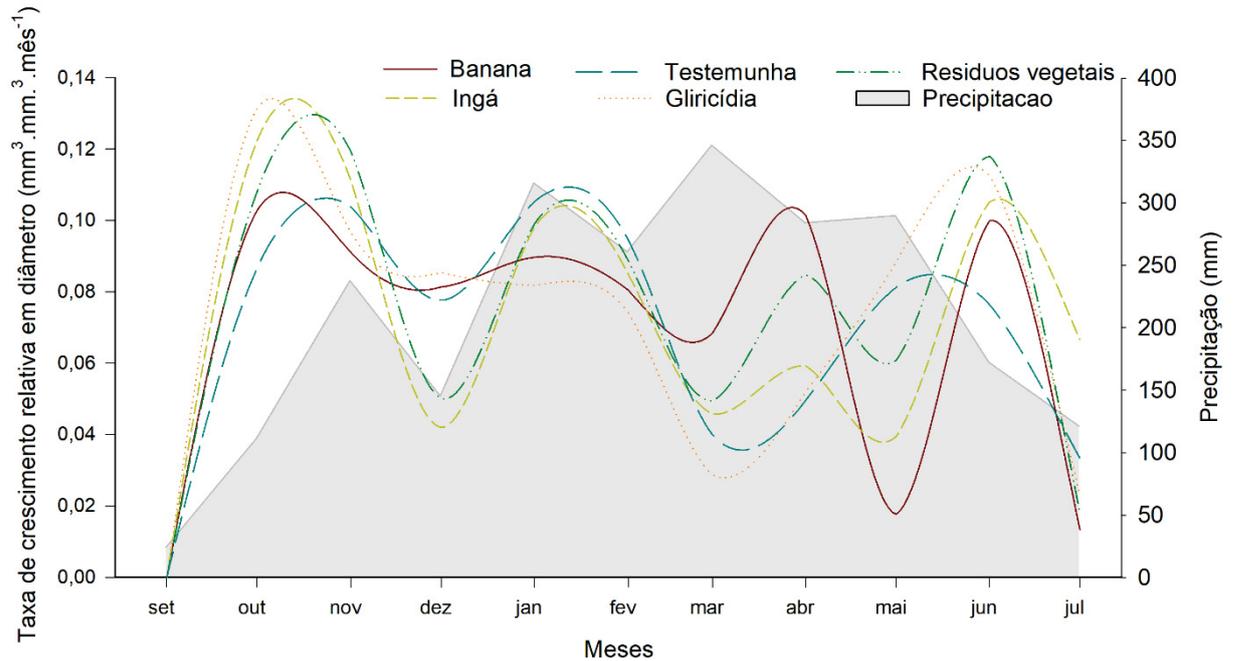
FIGURA 11: TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO PARA ALTURA (TCRh) DE *Dipteryx odorata* (CUMARU) E PRECIPITAÇÃO MENSAL NOS OS MESES DE SETEMBRO DE 2021 A JULHO DE 2022



FONTE: o autor (2023).

Quanto à taxa de crescimento relativo em diâmetro à altura do colo (TCRd), observou-se que o cumaru apresentou melhor desenvolvimento sob condições de menor precipitação e maior insolação (Figura 12). No entanto, ao analisar a correlação entre a TCRd e os dados de insolação e precipitação, não foi encontrada uma relação significativa entre essas variáveis

FIGURA 12. TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO PARA DIÂMETRO A ALTURA DO COLO (TCRd) NOS MESES DE SETEMBRO DE 2021 A JULHO DE 2022 E PRECIPITAÇÃO MENSAL NO PERÍODO.



FONTE: O Autor (2023).

Santos (2016) analisando o crescimento de espécies amazônicas constatou que algumas espécies eram sensíveis as intempéries da região, com influência no crescimento das plantas, de forma que, quando houve um ligeiro aumento nas temperaturas, diminuição da umidade relativa do ar, queda do volume de chuva e aumento da insolação, possivelmente as espécies ajustaram sua morfologia, como número de folhas e área foliar para maximizar a absorção de energia solar.

O maior crescimento em diâmetro do cumaru, submetido ao tratamento com gliricídia, foi no intervalo de setembro a outubro do ano de 2021, período de menor precipitação. O mesmo comportamento foi observado para os demais tratamentos com exceção das plantas sob interferência do tratamento pseudocaulé de bananeira, que aparentemente não foram influenciadas pela dinâmica de escassez de chuva no solo.

