

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ROSÉLIA OLIVEIRA MACIEL

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Samanea tubulosa* (Benth.)
Barneby & J.W. Grimes SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TÉRMICAS**

São Luís - MA

2025

ROSÉLIA OLIVEIRA MACIEL

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Samanea tubulosa* (Benth.)
Barneby & J.W. Grimes SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TÉRMICAS**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Aragão
Catunda

São Luís - MA

2025

ROSÉLIA OLIVEIRA MACIEL

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Samanea tubulosa* (Benth.)
Barneby & J.W. Grimes SOB DIFERENTES CONDIÇÕES TÉRMICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Agronomia da Universidade
Estadual do Maranhão como requisito para
obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Data da aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
PAULO HENRIQUE ARAGAO CATUNDA
Data: 08/01/2026 13:40:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Paulo Henrique Aragão Catunda (Orientador)
Universidades Estadual do Maranhão



Documento assinado digitalmente
TIAGO MASSI FERRAZ
Data: 08/01/2026 15:24:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Tiago Massi Ferraz
Universidades Estadual do Maranhão



Documento assinado digitalmente
PAULO ALEXANDRE FERNANDES RODRIGUES DI
Data: 08/01/2026 20:19:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo
Universidades Estadual do Maranhão

Maciel, Rosélia Oliveira

Qualidade fisiológica de sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.)
Barneby & J.W. Grimes sob diferentes condições térmicas. / Rosélia
Oliveira Maciel. – São Luis, MA, 2025.
35 fl.

Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual
do Maranhão, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Aragão Catunda

1.Bordão-de-velho. 2.Germinação. 3.Vigor. I.Título.

CDU: 631.53.01

Elaborado por Cássia Diniz - CRB 13/910

*Aos meus pais, Maria José O. Maciel e
João Batista Maciel, pelo amor e apoio
incondicional.
À minha querida avó Antônia da
Conceição Castro (in memoriam), ao
meu amado irmão
Alcino de Jesus O. Maciel (in memoriam)
A todos os que estiveram comigo ao
longo desta caminhada.*

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ser meu alicerce e refúgio constante. Foi Ele quem me deu forças nos momentos em que o cansaço parecia falar mais alto e esperança quando as dificuldades tentavam me desanimar. Sem sua presença, nada disso seria possível.

À minha querida mãe, Maria José, deixo os meus sinceros agradecimentos. Mãe, você é meu exemplo de fé, garra, dedicação, coragem e amor. Sua força e seu amor incondicional me sustentaram em todos os momentos. Cada palavra de incentivo, cada gesto de cuidado e cada sacrifício que você fez por mim. Obrigado por acreditar em mim.

Agradeço a minha família, meu filho Lukas Rafael, ao meu pai, João Batista, e aos meus irmãos, Raimunda, Regimeire, Regiane, Reginalma, Suelma, Alcimar, João Batista, Agostinho, Samuel, Genildo, Aurélio e Zildo. A presença de vocês, mesmo à distância, fez total diferença em cada momento dessa caminhada. Aos meus sobrinhos em especial a Gabi, Sara, Arthur e Marcos.

Aos meus amigos da faculdade, Antônia Edilaila Maria Cristina, Sara, Aline, Darlyara, Ellen, Rabelo, Roberto. Em especial a Josilene, Isabela, Gabriele, João Miranda, Alderir. Vocês tornaram essa caminhada mais leve e divertida. Foram risadas, conversas e companheirismo que fizeram toda diferença nessa trajetória.

Ao meu orientador, Dr. Paulo Henrique Catunda, pela orientação, pelo incentivo, confiança e apoio ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos do laboratório de sementes florestais, Manu, Ane, Régilla e Hellen Araújo por toda a contribuição na elaboração deste trabalho, a contribuição de vocês foi essencial para a conclusão deste trabalho.

Gostaria de expressar minha mais sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, meu mais sincero agradecimento.

Provérbios 16:3

"Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos."

RESUMO

A conservação e o manejo sustentável de espécies florestais nativas são fundamentais para a manutenção da biodiversidade e a recuperação de áreas degradadas no Brasil. Logo considerando o potencial da espécie para reabilitação de áreas degradadas, a proposta tem por Objetivo avaliar a influência de diferentes temperaturas na germinação de sementes e crescimento inicial das plântulas de *Samanea tubulosa* (Benth) Barneby & J. W. Grimes. O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Estadual do Maranhão, utilizando sementes coletadas na faixa de proteção do reservatório da usina hidrelétrica de Estreito – MA. A superação da dormência das sementes foi realizada por escarificação e em seguida a desinfestação. O teste de germinação foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes, sob temperaturas de 25, 30, 35, 40 e 45° C em câmaras de germinação. Com fotoperíodo de 12/12 luz e escuro. Foram avaliados os parâmetros germinativos, morfológicos e fisiológicos. Os resultados demonstraram que a germinação foi mais rápida e uniforme entre 30 e 35 °C. O crescimento inicial também foi favorecido nessas condições. Enquanto em 40 °C, houve redução significativa do desenvolvimento das plântulas, e em 45°C, os efeitos foram ainda mais expressivos, com severa redução na velocidade de germinação e no crescimento. A análise dos pigmentos fotossintéticos indicou maiores concentrações de clorofila *a* e carotenoides a 35 °C, com redução acentuada a 40 °C. A *S. tubulosa* apresentou bom desempenho germinativo e fisiológico e com maior vigor germinativo, crescimento inicial e síntese de pigmentos entre 30 e 35 °C. Já a partir de 40 °C houve queda acentuada no desempenho fisiológico, indicando limiar de estresse.

Palavras-chave: bordão-de-velho; germinação; vigor

ABSTRACT

The conservation and sustainable management of native forest species are essential for maintaining biodiversity and restoring degraded areas in Brazil. Considering the potential of the species for the rehabilitation of degraded environments, this study aimed to evaluate the influence of different temperatures on seed germination and early seedling growth of *Samanea tubulosa* (Benth) Barneby & J. W. Grimes. The experiment was conducted at the Forest Seed Laboratory of the State University of Maranhão, using seeds collected from the protection zone of the Estreito hydroelectric power plant reservoir in Maranhão, Brazil. Seed dormancy was overcome by scarification followed by disinfestation. The germination test was carried out in a completely randomized design, with four replications of 25 seeds, under temperatures of 25°C, 30°C, 35°C, 40°C, and 45°C in B.O.D. chambers with a 12-hour photoperiod. Germinative, morphological, and physiological parameters were evaluated. The results showed that germination was faster and more uniform between 30 and 35°C. Early growth was also favored under these conditions. At 40 °C, a significant reduction in seedling development was observed, and at 45 °C the effects were even more pronounced, with a severe decrease in germination speed and growth. The analysis of photosynthetic pigments indicated higher concentrations of chlorophyll a and carotenoids at 35 °C, with a marked reduction at 40 °C. *S. tubulosa* demonstrated broad thermal tolerance, with greater germination vigor, initial growth, and pigment synthesis between 30 and 35 °C. However, from 40 °C onward, there was a sharp decline in physiological performance, indicating a stress threshold.

