



RAIMUNDA KATIANE SOUZA LOPES

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE SEMENTES PELOS
MÉTODOS DE ESTUFA A 105 E A 130 °C**

**LAVRAS – MG
2025**

RAIMUNDA KATIANE SOUZA LOPES

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE SEMENTES PELOS MÉTODOS DA ESTUFA
A 105 E 130 °C**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria

Orientador

Prof. Dr. Anderson Cleiton José

Dra. Olívia Alvina Tonetti

Coorientadores

**LAVRAS – MG
2025**

Ficha catalográfica elaborada pela Catalogação da Biblioteca Universitária da UFLA

Lopes, Raimunda Katiane Souza.

Determinação da umidade de sementes pelos métodos de estufa a 105 e a 130 °C / Raimunda Katiane Souza Lopes. - 2025.

46 p. : il.

Orientador(a): José Marcio Rocha Faria.

Coorientador(a): Anderson Cleiton José.

Coorientador(a): Olívia Alvina Tonetti

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Lavras, 2025.

Bibliografia.

1. Teor de água em sementes. 2. Conservação de sementes. 3. Métodos diretos e indiretos. 4. Eficiência energética. I. Faria, José Marcio Rocha. II. José, Anderson Cleiton. III. Tonetti, Olívia Alvina. IV. Título

Ficha elaborada por André Felipe Calsavara (CRB6/3137)

RAIMUNDA KATIANE SOUZA LOPES

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE SEMENTES PELOS MÉTODOS DA ESTUFA
A 105 E 130 °C
DETERMINATION OF SEED MOISTURE BY GREENHOUSE METHODS AT 105
AND 130 °C**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 18 de fevereiro de 2025.

Prof.^a Dra. Marília Shibata UFPEL

Prof. Dr. Wilson Vicente Souza Pereira UFPI

Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria

Orientador

Prof. Dr. Anderson Cleiton José

Dra. Olívia Alvina Tonetti

Coorientadores

**LAVRAS – MG
2025**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por Sua infinita misericórdia, força e amparo em todos os momentos desta caminhada acadêmica.

À minha família, em especial aos meus pais, Miguel e Euda, por seu amor incondicional e apoio inestimável; às minhas irmãs e sobrinhos, pela presença constante e incentivo; ao meu esposo, Francisco, pelo companheirismo, paciência e motivação diária; e ao meu filho, Miguel Neto, cuja existência é minha maior inspiração.

Aos amigos do laboratório, Mayara, Alessandra, Kiegla, Thiago, Paulo, Luan, Pedro, Laura e Clarice, por toda ajuda, amizade e apoio ao longo dessa jornada. Aos demais membros do Laboratório de Sementes Florestais da UFLA, pela convivência enriquecedora e pelo aprendizado compartilhado.

Ao meu orientador, professor José Márcio Rocha Faria, pela orientação precisa, paciência e dedicação ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Aos coorientadores, Olivia Tonetti e Anderson Cleiton José, por suas contribuições valiosas e suporte técnico e científico.

Agradeço imensamente à Prof.^a Izabela Regina Cardoso de Oliveira (Departamento de Estatística, UFLA), ao Prof. Joaquim Paulo da Silva e à Dra. Aline Paiva (Departamento de Física, UFLA) pelo apoio, contribuições e valiosas orientações que enriqueceram este trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa, possibilitando a realização deste estudo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pelo ensino de excelência e pelo corpo docente altamente qualificado, cuja dedicação e conhecimento foram fundamentais para a construção deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa, o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