Os resultados de crescimento observados nesta pesquisa, não foram similares com os constatados por Venturoli *et al.* (2013) que ao analisarem mudas de espécies florestais em área degradada no cerrado do Distrito Federal, observaram que até o início da estação seca as espécies apresentaram um bom desenvolvimento, porém com o avanço do período de seca, estas plantas cessaram seu crescimento. Acredita-se que a diminuição nas taxas de crescimento conforme o avanço da estiagem seja

uma estratégia desenvolvida por essas plantas para sobreviverem durante esse período. Dessa forma, pode-se inferir a influência dessa variável no crescimento de espécies arbóreas.

Em uma análise geral a respeito do crescimento e sobrevivência do cumaru, é possível constatar que esta espécie não dependeu do uso de cobertura do solo para seu estabelecimento em campo, no período e condições avaliadas, pois os resultados demonstraram um bom desempenho nesses aspectos. Embora os dados indiquem apenas crescimento e sobrevivência, pode-se inferir que o cumaru é uma espécie rústica e adaptada a períodos secos do verão amazônico

Desta forma, as vantagens adquiridas com o uso de cobertura morta para o crescimento desta espécie podem não superar os possíveis investimentos financeiros e de mão de obra, na fase inicial, utilizados para executar esta atividade. Segundo Kader *et al.* (2019), a aplicação de cobertura morta pode ser onerosa, pois requer a utilização de mão-de-obra, transporte, remoção de sedimentos e descartes. Por outro lado, um monitoramento com maior duração poderá trazer novas perspectivas da influência desta atividade em propriedades edáficas e no crescimento da espécie. Esta perspectiva aponta para a necessidade de uma nova vertente de investigação baseada no custo-benefício do uso de cobertura morta em projetos de reflorestamento.

Nesse contexto, a utilização do cumaru para projetos de reflorestamento pode ser uma opção vantajosa, que além das atividades mensais de poda e controle do mato-competição, que foram atividades executadas neste experimento, não é necessário investimentos maiores. Adicionalmente, o cumaru também pode atender demandas para a pesquisa florestal na Amazônia no que se refere a reflorestar áreas degradadas com espécies comercialmente atrativas e adaptadas a pleno sol (TONNI *et al.*, 2008).

4.3 ÁREA FOLIAR

4.3.1 Número de folhas de cumaru (NF) por tratamento

As plantas de cumaru monitoradas neste estudo apresentaram em média 21 folhas por planta e como uma folha é constituída em média por 6 folíolos o cumaru apresentou uma média de 125 folíolos por planta (TABELA 5).

TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DE FOLHAS E FOLÍOLOS POR PLANTA DE CUMARU EM ÁREA DE PLANTIO FLORESTAL EXPERIMENTAL PARA OS CINCO TRATAMENTOS COM COBERTURA DO SOLO

| Tratamento | Valor médio/tratamento | |
|---------------------------------|------------------------|----------|
| | Folhas | Folíolos |
| Testemunha | 23,33 a | 140,00 a |
| Resíduos vegetais | 22,67 a | 136,00 a |
| Ingá | 20,89 a | 125,33 a |
| Pseudocaulé de bananeira | 19,33 a | 116,00 a |
| Glicírcia | 17,67 a | 106,00 a |
| Média | 20,78 | 124,67 |

FONTE: O Autor (2023).

LEGENDA: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

A respeito dos valores médios por tratamento, foi possível observar que a testemunha foi o que apresentou maior média de folhas e folíolos e a gliricídia menor valor destas variáveis, ainda que não fosse identificada diferença estatística entre estes valores. A quantidade de folhas é um fator determinante para o desenvolvimento da planta, visto que este é o principal local onde é realizada a fotossíntese (ANDRADE *et al.*, 2013).