Keywords: monkeypod tree; germination; vigor

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Índice de velocidade de germinação (A) tempo médio de germinação (B) primeira contagem (C) e plântulas normais, (D) plântulas anormais em sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes submetidas a diferentes variações de temperaturas..... 20

Figura 2. Representação visual de plântulas de *Samanea tubulosa* submetidas a diferentes variações de temperaturas aos 14 dias após a semeadura 23

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância para as variáveis de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), primeira contagem (PC), plântulas anormais (PAN) plântulas normais (PN) em sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes submetidas a diferentes variações de temperaturas..... 19
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para as variáveis de comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CRA), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) em sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes submetidas a diferentes variações de temperaturas. 22
- Tabela 3.** Valores médios de comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CRA), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRA) de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes submetidas a diferentes variações de temperaturas..... 23
- Tabela 4.** Concentração de pigmentos fotossintéticos ($\mu\text{g cm}^{-2}$) em *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes submetidas a diferentes variações de temperatura 24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Espécie <i>Samanea tubulosa</i> (Benth) Barneby & J. W. Grimes.....	13
3.2 Importância da qualidade fisiológica de sementes florestais.....	13
3.3 Germinação de sementes: fundamentos fisiológicos.....	14
3.4. Efeito da temperatura sobre a germinação, o vigor de sementes e crescimento inicial de plântulas	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 Coleta das sementes	16
4.2 Avaliação da qualidade fisiológica	17
4.3 Análise estatística.....	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
6. CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A conservação e o manejo sustentável de espécies florestais nativas são fundamentais para a manutenção da biodiversidade e a recuperação de áreas degradadas no Brasil (Silva *et al.*, 2023). Entre essas, espécies da família Fabaceae, como *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes, desempenham papéis ecológicos essenciais, incluindo a fixação biológica de nitrogênio, enriquecimento do solo e fornecimento de recursos alimentares e habitat para a fauna (Pérez-Márquez *et al.*, 2025). A *S. tubulosa* é uma espécie arbórea nativa do Brasil, com ocorrência nos domínios Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (Flora e Funga do Brasil, 2025). Essa ampla distribuição indica elevada plasticidade ecológica, abrangem desde ambientes úmidos até formações com marcada sazonalidade hídrica (Carvalho, 2007; Cipriani *et al.*, 2023), reforçando seu potencial em programas de restauração florestal e recomposição de áreas degradadas.

Além do papel ecológico da espécie, a mesma apresenta aplicações econômicas relevantes, incluindo arborização urbana, recuperação de pastagens e fornecimento de madeira e forragem (Campos Filho; Sartorelli, 2015). O sucesso de programas de reflorestamento e conservação, tanto *in situ* quanto *ex situ*, está intrinsecamente ligado ao entendimento dos processos de germinação e viabilidade de suas sementes, fatores determinantes para a regeneração natural e estabelecimento inicial das plântulas (Baskin; Baskin, 2014).

A germinação constitui uma fase crítica no ciclo de vida das plantas, sendo determinante para o sucesso do estabelecimento inicial em campo (Marcos-Filho, 2015). O desempenho germinativo está diretamente relacionado à qualidade fisiológica da semente, a qual é influenciada por fatores intrínsecos, como a maturidade e integridade do embrião, e fatores extrínsecos, como disponibilidade de água, luz e temperatura (Finch-Savage; Bassel, 2016). Entre estes, a temperatura se destaca como um dos principais reguladores da germinação, atuando no controle da atividade enzimática, na mobilização de reservas e na velocidade dos processos metabólicos (Dürr *et al.*, 2015; Correa *et al.*, 2021).

De modo geral, cada espécie apresenta uma faixa térmica ótima, dentro da qual as reações bioquímicas ocorrem de forma eficiente, promovendo maior velocidade e uniformidade na germinação (Daibes *et al.*, 2019). Quando submetidas a condições extremas, as sementes podem sofrer redução da atividade enzimática, instabilidade fisiológica e menor taxa de emergência, comprometendo o vigor das plântulas (Marcos-Filho, 2015). Estudos recentes com espécies florestais tropicais têm demonstrado que pequenas variações de temperatura podem resultar em diferenças significativas na germinação e no crescimento inicial, evidenciando a

importância de se determinar as condições mais adequadas para cada espécie (Martins *et al.*, 2022; Maruyama *et al.*, 2024).

Nas espécies amazônicas, as concentrações de clorofila e carotenoides são maiores durante a estação chuvosa, particularmente nas folhas sombreadas, destacando seu papel na captura de luz e adaptação às variações de precipitação (Morais *et al.*, 2007).

Apesar da importância de *S. tubulosa* e da relevância do fator temperatura sobre a germinação, ainda são escassos os estudos que avaliam de forma sistemática a viabilidade de suas sementes sob diferentes condições térmicas. Nesse contexto, torna-se necessário investigar a resposta germinativa da espécie em distintas temperaturas, a fim de identificar a faixa mais adequada para o desencadeamento eficiente do metabolismo germinativo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência de diferentes temperaturas na germinação de sementes e crescimento inicial das plântulas de *Samanea tubulosa* (Benth) Barneby & J. W. Grimes.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar a qualidade física inicial das sementes de *S. tubulosa* por meio da avaliação do teor de água e do peso de mil sementes;
- Avaliar o efeito de diferentes temperaturas sobre a germinação e o vigor das sementes de *S. tubulosa*.
- Avaliar o crescimento inicial e a produção de biomassa de plântulas de *S. tubulosa* sob diferentes condições térmicas;
- Avaliar a concentração dos pigmentos fotossintéticos em plântulas de *S. tubulosa* em diferentes temperaturas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Espécie *Samanea tubulosa* (Benth) Barneby & J. W. Grimes

A *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes, conhecida popularmente como sombreiro, timbaúba, sete-cascas, bordão-de-velho, é uma espécie arbórea de grande porte pertencente à família Fabaceae, podendo atingir de 20 a 28 m de altura e apresentar ampla distribuição natural no Cerrado e em áreas de transição para a Floresta Amazônica (Lorenzi, 2009; Flora e Funga do Brasil, 2025).

Seus frutos são do tipo legume sésil, indeiscente, contendo de 5 a 31 sementes envoltas por polpa carnosa, adocicada e aromática, o que favorece a dispersão zoocórica, principalmente por bovinos e outros mamíferos frugívoros. As flores são hermafroditas, vistosas e ricas em néctar, com polinização predominantemente realizada por abelhas e pequenos insetos (Carvalho, 2007).

A espécie apresenta dormência tegumentar, característica recorrente entre as Fabaceae, o que requer a adoção de tratamentos pré-germinativos para favorecer a embebição e o início do processo germinativo. Entre os métodos utilizados, a escarificação química e a mecânica têm se mostrado eficientes na superação da dormência, resultando em maior porcentagem de emergência e em plântulas mais vigorosas (Giachini *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2012). Além disso, o uso de substratos adequados, como a bagana de carnaúba ou a vermiculita, tem contribuído para o aumento do vigor e da germinação das sementes (Costa *et al.*, 2021).

Além de seu potencial ecológico e silvicultural, a espécie apresenta relevância fitoquímica, uma vez que análises de seus extratos indicam a presença de alcaloides, saponinas, flavonoides, taninos, flavonas, flavanonas, flavonóis e catequinas, compostos de reconhecida importância biológica (Araújo *et al.*, 2015). É uma espécie estratégica para reflorestamento e recuperação ambiental devido à rusticidade, boa germinação e vigor rápido quando produzida em condições ideais de viveiro (Ferreira *et al.*, 2022).