As sementes são fundamentais para a agricultura e a conservação de espécies, sendo o controle do teor de água essencial para a manutenção de sua qualidade. Este estudo comparou a eficiência do método de determinação de umidade em sementes a 130 °C por diferentes períodos, com o método padrão a 105 °C por 24 horas. Além disso, analisou-se o consumo energético de ambos os procedimentos e o tempo necessário para a estabilização da perda de água em sementes submetidas a 105 °C, considerando diferentes intervalos em relação ao padrão. O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes Florestais da UFLA, utilizando sementes de diferentes espécies. O teor de água foi determinado com quatro repetições por tratamento, utilizando um delineamento inteiramente casualizado. A análise estatística incluiu ANOVA e comparação de médias pelo teste de Dunnett ($\alpha = 5\%$). O consumo energético foi medido a partir da potência da estufa e seu tempo efetivo de funcionamento. Dois experimentos independentes foram conduzidos. No primeiro, o teor de água foi determinado por dois métodos descritos nas Regras para Análise de Sementes: o método padrão (105 °C por 24 horas) e o método a 130 °C, com tempos de secagem de 1, 2, 3 e 4 horas. No segundo experimento, o tempo de secagem a 105 ± 3 °C/24h foi ampliado para 6, 14, 30, 36 e 48 horas, com o intuito de identificar o momento em que o peso constante da amostra é atingido. Em ambos os casos, a contagem do tempo de secagem iniciou-se após a estabilização térmica da estufa. Os resultados indicaram que a resposta das sementes variou conforme a espécie e o método utilizado. No primeiro experimento, os teores de água das sementes de banana-de-macaco e ipê-da-serra não diferiram estatisticamente entre os métodos a 130 °C (1 a 4 horas) e o padrão a 105 °C por 24 horas. Já sementes de ipê-mirim e leucena tiveram médias iguais apenas na primeira hora de secagem a 130 °C, comparando com o padrão. Para as sementes de angico-amarelo e ingá-vera, as médias foram iguais a partir de 2 horas a 130 °C. Em relação ao consumo de energia, os tratamentos a 130 °C demandaram menos eletricidade do que o método padrão, com uma redução de até 95,42% no tratamento de 1 hora. A redução do tempo de secagem em temperaturas elevadas aumentou a eficiência energética e reduziu os custos operacionais. No segundo experimento, avaliando diferentes tempos a 105 °C, sementes como tinguí e aguai apresentaram médias iguais estatisticamente ao tempo padrão após 6 horas. Outras espécies necessitaram de até 48 horas para estabilização, demonstrando que o tempo ideal varia conforme a semente. Os resultados mostram que o método a 130 °C pode ser uma alternativa viável para diversas espécies, reduzindo tempo e consumo energético sem comprometer a precisão da análise. Ajustes no tempo de secagem a 105 °C também podem reduzir o tempo de análise para algumas sementes, tornando os processos laboratoriais mais eficientes.

Palavras-chave: teor de água em sementes; conservação de sementes; métodos diretos e indiretos; eficiência energética.

ABSTRACT

Seeds are essential for agriculture and species conservation, and controlling their water content is crucial for maintaining their quality. This study compared the efficiency of the moisture determination method at 130 °C for different periods with the standard method at 105 °C for 24 hours. Additionally, the energy consumption of both procedures and the time required for the stabilization of water loss in seeds subjected to 105 °C were analyzed, considering different intervals relative to the standard. The experiment was conducted at the Forest Seed Laboratory of UFPA, using seeds from different species. The water content was determined with four replicates per treatment, following a completely randomized design. Statistical analysis included ANOVA and mean comparison using Dunnett's test ($\alpha = 5\%$). Energy consumption was measured based on the incubator's power and its effective operating time. Two independent experiments were conducted. In the first, seed moisture content was determined using two methods described in the Rules for Seed Analysis: the standard method (105 °C for 24 hours) and the 130 °C method, with drying times of 1, 2, 3, and 4 hours. In the second experiment, the drying time at 105 ± 3 °C/24h was extended to 6, 14, 30, 36, and 48 hours to identify the moment when the sample's constant weight was reached. In both cases, the drying time count began after the incubator reached thermal stabilization. The results indicated that seed response varied depending on the species and method used. In the first experiment, the moisture content of banana-de-macaco and ipê-da-serra seeds did not statistically differ between the 130 °C method (1 to 4 hours) and the standard method at 105 °C for 24 hours. However, ipê-mirim and leucena seeds showed equal averages only in the first hour of drying at 130 °C compared to the standard method. For angico-amarelo and ingá-vera seeds, the averages were equal after 2 hours at 130 °C. Regarding energy consumption, the 130 °C treatments required less electricity than the standard method, with a reduction of up to 95.42% in the 1-hour treatment. Reducing drying time at higher temperatures increased energy efficiency and lowered operational costs. In the second experiment, evaluating different drying times at 105 °C, seeds such as tingui and aguáí showed statistically equal averages to the standard time after 6 hours. Other species required up to 48 hours for stabilization, demonstrating that the ideal time varies depending on the seed type. The results show that the 130 °C method can be a viable alternative for various species, reducing time and energy consumption without compromising analysis accuracy. Adjustments in drying time at 105 °C can also reduce the analysis time for some seeds, making laboratory processes more efficient.

Keywords: water content in seeds; seed conservation; direct and indirect methods; energy efficiency.