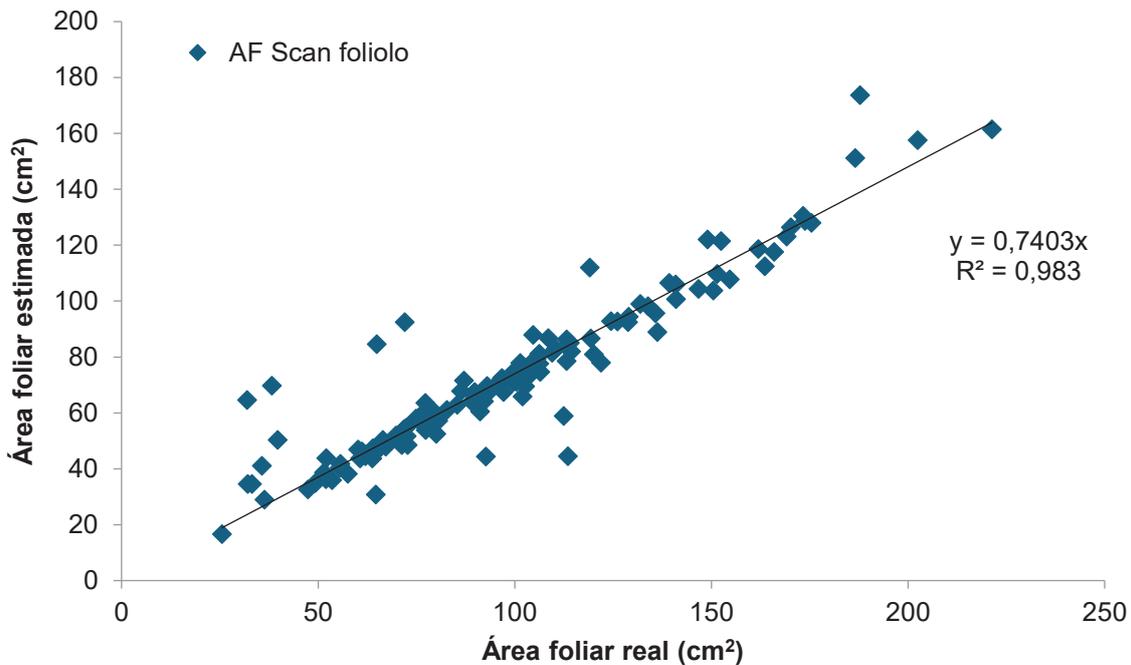
Desta forma, partindo do princípio de que quanto maior o número de folhas maior será a transpiração e a fotossíntese das plantas (SILVA *et al.*, 2014), assume-se que os tratamentos com cobertura morta no solo não aumentaram as taxas transpiratórias e fotossintéticas do cumaru, sendo a cobertura do solo, tomando-se como referência o período e local avaliado, considerada dispensável para estes fins.

Os tratamentos aplicados não conferiram as plantas monitoradas vantagens em relação ao aumento da quantidade de folhas, visto que o tratamento controle foi o que apresentou maior quantidade. Porém, estes resultados chamam a atenção pelo motivo de que o solo da testemunha apresentou um teor mais elevado de cálcio e magnésio e os solos cobertos com gliricídia menor quantidade destes elementos (Tabela 2). Segundo Andrade *et al.*, (2013), o aumento do número de folhas pode estar relacionado com elevados teores de cálcio e magnésio no substrato utilizado, sendo que o cálcio estimula emissão foliar e o magnésio garante a realização das atividades fotossintéticas da planta, aumentando o número e comprimento das folhas.

4.3.2 Estimativa da área foliar e área foliar específica

Ao se fazer a relação entre os dados de área foliar estimada e área foliar real (obtido através do programa *IMAGJ*), foi gerado um coeficiente de determinação (FIGURA 13).

FIGURA 13: RELAÇÃO ENTRE A ÁREA FOLIAR REAL E A ÁREA FOLIAR ESTIMADA DAS PLANTAS DE CUMARU



FONTE: O Autor (2023).

A estimativa da área foliar da folha de cumaru apresentou relação linear com a variável obtida pelo produto da largura vezes o comprimento da folha, em que, o coeficiente de determinação (R^2) foi igual a 98%. Desta forma foi gerado a seguinte equação com fator de correção para mensuração da área foliar do cumaru:

$$AF = C * L * f \quad (3)$$

Em que:

AF= Área Foliar, em cm²

C= comprimento da folha, em cm

L= largura da folha, em cm

f= Fator de correção gerado para o cumaru (0,7403)

Desta forma, pode-se afirmar que o modelo possibilita que a área foliar do cumaru seja calculada através do fator de correção gerado. Assim sendo, a fórmula estabelecida neste trabalho pode ser facilmente utilizada para o cálculo da área foliar sem a necessidade do procedimento de *scanner* e utilização de *software*, sendo necessário apenas o produto da largura e comprimento do limbo foliar para se obter esta variável.