3.2 Importância da qualidade fisiológica de sementes florestais

A qualidade fisiológica é crucial para o sucesso da germinação e do estabelecimento de plântulas, impactando os esforços de restauração ecológica. A viabilidade corresponde a capacidade que a semente possui de germinar e originar uma muda saudável. Esses atributos são avaliados por meio de testes específicos, como o teste de tetrazólio, um teste bioquímico que permite estimar níveis de viabilidade das sementes (Quintana *et al.*, 2023).

O vigor é a capacidade de a semente originar uma plântula saudável, mesmo sob condições adversas, sendo essencial para a produção de mudas robustas e resistentes (Carvalho; Nakagawa, 2012). Sementes com alta qualidade fisiológica tendem a apresentar maior taxa de sobrevivência e melhor crescimento das plântulas, essenciais para restauração do habitat. Os fatores que influenciam o vigor incluem o tamanho da semente, o teor de água e a variabilidade genética (Araújo *et al.*, 2023)

Avaliar sementes sob condições ambientais variadas ajuda a identificar as espécies mais adequadas para locais de restauração específicos, aumentando a biodiversidade e resiliência do ecossistema, entender como as sementes respondem a diferentes condições pode informar melhores práticas de manejo e melhorar os resultados da restauração (Mataruga *et al.*, 2021). Analisar esses atributos fisiológicos sob condições ambientais variáveis é essencial, pois fatores como o teor de água e a morfologia das sementes podem afetar, ainda, a germinação e o sucesso da emergência, como demonstrado em estudos com espécies nativas como *Cassia grandis* Linnaeus f. (Cássia-rosa) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (tamboril) (Jesus *et al.*, 2020).

3.3 Germinação de sementes: fundamentos fisiológicos

A germinação é um processo fisiológico complexo que envolve a ativação das reservas da semente e o crescimento da plântula a partir do embrião. Processo que depende de diversas reações metabólicas, as quais estão diretamente relacionadas à atividade enzimática e exigem condições específicas de temperatura (Marcos Filho, 2015). O processo germinativo ocorre em três fases fisiológicas distintas: a semente absorve água de forma rápida durante a embebição; em seguida ocorre a fase de reativação metabólica, caracterizada pela retomada da respiração, síntese de proteínas e reorganização celular; e por fim, a protrusão radicular ocorre quando o embrião cresce e rompe os tecidos que o envolvem, completando a germinação (Taiz *et al.*, 2024).

A germinação é influenciada por fatores internos e externos, como umidade, luz, oxigênio, tipo de substrato e temperatura, exercem influência direta sobre a germinação, a ausência desses fatores pode comprometer ou até impedir o desenvolvimento da plântula (Carvalho; Nakagawa, 2012). Entre esses fatores, a disponibilidade hídrica constitui um determinante crítico para a germinação, crescimento e o desenvolvimento das plantas (Silva *et al.*, 2016). A água se destaca por ser essencial à ativação de enzimas e à retomada do metabolismo durante as fases iniciais da germinação (Leal *et al.*, 2020).

A luz atua como um regulador da germinação, por meios dos fitocromos, fotorreceptores sensíveis às faixas de vermelho e vermelho-distante (Farooq *et al.*, 2022). Esse mecanismo é crucial para que a semente "saiba" se está em um ambiente favorável para o crescimento, como sob a luz solar direta (vermelho), ou sob a sombra (vermelho-distante), onde a germinação pode não ser viável (Barnwell *et al.*, 2025). Os pigmentos modulam vias metabólicas hormonais onde controlam a superação da dormência, balanço entre ácido abscísico e giberelinas (Farooq *et al.*, 2022).

A temperatura desempenha papel fundamental na germinação e no vigor das sementes florestais, sendo que as condições ideais variam conforme a espécie e o ambiente de origem (Carvalho; Nakagawa, 2012; Oliveira *et al.*, 2019), com a capacidade de afetar a taxa de germinação, facilitar o alívio da dormência primária e secundária da semente e provocar o início da dormência secundária (Bewley; Black, 1994). Variações na temperatura e no potencial hídrico do substrato afetam significativamente tanto o percentual quanto a velocidade de germinação, podendo alterar a capacidade de estabelecimento e, conseqüentemente, o sucesso de programas de restauração ecológica em ambientes tropicais (Oliveira *et al.*, 2019).

3.4. Efeito da temperatura sobre a germinação, o vigor de sementes e crescimento inicial de plântulas

Cada espécie possui uma temperatura mínima, ótima e máxima, as quais desempenham papel fundamental na compreensão dos limites fisiológicos que determinam a germinação das sementes. A temperatura ideal é aquela que resulta na maior taxa de germinação em um tempo reduzido, sendo que a germinação mais rápida ocorre em temperaturas superiores às que garantem a maior percentagem (Menezes, *et al.*; 2017). As condições térmicas se aproximam da faixa ótima, ocorrem maior alongamento celular, expansão foliar e melhor alocação de assimilados, favorecendo um crescimento mais vigoroso.

Em relação aos efeitos da temperatura, é importante destacar os impactos quando ela se afasta da faixa considerada ideal. Em temperaturas mínimas, o metabolismo permanece lento e insuficiente para promover a emergência da radícula; nas máximas, ocorre desaceleração metabólica e danos celulares; e dentro da faixa ótima as enzimas, hormônios e processos fisiológicos atingem máxima eficiência, permitindo germinação rápida e uniforme (Loo *et al.*, 2022). Temperaturas elevadas também afetam de maneira expressiva a arquitetura do sistema radicular. Estudos indicam que o aquecimento modifica a forma, o volume e a

distribuição das raízes, além de intensificar interações competitivas entre plântulas jovens e alterar padrões de absorção de água e nutrientes (Luo *et al.*, 2020).

O estresse térmico compromete processos essenciais e reduz o vigor das plântulas, controla o tempo, a velocidade e a uniformidade de emergência, influenciando o sucesso do estabelecimento em campo. Diferenças na tolerância térmica entre espécies e genótipos repercutem nos índices de vigor e nas trajetórias de crescimento pós-emergência (Piotrowsk *et al.*, 2024). As faixas térmicas adequadas promovendo desenvolvimento vigoroso e extremos resultando em inibição do crescimento. Espécies distintas apresentam respostas fisiológicas e padrões de crescimento variados às oscilações térmicas, incluindo diferenças no ótimo térmico, na distribuição de biomassa e no desenvolvimento fenológico (Reis *et al.*, 2021).

A temperatura ainda modula as taxas de germinação, porcentagens e padrões de mobilização de reservas essenciais para o estabelecimento de plântulas. Há janelas de temperatura ideais para hidrólise eficiente das reservas armazenadas e fornecimento de energia durante a germinação, com o estresse térmico prejudicando esses processos e afetando o vigor das plântulas. (Maruyama *et al.*, 2024)

A qualidade fisiológica e o vigor das sementes desempenham papel central no sucesso da germinação e no estabelecimento inicial sob condições de estresse térmico. Destacando as relações entre índices de vigor, eficiência na mobilização de reservas e crescimento subsequente das plântulas, além da relevância do manejo adequado das sementes e do uso de bioestimulantes para atenuar efeitos adversos da temperatura. (Felix *et al.*, 2021). A exposição a temperaturas abaixo ou acima da faixa ideal altera profundamente esses processos fisiológicos e estruturais (Ribeiro *et al.*, 2023)

A partir desses efeitos iniciais, torna-se essencial compreender como temperaturas extremas podem comprometer ou intensificar etapas subsequentes do processo germinativo (Gomes *et al.*, 2023). As variações térmicas impactam não apenas a germinação, mas também o desenvolvimento morfofisiológico das plântulas. (Silvia *et al.*, 2024).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta das sementes

As sementes de *S. tubulosa* foram coletadas em agosto de 2024 a partir de plantas matrizes georreferenciadas a partir de expedições de campo na faixa de proteção do reservatório da usina hidrelétrica no município de Estreito – MA (6° 58' 50" S e 47° 45' 39" W). Os frutos

maduros foram coletados de duas formas: diretamente das árvores, com o auxílio de um podão, e da superfície do solo, sob a projeção das copas. Em seguida, foram submetidos à maceração em pilão para a remoção manual das sementes. Após a extração, as sementes foram mantidas à sombra para secagem natural por 48 horas. Após o beneficiamento, as sementes foram homogeneizadas e acondicionadas em garrafas PET e transportadas para o Laboratório de Sementes Florestais (LABSF) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), onde ficaram armazenadas em ambiente de laboratório ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ e $50 \pm 3\%$ de UR) até o início dos experimentos.

4.2 Avaliação da qualidade fisiológica

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais da UEMA, campus São Luís – MA, seguindo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 25 sementes, para cinco tratamentos térmicos (25, 30, 35, 40 e 45°C). Inicialmente foram realizadas as seguintes análises: Peso de mil sementes (g), determinada pela contagem e pesagem de oito subamostras de 100 sementes, provenientes da porção semente pura de cada lote (Brasil, 2009); Grau de umidade (%), determinado pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 horas, com base no peso úmido das mesmas, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), com duas repetições de 25 sementes.

As sementes foram submetidas ao tratamento de superação de dormência, por meio da escarificação mecânica com lixa nº 80, aplicada no lado oposto ao hilo. Em seguida, realizou-se a desinfestação superficial das sementes utilizando solução de hipoclorito de sódio a 2%, por três minutos, seguida de lavagem com água destilada. As sementes foram semeadas em profundidade de 1,0 cm, em bandejas plásticas (44 x 28 x 8 cm), contendo vermiculita, previamente esterilizada em autoclave a uma temperatura de 120°C , e umedecida com quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de retenção. A manutenção do substrato se deu por meio de irrigações diárias de 500ml de água destilada, sendo posteriormente mantidas em câmaras de germinação tipo B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*), considerando um fotoperíodo de 12 horas luz e noite.

A primeira contagem de germinação das sementes foi feita computando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas no 7º dia após a semeadura. O índice de Velocidade de Germinação (IVG) – foi determinado mediante a contagem diária de plântulas que apresentavam cotilédones acima do substrato e foi calculado por meio da fórmula proposta por Maguire (1962).

$$\text{IVG} = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn), \text{ em que:}$$

G1, G2 e Gn – número de sementes germinadas por dia N1,

N2 e Nn – número de dias após a implantação do teste

A avaliação final do teste de germinação foi realizada contabilizando o número de plântulas normais no 14º dia após a semeadura, no qual o resultado de germinação foi expresso em porcentagem. Com um auxílio de um paquímetro digital, foram realizadas as medições do comprimento da parte aérea (PA) e de raiz (RA) das plântulas normais formadas, escolhendo aleatoriamente dez plântulas de cada repetição, realizando posteriormente uma média entre os valores por repetição, conforme metodologia descrita por (Nakagawa, 1999).

As mesmas plântulas selecionadas para as medições de PA e RA foram utilizadas para realização da análise da biomassa fresca. As quais foram pesadas em balança analítica. Em seguida, as amostras foram colocadas em sacos de papel tipo kraft e levadas para secar na estufa a 65°C, durante 48h, para obtenção dos valores de massa seca (g), conforme Nakagawa (1999), as quais, posteriormente, foram pesadas em balança analítica.

Os teores de pigmentos fotossintéticos foram determinados por meio do método espectrofotométrico de extração com o solvente orgânico dimetilsulfóxido (DMSO) (Santos *et al.*, 2008). Para isso, foram retirados três discos de 3 mm de diâmetro da terceira folha completamente expandida das plântulas, sendo acondicionados em tubos de ensaio contendo 3 mL da solução de DMSO, e mantidos no escuro por 48 horas, em temperatura de 25°C. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (BEL *Engineering*, UV-M51 UV/Vis *Spectrophotometer*) nas absorvâncias de 480, 649 e 665 nm (WELLBURN, 1994). Os teores de clorofila e carotenoides foram calculados de acordo com as equações de Wellburn (1994):

$$\text{Clorofila } a \text{ (}\mu\text{gml}^{-1}\text{)} = 12.19A_{665} - 3.45A_{649}$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (}\mu\text{gml}^{-1}\text{)} = 21.99A_{649} - 5.32A_{665}$$

$$\text{Carotenoides (}\mu\text{gml}^{-1}\text{)} = 1000A_{480} - 21.14 \text{ clorofilas } a - 70.16 \text{ clorofilas } b) / 220$$

4.3 Análise estatística

A normalidade foi testada pelo teste de Shapiro Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett, por meio do software estatístico Assistat 7.7 Beta (Silva; Azevedo, 2016). Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os dados da variável plântulas anormais foram transformados para $\arcsin \sqrt{x/100+0,5}$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grau de umidade das sementes de *S. tubulosa* foi de 10,6% e o peso de mil sementes (PMS) foi de 72,30 g, valores que indicam uma condição física inicial aceitável para o estudo, o que é comum com sementes ortodoxas. A espécie apresenta dormência tegumentar, o que faz com que a umidade inicial seja um parâmetro importante para interpretar o comportamento fisiológico das sementes (Giachini *et al.*, 2010).

Estudo realizado com a mesma espécie mostram que o PMS de aproximadamente 69 g para sementes pequenas e até 119 g para sementes grandes, evidenciando alta variabilidade natural relacionada à maturação e diferenças entre matrizes (Turazzi *et al.*, 2021). Assim, o valor obtido se enquadra dentro da faixa esperada para a espécie e indica sementes com reservas adequadas para o estabelecimento inicial.

Os resultados mostram que o fator temperatura não teve efeito significativo sobre as variáveis germinação (G), primeira contagem (PC) e plântulas anormais (PAN), pois os valores de quadrados médios desses parâmetros não diferiram estatisticamente (ns), já para as variáveis índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e plântulas normais (PN) houve efeito significativo ($p < 0,01$).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), primeira contagem (PC), plântulas anormais (PAN) plântulas normais (PN) em sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes submetidas a diferentes variações de temperaturas.