Com a utilização do fator de correção foram calculadas a AF e a AFE por tratamento (TABELA 6). Os métodos de cobertura do solo não apresentaram diferença estatística para estas variáveis.

TABELA 6 - MÉDIAS DE ÁREA FOLIAR (AF) DO CUMARU COM FATOR DE CORREÇÃO E MÉDIAS DE ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA (AFE), APRESENTADAS POR TRATAMENTO DE COBERTURA

| Tratamento | Média de AF (m ² /planta) | Médias de AFE (m ² g ⁻¹) |
|--------------------------|--------------------------------------|---|
| Resíduos vegetais | 1,14 a | 1,15 a |
| Testemunha | 1,11 a | 1,28 a |
| Ingá | 0,81 a | 1,20 a |
| Pseudocaulé de bananeira | 0,76 a | 1,05 a |
| Gliricídia | 0,75 a | 0,96 a |
| Total geral | 0,91 | 1,13 |

FONTE: o autor (2023).

LEGENDA: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

Embora não tenham apresentado diferença estatística, o tratamento com resíduos vegetais foi o que apresentou a maior média de AF e AFE. Esperava-se que o tratamento com pseudocaulé de bananeira apresentasse maiores ganhos de área foliar, pelo motivo de este tratamento ter rendido melhores resultados referentes à fertilidade do solo, com altos níveis de fósforo e potássio depositados no solo (TABELA 2). Segundo Andrade *et al.* (2013), altos teores destes nutrientes podem favorecer o maior crescimento das folhas, com isto permitindo que plantas submetidas as estas condições tenham a capacidade de gerar maior área foliar. Diante do exposto, entende-se que estes resultados podem estar ligados a outros fatores, inclusive genéticos e de adaptação às condições de campo.

5 CONCLUSÃO

O estudo confirmou que *Dipteryx odorata* apresenta uma excelente taxa de sobrevivência de 100% e crescimento adequado para reflorestamento na Amazônia. Embora não tenha sido encontrada diferença estatística significativa no crescimento em diâmetro e altura entre os diferentes tratamentos, observou-se que o pseudocaule de bananeira e os resíduos vegetais apresentaram tendências de melhor desempenho.

A análise de área foliar das plantas de cumaru não revelou diferenças estatísticas relevantes entre os tratamentos, sendo que os resíduos vegetais apresentaram as maiores médias.

Em resumo, o cumaru demonstra ser uma espécie robusta e eficiente para projetos de reflorestamento. Embora a cobertura do solo não tenha mostrado impactos significativos no crescimento a curto prazo, a utilização de coberturas como pseudocaule de bananeira e resíduos vegetais pode proporcionar benefícios adicionais ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- ALMADA, A. P.; PINHEIRO JUNIOR, C. R.; PEREIRA, M. G.; REIS, I. M. S.; SOUSA, M. A.; PINTO, L. A. S. R.; SANTOS, O. A. Q. Characterization and classification of soils from an Amazonic Biome in western Pará. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 1, p. 1-8, 2021.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVED, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, A. P. *et al.* Estabelecimento inicial de plântulas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 37, p. 737-745, 2013.
- ASSIS, J. P. *et al.* Estimação da área foliar da jitiрана, *Merremia aegyptia* L. Urban, através de modelos de regressão para Mossoró, RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 14, 2015.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BRASIL, E. C.; CRAVO, M. dá S.; VIEGAS, I. de J. M. (ed.). **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. **rev. e atual.** Brasília, DF: Embrapa, 2020. 419 p.
- CAPUCHO, H. L. V. *et al.* Phenology of *Dipteryx odorata* and *Dipteryx punctata* in agroforestry systems in the eastern Amazon. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 64, 2021.
- CARNEVALI, N. H. *et al.* Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **Revista Floresta**, v. 46, n. 2, p. 277-286, 2016.
- CARVALHO, P. E. R. **Cumarú-Ferro *Dipteryx odorata***. Embrapa Florestas, Comunicado Técnico, n. 225, Colombo - PR, 2009. 8 p.
- CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) **Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 376p.
- CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém, PA (Brasil), 2007.
- DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, p. 383-390, 2005.
- DUBOC, E. Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado 2005. 173f. **Tese (Doutorado em**

Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

FASCELLA, G.; DARWICH, S.; ROUPHAEL, Y. Validation of a leaf area prediction model proposed for rose. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 73, n. 1, p. 73-76, 2013.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GUARÇONI, R. Efeitos múltiplos da cobertura morta do solo em cultivo orgânico de cenoura. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 7, n. 2, p. 24-30, junho, 2017.