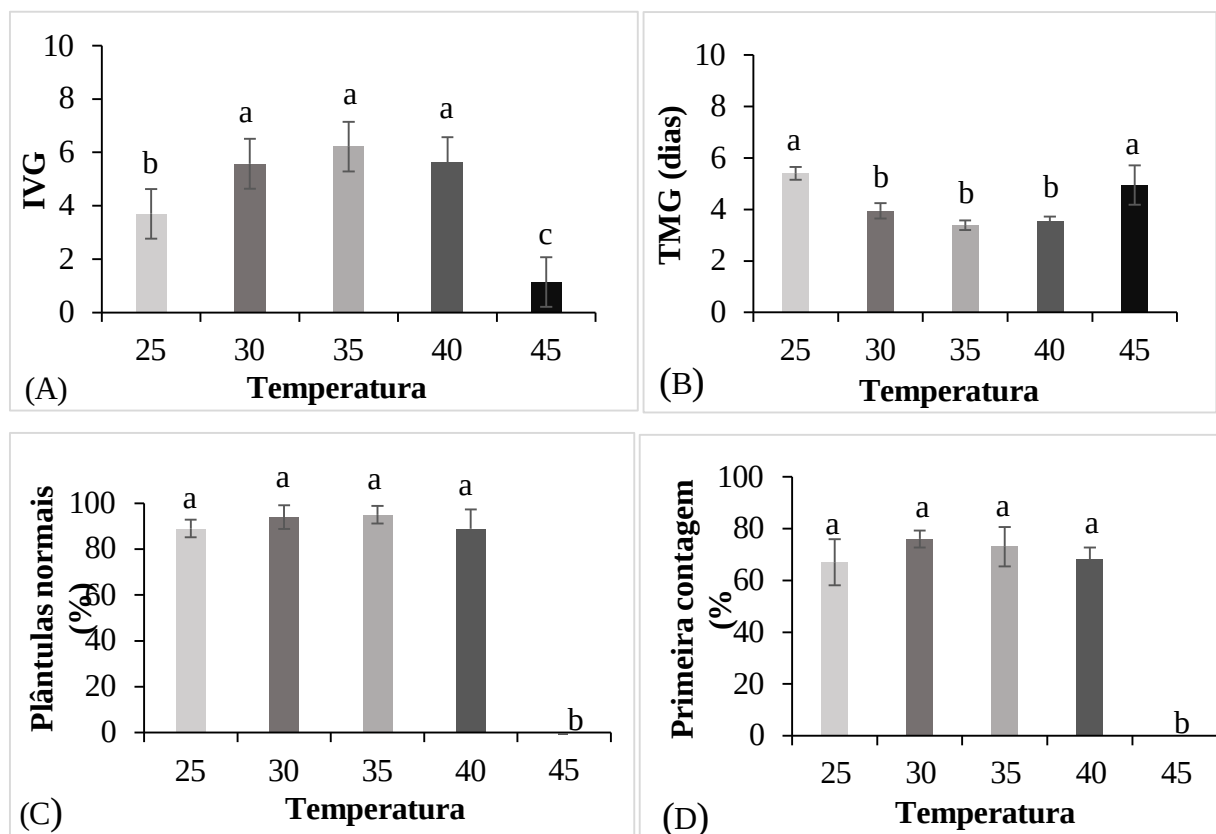
Quadrados médios							
Fontes de variação	GL	G%	IVG	TMG	PC	PAN	PN
Tratamentos	3	153,00 ^{ns}	4,7816 ^{**}	3.3813 ^{**}	72,00 ^{ns}	0,0179 ^{ns}	1,3924 ^{**}
Resíduo	12	41,00	0,2785	0.0539	42,00	0,0215	0,0172
CV (%)		9.05	9.99	5.71	9.13	19.38	8.47

^{ns} = não significativo ^{**} = significativo a 1% e ^{*} = significativo a 5%, de probabilidade pelo teste Tukey; CV = coeficiente de variação.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

As temperaturas testadas exerceram influência significativa sobre o índice de velocidade de germinação (IVG) e apresentou seus maiores valores nas temperaturas de 30, 35 e 40°C, que variaram entre 6,0 e 6,5, sem diferenças significativas entre si. A 25°C, o IVG foi inferior, atingindo cerca de 3,5 e 45°C aproximadamente 1,0. O tempo médio de germinação (TMG) a 25°C, observou-se cerca de 5,5, enquanto nas temperaturas de 30, 35 e 40°C, os valores variaram entre 3,5 e 4,0, caracterizando germinação mais rápida, temperatura de 45°C aumentou o TMG para aproximadamente 5,0 dias, evidenciando atraso na germinação nas sementes de *S. tubulosa* (Figura 1).

Figura 1. Índice de velocidade de germinação (A) tempo médio de germinação (B) primeira contagem (C) e plântulas normais, (D) plântulas anormais em sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes submetidas a diferentes variações de temperaturas.



Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As barras representam o desvio padrão da média.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A temperatura de 35°C promoveu um dos maiores Índices de Velocidade de Germinação (IVG) e a maior porcentagem de Plântulas Normais, sugerindo ser a temperatura

ideal para a espécie (Figura 2). Em estudos anteriores com a própria *S. tubulosa*, as temperaturas de 25, 30 e 35°C foram as mais favoráveis para a germinação (Brancalion *et al.*, 2010). A temperatura ótima para a germinação da maioria das espécies arbóreas brasileiras, especialmente aquelas de regiões tropicais e subtropicais, ocorre entre 25 a 35°C (Nogueira *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2024).

Esse vigor e velocidade do processo germinativo, como os parâmetros IVG e a Primeira Contagem, são essenciais para o estabelecimento de plântulas no campo, pois refletem a capacidade das sementes de germinar rapidamente e de forma uniforme, avaliar essas informações é importante para manejo das áreas nativas, restaurar ou recuperar as áreas degradadas (Ranal *et al.* 2023). A seleção de locais para plantio deve considerar as temperaturas ideais identificadas, uma vez que estudos com espécies do Cerrado demonstram que a germinação é altamente dependente dos limites térmicos específicos de cada espécie, com temperaturas ótimas entre 30–35°C e temperatura teto variando até cerca de 50°C (Dürr *et al.*, 2021). O menor TMG observado entre 25° e 40°C demonstra que o processo germinativo é rápido, um fator de sobrevivência em ambientes onde a disponibilidade de água pode ser de curta duração.

Os resultados obtidos confirmam que a temperatura exerce papel determinante no desempenho germinativo, comportamento amplamente reconhecido para espécies florestais tropicais. De acordo com Daibes *et al.*, (2019), diversas espécies amazônicas apresentam germinação acelerada sob condições térmicas elevadas, especialmente próximas de 35, 40°C. A redução do IVG e o aumento do TMG observados a 25°C refletem um quadro típico de temperaturas subótimas, semelhante ao relatado com a espécie *Cedrela fissilis* vell, onde temperaturas abaixo do ótimo retardaram a germinação e prolongaram o tempo médio necessário para a emergência, sugerindo menor eficiência metabólica e enzimática, etapas essenciais para o início da embebição e protrusão da radícula (Oliveira *et al.* 2014; Luo *et al.* 2022).

Nas faixas intermediárias 30 a 40°C, a germinação ocorreu de forma mais rápida e com alta proporção de plântulas normais, padrão semelhante ao estudo de Nogueira *et al.*, (2014) com *Dalbergia cearensis*, cuja germinação foi maximizada na faixa de 25–35°C, destacando a sensibilidade térmica positiva típica de espécies. O declínio acentuado a 45°C sugere que esta temperatura ultrapassa o limite térmico superior para a espécie, causando danos irreversíveis ao embrião ou ao metabolismo da semente. Temperaturas excessivamente altas podem levar à desnaturação de enzimas essenciais para o processo germinativo, à inativação de

proteínas e ao acúmulo de metabólitos tóxicos, resultando em morte celular ou na produção de plântulas anormais Marcos-Filho (2015).