FREIRE, J. L. de O. et al. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 82-91, 2014.

GONZAGA, A. L. **Madeira: uso e conservação**. Brasília, Distrito Federal. 2006. Disponível em: http://www.monumenta.gov.br/upload/Caderno%20Madeiraweb_1173383037.pdf. Acesso em abr de 2023.

HUNT, R. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. Springer Science & Business Media, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Quantidade produzida na extração vegetal (toneladas), por tipo de produto extrativo**. 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/289>. Acesso em: 15 de março de 2023.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de observação convencional, Belterra, PA, Brasil**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 27 de dezembro de 2022.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Informações sobre madeiras**. 2011. Disponível em: http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira. Acesso em: 07 nov. 2022.

IQBAL, R. et al. Potential agricultural and environmental benefits of mulches - a review. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 44, n. 1, p. 1-16, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s42269-020-0298-7>.

KADER, M. A. et al. Mulching as water-saving technique in dryland agriculture. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 43, n. 1, p. 1-6, 2019.

KADER, M. A. et al. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. **Soil and Tillage Research**, v. 168, p. 155-166, 2017.

KLUG, I. et al. Atributos químicos do solo em plantios florestais em substituição à vegetação nativa em campos de altitude. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 279-290, 2020.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. **Sustainability**, v. 7, n. 5, p. 5875-5895, 2015.

LAVANHOLE, D. F. et al. Estimativa de área foliar por meio de relações alométricas em *Aechmea blanchetiana* (Baker) LB SM sob distintas condições de luminosidade. Iheringia, **Série Botânica**, v. 73, n. 3, p. 363-373, 2018.

LIMA, E. M. et al. Crescimento inicial de espécies arbóreas nativas em solos degradados e com presença de plintita no Bioma Cerrado, Brasília–DF. **Nativa**, v. 6, p. 787-794, 2018.

LOPES, J. L. W. et al. Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 217-224, 2010.

MACHADO, M. R. et al. Silvicultural performance of five forest species in the central Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, v. 48, p. 10-17, 2018.

MACHADO, M. R. Plantios florestais na Amazônia Central: biometria, ciclagem bioquímica e alterações edáficas. **Dissertação** (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Amazonas, 2008. 65 p.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel Editora, 2002.

MATOS, R. et al. Características foliares e índice de colheita do rabanete irrigado com água residuária em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, 2015.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Revista Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.

MOTA, C. G. A produção florestal e agroflorestal do cumaru (*Dipteryx* spp.): estudo de caso em três regiões do estado do Pará. 2018. 146 f. **Tese (Doutorado em Ciências Florestais)** - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil. 2018.

MOTA, C. G. et al. O cultivo do cumaru como alternativa econômica para agricultores familiares: estudo de caso na região oeste do Pará. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e46511326732-e46511326732, mar. 2022.

NASSER, M. D. et al. Teores foliares de nutrientes em aceroleira cultivada com termofosfato e cobertura morta. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e50891110112-e50891110112, 2020.

NOGUEIRA, R. M. Utilização de pseudocaule de bananeira como cobertura morta de solos cultivados com laranjeira lima (*Citrus sinensis* Osbeck) e mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob manejo orgânico de produção. 2006. 92 f. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2006.

NOGUEIRA, W. L.; FERREIRA, M. J.; MARTINS, N. O. Estabelecimento inicial de espécies florestais em plantio para a recuperação de área alterada no Amazonas. **Revista Ciência Agrárias**, v. 58, n. 4, p. 365-371, 2015.

NUNES, Y. R. F. et al. Sobrevivência e crescimento de sete espécies arbóreas nativas em uma área degradada de floresta estacional decidual, norte de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 39, p. 801-810, 2015.

PEREIRA, J. S. et al. Avaliação do índice de sobrevivência e crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 138-148, 2012.

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.

PINHEIRO, K. A. O. et al. Potencial de espécies comerciais analisado pelo índice de valor de importância em área de exploração de impacto reduzido. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e16610212292-e16610212292, 2021.

PIRES, J. de F. N. Contribuição da cobertura morta de longo e curto prazo para melhoria do solo, absorção de nitrogênio e produtividade do milho. 2020. 58f. **Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia**, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

RAIJ, B. van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. **Bragantia**, v. 28, p. 85-112, 1969.