Espécies como *Mimosa tenuiflora* (Mart.) Benth. Já apontam para a sensibilidade ao estresse térmico, onde a germinação e o vigor das sementes sofrem redução a partir de 30°C (Cunha *et al.*, 2021). A redução na germinação e não formação de plântulas normais a 45°C evidencia que essa temperatura excede o limite fisiológico tolerável pela espécie (Santos *et al.* 2009; Reis *et al.*, 2021) que demonstraram que temperaturas superiores a 40°C provocam danos celulares, reduzem a viabilidade e comprometem a germinação de grande parte das espécies arbóreas brasileiras. Esses achados não apenas confirmam a sensibilidade térmica das espécies tropicais, mas também destacam a necessidade de considerar as condições térmicas em estratégias de manejo e conservação.

As variáveis de crescimento e os teores de pigmentos fotossintéticos não foram avaliados no tratamento a 45 °C, uma vez que essa condição térmica resultou em baixa porcentagem de germinação e formação insuficiente de plântulas normais, o que impossibilitou a obtenção de biomassa e de parte aérea adequadas para as análises morfológicas e fisiológicas.

A análise de variância demonstrou que todas as variáveis relacionadas ao crescimento inicial das plântulas de *S. tubulosa* foram significativamente afetadas pelas diferentes temperaturas testadas. Os resultados mostram que houve efeito significativo dos tratamentos sobre comprimento da parte aérea (CPA), comprimento parte área (CRA), massa seca parte área (MSPA) e massa seca da raiz (MSR), com níveis de significância variando entre 1% e 5%. Apenas o diâmetro do coleto (DC) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis de comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CRA), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) em sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes submetidas a diferentes variações de temperaturas.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		CPA	CRA	DC	MSPA	MSR
Tratamentos	3	52,2721**	87,3935**	0,3634**	0.00009*	0,00001**
Resíduo	76	0,7722	1,1715	0,0218	0.00003	0,0000
CV (%)		9,89	17,79	11,05	16,45	22,19

^{ns} = não significativo ** = significativo a 1% e * = significativo a 5%, de probabilidade pelo teste Tukey; CV = coeficiente de variação.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Conforme observado na Figura 2, há diferenças no crescimento das plântulas entre os tratamentos. O comprimento da parte aérea (CPA) apresentou valores mais elevados a 35 (10,33 cm) de 30 e 25 °C, enquanto a 40 °C houve queda acentuada (6,59 cm). O comprimento da raiz (CRA) seguiu padrão semelhante, com desempenho superior entre 30 e 35 °C e redução significativa a 40 °C. O diâmetro do coleto (DC) não diferiu entre as temperaturas, situando-se entre 1,13 e 1,42 mm. A massa seca da parte aérea (MSPA) variou entre 0,028 e 0,033 g, sem grandes diferenças entre os tratamentos, embora os maiores valores tenham ocorrido em 25 e 40 °C. A massa seca da raiz (MSRA) foi maior entre 30 e 35 °C, diminuindo novamente a 40 °C (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CRA), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRA) de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes submetidas a diferentes variações de temperaturas.

Tratamentos	CPA	CRA	DC	MSPA	MSRA
	-----cm-----		mm	-----g-----	
25°C	9,08000 b	6,87500 a	1,42600 a	0,03360 a	0,0058 ab
30°C	9,54500 b	7,39000 a	1,38400 a	0,03199 ab	0,00647 a
35°C	10,33500 a	7,11000 a	1,13550 b	0,02877 b	0,00649 a
40°C	6,59050 c	2,96550 b	1,39850 a	0,03309 ab	0,00484 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Figura 2. Representação visual de plântulas de *Samanea tubulosa* submetidas a diferentes variações de temperaturas aos 14 dias após a semeadura. Fonte: Dados da pesquisa (2025).



A tendência de maior alongamento e menor espessura do caule foi observado em plântulas que foram expostas a temperaturas supraótimas, conforme relatado por Nottingham *et al.* (2023), que observaram crescimento estiolado e menor robustez sob aquecimento. A redução no comprimento de raiz (CRA) e na massa seca de raiz (MSR) a 40 °C indica que o sistema radicular é particularmente sensível a altas temperaturas. Estudos com espécies arbóreas da Caatinga revelam que temperaturas superiores ao teto térmico fisiológico reduzem drasticamente o crescimento radicular, afetando a absorção de água e a estabilidade da plântula (Silva *et al.*, 2021). Em algumas leguminosas tropicais evidenciam que a massa seca da parte aérea tende a ser reduzida sob altas temperaturas devido ao desequilíbrio entre fotossíntese e respiração, e menor eficiência no acúmulo de reservas (Flores *et al.*, 2024).

A combinação de valores equilibrados de CPA, CRA, DC e massa seca a 30 °C mostra que essa temperatura favorece um desenvolvimento estrutural mais adequado, o que se aproxima da temperatura ótima relatada em algumas tropicais, (Crisóstomo *et al.*, 2021). Portanto, o padrão observado reforça que a faixa entre 25 e 35 °C indica que a zona térmica é adequada para o crescimento inicial dessa espécie.

A concentração de pigmentos fotossintéticos em *S. tubulosa* variou significativamente com a temperatura (Tabela 4). Para a clorofila *a*, a maior concentração foi registrada a 35 °C (2,57), enquanto o menor valor ocorreu a 30 °C (1,43). As temperaturas de 25 °C (1,78) e menor valor ocorreu a 40 °C, já a clorofila *b* apresentou maiores médias a 35 °C (1,69) e 40 °C (1,54), sendo inferiores em 25 °C (0,57) e 30 °C (0,53) apresentaram menores concentrações. Quanto aos carotenoides, não houve diferença significativa.

Tabela 4. Concentração de pigmentos fotossintéticos (µg cm⁻²) em *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes submetidas a diferentes variações de temperatura.

Temperaturas	Clorofila a	Clorofila b	Carotenoides
25°C	1,78 ± 0,08 ab	0,57 ± 0,04 b	0,26 ± 0,02 a
30°C	1,43 ± 0,12 b	0,53 ± 0,06 b	0,35 ± 0,01 a
35°C	2,57 ± 0,36 a	1,69 ± 0,30 a	0,32 ± 0,05 a
40°C	0,29 ± 0,25 ab	1,54 ± 0,12 a	0,29 ± 0,04 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os valores representam a média ± erro padrão.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O maior acúmulo de clorofila *a* a 35 °C sugere que essa temperatura favorece sua síntese e estabilidade, essenciais para a captação de energia luminosa. A redução acentuada a

40 °C indica possível degradação do pigmento ou inibição de sua síntese, fenômeno comum sob estresse térmico, envolvendo danos nos tilacoides e nas proteínas do fotossistema II (Zahra *et al.*, 2023; Hong *et al.*, 2023).

O aumento da clorofila b em 35–40 °C pode representar uma estratégia adaptativa, já que esse pigmento participa da reorganização das antenas coletoras de luz, ajudando a manter a fotossíntese sob calor, como observado em microalgas e plantas (Zhang *et al.*, 2022). A manutenção dos pigmentos acessórios tem sido associada à maior tolerância ao calor e à capacidade de aclimação fotossintética em ambientes de alta incidência térmica em árvores tropicais de florestas sazonais secas, por exemplo (Slot; Winter, 2017).

Os carotenoides não variaram significativamente, indicando relativa estabilidade frente à temperatura, mas continuam importantes para a proteção fotossintética. Estudos destacam que eles, especialmente a zeaxantina, dissipam energia excedente e ajudam a reduzir danos oxidativos durante estresses abióticos, como o calor (Demmig-Adams *et al.*, 2025; Gómez-Sagasti *et al.*, 2023; Rossi; Huang, 2022).

Assim, 35 °C parece ser uma condição favorável ao aparato fotossintético de *S. tubulosa*, enquanto 40 °C representa um limiar de estresse capaz de comprometer a síntese e estabilidade dos pigmentos essenciais à fotossíntese.

6 CONCLUSÃO

A temperatura influenciou na germinação e o crescimento inicial de *Samanea tubulosa*. A 35 °C, as sementes apresentaram maior taxa de germinação e as plântulas desenvolveram-se com maior vigor. Nas temperaturas elevadas 40 e 45 °C comprometeram o vigor e o desenvolvimento das plântulas. Apesar do IVG se mantivesse moderado 40 °C, houve redução na germinação e no crescimento inicial, indicando um possível estresse térmico. A 45°C, os efeitos forma ainda mais expressivos, com severa redução na velocidade de germinação e no crescimento, evidenciando limitações fisiológicas. Enquanto 35 e 40 °C favoreceram o acúmulo de clorofila *b*, evidenciando melhor desempenho pigmentário da espécie em temperaturas mais elevadas.

Dessa forma, *S. Tubulosa* apresentou bom desempenho germinativo e fisiológico a 35 °C a condição mais favorável para germinação e desenvolvimento inicial, Temperaturas acima desse intervalo provocam estresse e reduzem substancialmente o potencial de estabelecimento da espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. O. *et al.* Seleção de sementes superiores de *Senna macranthera*, estoque de carbono, sobrevivência de mudas e custos para restauração de habitat.

Sustainability, v. 15, n. 13, p. 9875, 2023

Barnwell, S.; Carlson, K. D.; Balderrama, D.; Pernikoff, S.; Tanatrah, T.; Madlung, A. Phytochrome E Plays a Role in the Suppression of Germination in Far-Red Light in Tomato. *Plant Direct*, v. 23, n. 9: e70079, 2025.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego: **Academic Press**, 2014.

Bewley, J. D.; Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. 2ª edição. Plenum Press, New York. 445 p

BRANCALION, P.H. S; NOVENBRE, A. D. Da L. C; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista brasileira de sementes**, v. 32, n. 4, p. 15–21, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, p. 10-200, 2009.

CAMPOS FILHO, E. M.; SARTORELLI, P. A. R. **Guia de Árvores com Valor Econômico**. São Paulo: Agroicone, 2015.

CARVALHO, E. S. *et al.* Thermal dependence in seed germination of *Diospyros inconstans* Jacq. (Ebenaceae). **Revista brasileira de ciências agrárias/Brazilian journal of agricultural sciences**, v. 16, n. 2, p. 1–7, 2021.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CARVALHO, P. E. R. Bordão-de-Velho (*Samanea tubulosa*). Colombo: 2007. Circular Técnica, 132.

CIPRIANI, H. N *et al.* Crescimento inicial de *Samanea tubulosa* e *Eucalyptus pellita* em sistemas de integração pecuária-floresta em Porto Velho, Rondônia. **Série Técnica IPEF**, v. 26, n. 48, p. 310-314, 2023.

CORREA, A. R.*et al.* Quantifying seed germination based on thermal models to predict global climate change impacts on Cerrado species. **Seed Science Research**, 2021;31(2):126–35.

COSTA, R. M. *et al.* Breaking dormancy, alternative substrates, and the production of *Samanea tubulosa* (Benth.) seedlings. **Scientia plena**, v. 17, n. 3, p. 1–10, 2021

- CRISÓSTOMO, N. M. S. *et al.* Seed germination of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae) under different temperatures and drying method. **Journal of Scientific Research and Reports**, v. 27, n. 11, p. 54–59, 2021.
- CUNHA, H. K. da. *et al.* Estresse térmico na germinação de *Mimosa tenuiflora*. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 350–359, 2021.
- DAIBES, L. F. *et al.* Thermal requirements of seed germination of ten tree species occurring in the western Brazilian Amazon. **Seed Science Research**, v. 29, n. 2, p. 115–123, 2019.
- DE ARAÚJO, M. R. L. *et al.* Reproductive toxicity of *Samanea tubulosa* on rats. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 52, n. 4, pág. 342–349, 2015.
- DEMMIG-ADAMS, B. *et al.* Zeaxanthin and Other Carotenoids: Roles in Abiotic Stress Defense with Implications for Biotic Defense. **Plants**, v. 14, n. 17, art. 2703, 2025.
- DÜRR, C. *et al.* Faixas de valores críticos de temperatura e potencial hídrico para a germinação de espécies em todo o mundo: contribuição para um banco de dados de características de sementes. **Meteorologia agrícola e florestal**, v. 200, p. 222–232, 2015.
- DÜRR, J. *et al.* Limites térmicos da germinação de espécies nativas do Cerrado. **Cerrado Journal of Ecology**, v. 9, n. 2, p. 55–68, 2021.
- FAROOQ, M. A.; Ma, W.; Shen, S.; Gu, A. Underlying Biochemical and Molecular Mechanisms for Seed Germination. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 15, p. 8502, 2022.
- FELIX, F. C. *et al.* Loss of viability and vigour in the course of short-term storage of *Pityrocarpa moniliformis* seeds cannot be attributed to reserve degradation. **New forests**, v. 52, n. 2, p. 237–248, 2021.
- FERREIRA, T. C. *et al.* Aportes metodológicos para a implantação e avaliação de experimentos com sementes em relação a germinação e ao vigor. **Biofix Scientific Journal**, v. 7, n. 1, p. 17, 2022.
- FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567–591, 2016.
- FLORA E FUNGA DO BRASIL. [Ficha de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W.Grimes]. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://reflora.jbrj.gov.br/consulta/ficha.html?idDadosListaBrasil=23141>. Acesso em: 1out. 2025.
- FLORES, A. *et al.* The germination performance after dormancy breaking of *Leucaena diversifolia* in a thermal gradient and its distribution under climate change scenarios. **Plants**, v. 13, p. 2926, 2024.

GARCÍA QUINTANA, Y. *et al.* Seed viability, germination and seedling quality patterns of three forest species for restoration in Amazonian conditions. **Enfoque UTE**, v. 14, n. 1, 2023.

GIACHINI, R. M. *et al.* Influência da escarificação e da temperatura sobre a germinação de sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes (sete cascas). **Acta amazonica**, v. 40, n. 1, p. 75–80, 2010.

GOMES, S. E. V.; GOMES, R. A. Climate and seed size of a dry forest species: influence on seed production, physiological quality, and tolerance to abiotic stresses. **Journal of Seed Science**, v. 45, e202345013, 2023.

GÓMEZ-SAGASTI, M. T.; LÓPEZ-POZO, M.; ARTETXE, U.; *et al.* Carotenoids and their derivatives: a “Swiss army knife” tool to adjust plant–environment interactions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 207, art. 105229, 2023.