RÊGO, L. J. S. et al. Comercialização da amêndoa de cumaru nos municípios de Santarém e Alenquer, leste da Amazônia. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 8, n. 3, p. 338-361, 2016.

REIS, G. G. dos. **Análise de crescimento das plantas: mensuração do crescimento**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1978. 23 p.

RIBOLDI, J.; CZERMAINSKI, A. Estatística experimental: a evolução no planejamento e análise de experimentos em fruticultura. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 22., 2012, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: SBF, 2012.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 2, n. 1, p. 4-15, 1996.

ROVEDDER, A. P. M. et al. Compreensão e aplicabilidade do conceito de solo florestal. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 517-528, 2013.

SALVADOR, J. O. et al. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 787-796, 2000.

SANTOS, A. da S. Crescimento e fisiologia de mudas de *Myrocarpus frondosus* Allem. (Fabaceae) e *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. (Malvaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. 2016. 82 f. **Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais e Engenharia Florestal)** - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

SANTOS, E. H. et al. Avaliação do crescimento e indicadores de estresse em mudas de espécies arbóreas submetidas à deficiência hídrica. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 8, n. 2, p. 41-47, 2015.

SANTOS, P. L. . Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 237-245, 2012.

SANTOS, S. S. et al. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 549-552, 2012.

SILVA, A. F. et al. Produção e renda do componente arbóreo cumaru (*Dipteryx* spp.) em sistemas agroflorestais na região Oeste do Pará. In: Francisco, P. R. M.; Sá, T. F. F. de; Braga Júnior, J. M. (Orgs.). **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**. 3. ed. Campina Grande: EPGRAF, 2018, v. 1, p. 99-109.

SILVA, A.G. Utilização do pseudocaule de bananeira para produção de celulose e papel. 90 f. **Dissertação (M.S.)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1998.

SILVA, J. A. G. et al. Morfometria de plantios de *Dipteryx odorata* Aubl Willd (Cumaru) no Oeste do Pará. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 3, p. 1171-1180, 2020.

SILVA, S. O. P.; PAULETTO, D.; LOPES, L. S. S.; BALONEQUE, D. D. Variações microclimáticas e edáficas em sistemas silvipastoris no município de Belterra, Pará. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 4, n. 2, p. 78-86, mar./abr. 2021.

SILVA, S. S. et al. Crescimento do girassol com níveis de reposição hídrica e adubação potássica. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 2, p. 104-110, 2014.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba, 2015. 215 p.

SOBRAL L.F *et al.* **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; 2015.

SOUSA, B. C. M. *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. e *Dipteryx magnifica* (Ducke) Ducke (FABACEAE): caracterização fitoquímica quanto à presença de cumarina e atividades antifúngica e antibacteriana. 2017. 92 f. **Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia)** - Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2017.

SOUSA, I. R. L. et al. Decomposição de espécies utilizadas como adubação verde em sistema agroflorestal experimental, Santarém, Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 50-63, 2018.

SOUZA, P. F. Estudo do crescimento e estado nutricional de *Carapa guianensis* em sistemas de plantios em área degradada na Amazônia central. 2013. 58 f. **Dissertação** (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais) - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2013.

SUÁREZ, J. C.; CASANOVES, F.; DI RIENZO, J. Non-Destructive estimation of the leaf weight and leaf area in common bean. **Agronomy**, v. 12, n. 3, p. 711, 2022.

TONINI, H.; OLIVEIRA JUNIOR, M. M. C. de; SCHWENGBER, D. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. **Ciência Florestal**, v. 18, p. 151-158, 2008.

TRES, A. Classificação climática para o Brasil segundo as zonas de vida de Holdridge. 2016. 89 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)** - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

VENTUROLI, F. et al. Incremento de espécies arbóreas em plantio de recuperação de área degradada em solo de cerrado no Distrito Federal. **Biosci. J.**, v. 29, n. 1, p. 143-151, 2013.

VIANA, J. V. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas em áreas degradadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 15, n. 2, p. 139-143, 2019.

ZAU, M. D. L. et al. Avaliação das propriedades química, física e mecânica de painéis aglomerados produzidos com resíduo de madeira da Amazônia-Cumarú (*Dipteryx odorata*) e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Polímeros**, v. 24, p. 726-732, 2014.