GUARIZ, H. R.; SHIMIZU, G. D.; PAULA, J. C. B. DE; SPERANDIO, H. V.; MARUBAYASHI, R. Y. P. Germinative potential of 'Pata-de-Vaca' seeds at different maturation stages under various temperatures. **Ornamental Horticulture**, v. 28, n. 3, p. 367–375, 2022.

HONG, E.; XIA, X.; JI, W.; LI, T.; XU, X.; CHEN, J.; CHEN, X.; ZHU, X. Effects of High Temperature Stress on the Physiological and Biochemical Characteristics of *Paeonia ostii*. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 13, art. 11180, 2023. DOI: 10.3390/ijms241311180.

JESUS, J. B. de *et al.* Atributos físicos e fisiológicos de sementes de floresta nativa e sua influência na semeadura direta para restauração de floresta ciliar. **Floresta**, v. 51, n. 2, p. 255, 2021.

LEAL, C. C. *et al.* Efeitos do estresse hídrico na germinação e crescimento inicial de espécies florestais tropicais. **Revista Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1107–1119, 2020.

LOO, WENJING; ZHANG, MIN; HE, QIANG; LI, XIAOLI. Temperature-dependent metabolic pathways in seed germination of forest species. **Forest Ecology and Management**, v. 505, p. 119–125, 2022.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.

LUO, Y.; CHENG, J.; YAN, X.; ZHANG, J.; ZHANG, J. Germination of seeds subjected to temperature and water availability: implications for ecological restoration. **Forests**, v. 13, n. 11, p. 1854, 2022.

MAGUIRE, J.D. Seed of germination and relation evaluation for seedling emergence vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962. **management**, v. 546, n. 121308, p.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2a. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

- MARUYAMA, E.; TSURUTA, S.; MORI, Y. Effect of culture temperatures on the initial growth performance of seedlings germinated from cryostored seeds of a tropical tree *Parkia nitida* Miq. (Fabaceae, Mimosoideae). **Seeds**, v. 3, n. 3, p. 27, 2024.
- MATARUGA, M. *et al.* Monitoramento e controle da qualidade de mudas florestais na Europa. **Ecologia e manejo florestal**. v. 546, n. 121308, p. 121308, 2023.
- MENEZES, L. F. T. D. *et al.* Desembaraçamento do estabelecimento de plantas em sistemas costeiros arenosos: fatores bióticos e abióticos que determinam a germinação de *Allagoptera arenaria* (Arecaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 1, p. 12-19, 2017.
- MORAIS, R. R. de. *et al.* Chloroplastid pigment contents and chlorophyll a fluorescence in Amazonian tropical tree species. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 959–966, 2007.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇANETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, p. 2-21. 1999.
- NOGUEIRA, A. C. *et al.* Influência da temperatura na germinação de sementes de espécies arbóreas tropicais. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 2, p. 191–198, 2012.
- NOGUEIRA, F. C. B. *et al.* Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 997–1007, 2014.
- NOTTINGHAM, A. T. *et al.* Seedling growth declines in warmed tropical forest soils. **Biotropica**, v. 55, n. 5, p. 897–910, 2023.
- OLIVEIRA, A. L. de; M, V; C, F. M. Influência de temperaturas subótimas na germinação de *Cedrela fissilis*. *Scientia Forestalis*, v. 42, n. 103, p. 345–353, 2014.
- OLIVEIRA, G. M. *et al.* Environmental stress, future climate, and germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, e201941026, 2019.
- OLIVEIRA, L. C. *et al.* Germinação e crescimento inicial de *Ormosia arborea* sob diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 38, n. 3, p. 208–215, 2016.
- OLIVEIRA, L. M. D. *et al.* Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Samanea tubulosa* Benth - (Leguminosae- Mimosoideae). **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 433–440, 2012.
- PIOTROWSKI, I. *et al.* Características iniciais das sementes como preditoras de desempenho na restauração por semeadura direta. **Forests**, v. 14, n. 3, p. 547, 2023.
- RANAL, M.; F, W. R. Medidas de germinação de sementes e emergência de plântulas de espécies nativas brasileiras. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 43, 2023.

REIS, L. P. *et al.* Heat stress-mediated effects on the morphophysiological, biochemical, and ultrastructural parameters of germinating *Melanoxylon brauna* Schott. seeds. **Plant cell reports**, v. 40, n. 9, p. 1773–1787, 2021.

RIBEIRO, J. W. F.; NASCIMENTO, J. M.; SILVA, P. C. A.; MORAES, M. F. D. *Germination and morphology of seeds and seedlings of Parkia gigantocarpa (Fabaceae: Mimosoideae)*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 345-356, 2023.

ROSSI, S.; HUANG, B. Carotene-enhanced heat tolerance in creeping bentgrass in association with regulation of enzymatic antioxidant metabolism. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 147, n. 3, p. 145–151, 2022. DOI: 10.21273/JASHS05201-22.

SANTOS R. P.; CRUZ A. C. F.; IAREMA L.; KUKI K. N. OTONI W. C. Protocolo para extração de pigmentos foliares em porta-enxertos de videira micropropagados. **Revista Ceres** 55:356-364, 2008.

SANTOS, J. E. de C. *et al.* Danos celulares e redução da viabilidade em sementes submetidas a altas temperaturas. **Brazilian Journal of Forestry Research**, v. 29, n. 2, p. 77–85, 2009.

SHIMIZU, E. S. C. *et al.* Aspectos fisiológicos da germinação e da qualidade de plântulas de *Schizolobium amazonicum* em resposta à escarificação das sementes em lixa e água quente. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 791–800, 2011.

SILVA J, I. *et al.* Seed quality parameters for selection of *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. Grose mother trees in western Amazonia. **Ciencia Florestal**, v. 34, n. 4, p. e84834, 2024.

SILVA, E. E. da *et al.* Germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (Fabaceae) sob diferentes temperaturas e métodos de secagem. **Revista de Pesquisas Científicas e Relatórios**, v. 11, pág. 54-59, 2021.

SILVA, F. de A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, I. C. *et al.* Water stress effects on seed germination and seedling development of native forest species. **Floresta**, v. 46, n. 3, p. 365–374, 2016.

SILVA, R. F. *et al.* Influência da variação térmica no crescimento de plântulas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo**, v. 39, e201901234, 2023.

SLOT, M.; WINTER, K. Photosynthetic acclimation to warming in tropical forest tree seedlings. **Annals of Botany**, v. 119, p. 681–694, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2024. 864 p.

TURAZZI, H. N.; PONCE, F. S.; ANTUNES, D. T.; SEABRA JÚNIOR, S.; SOBRINHO, S. P. Curva de absorção de água em sementes de sete cascas em função do tamanho. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 12, p. 115-124, dez. 2021. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.012.0012.

WELLBURN A. R., The spectral determination of chlorophylls a and b, as well carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of plant physiology**, 144:307-313, 1994.

ZAHRA, N.; HAFEEZ, M. B.; GHAFAR, A.; *et al.* Plant photosynthesis under heat stress: effects and management. **Environmental and Experimental Botany**, v. 206, art. 105178, 2023.

ZHANG, N.; MATTOON, E. M.; McHARGUE, W. *et al.* Systems-wide analysis revealed shared and unique responses to moderate and acute high temperatures in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. **Communications Biology**, v. 5, p. 460, 2022.