INDICADORES DE IMPACTOS

A otimização dos métodos de determinação do teor de água em sementes tem impactos significativos em diferentes áreas. No âmbito social, a melhoria na eficiência dos processos laboratoriais contribui para a qualidade das sementes utilizadas na agricultura, garantindo maior segurança alimentar e sustentabilidade na produção de culturas. No aspecto tecnológico, a adaptação do método de secagem a 130 °C representa um avanço no controle de qualidade de sementes, possibilitando análises mais ágeis sem comprometer a precisão dos resultados. A adoção de temperaturas mais elevadas pode estimular o desenvolvimento de tecnologias para medição e controle da umidade, impulsionando inovações no setor agrícola e laboratorial. Do ponto de vista econômico, a redução do tempo de secagem e do consumo de energia diminui os custos operacionais em laboratórios de análise de sementes. A redução de até 95,42% no consumo energético, indica que temperaturas mais altas por períodos reduzidos tornam os processos laboratoriais mais eficientes e sustentáveis. No âmbito cultural, a melhoria na eficiência da análise de sementes reforça a valorização da biodiversidade, incentivando a conservação de espécies nativas e o uso sustentável dos recursos naturais. Dessa forma, os resultados deste estudo têm potencial para contribuir diretamente para a inovação e sustentabilidade nos setores agrícola e ambiental, beneficiando produtores, pesquisadores e a sociedade como um todo.

IMPACT INDICATORS

The optimization of methods for determining seed moisture content has significant impacts across various areas. From a social perspective, improving the efficiency of laboratory processes contributes to the quality of seeds used in agriculture, ensuring greater food security and sustainability in crop production. In terms of technology, the adaptation of the drying method at 130 °C represents an advancement in seed quality control, enabling faster analyses without compromising result accuracy. The adoption of higher temperatures may stimulate the development of technologies for moisture measurement and control, driving innovation in the agricultural and laboratory sectors. Economically, reducing drying time and energy consumption lowers operational costs in seed testing laboratories. A reduction of up to 95.42% in energy consumption indicates that higher temperatures for shorter periods make laboratory processes more efficient and sustainable. Culturally, improved seed analysis efficiency reinforces the appreciation of biodiversity, encouraging the conservation of native species and the sustainable use of natural resources. Thus, the results of this study have the potential to directly contribute to innovation and sustainability in the agricultural and environmental sectors, benefiting producers, researchers, and society as a whole.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Tipos de água nas sementes.....	10
2.2 Determinação do teor de água na semente	11
2.2.1 Métodos indiretos para determinação de umidade em sementes.....	12
2.3 Importância da determinação de umidade em sementes para uso em laboratórios e indústrias.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
Experimento 1- Comparação entre o método padrão de determinação de umidade em sementes a 105°C por 24 horas e o método a 130 °C por 1, 2, 3 e 4 horas.....	24
Experimento 2- Determinação do teor de água em sementes pelo método a 105 °C por 6, 14, 30 e 48 horas em comparação com o tempo padrão de 24 horas	24
3.1 Determinação do consumo energético.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Comparação entre o método padrão de determinação de umidade em sementes a 105°C por 24 horas e o método a 130 °C com tempos de 1, 2, 3 e 4 horas.	25
4.2 Determinação do teor de água em sementes pelo método a 105 °C por 6, 14, 30 e 48 horas em comparação com o tempo padrão de 24 horas.....	30
4.3 Consumo de energia	33
5 CONCLUSÕES.....	35
6 REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos, as sementes têm desempenhado um papel crucial na propagação de diversas espécies de grande importância para a humanidade, abrangendo a agricultura e a manutenção de espécies dentro de ecossistemas (Chandel; Kumar; Kumar, 2024). Essas estruturas complexas contêm informações genéticas completas e recursos para iniciar o desenvolvimento de uma nova planta em condições adequadas (Verma; Borah; Sarma, 2019).

No entanto, a produção de sementes pode apresentar irregularidades entre os anos, sendo esse um dos fatores que justificam o armazenamento de sementes de qualidade para uso posterior e conservação em bancos de germoplasma (Kijak; Ratajczak, 2020). A utilização de sementes de qualidade é fundamental para a produção de mudas vigorosas e a garantia da segurança alimentar, especialmente em cenários de mudanças climáticas e crescente demanda por alimentos (Ghudasaini; Ghimire, 2022).

Diversos fatores causam implicações durante o armazenamento, dentre eles o controle adequado da umidade das sementes, que desempenha papel essencial na manutenção da viabilidade e qualidade ao longo do tempo (Ramtekey *et al.*, 2022). Sementes armazenadas com alto teor de água mantêm alta atividade metabólica, promovendo a respiração e o consumo de reservas, o que reduz sua longevidade (Ellis; Hong, 2007). Além disso, a elevada umidade favorece a proliferação de microrganismos, especialmente fungos, acelerando o processo de deterioração e comprometendo a viabilidade e o vigor das sementes (Tahir *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2021).

A determinação da umidade das sementes também desempenha um papel fundamental na avaliação da maturação fisiológica, etapa em que as sementes atingem o máximo acúmulo de matéria seca e desenvolvem sua capacidade máxima de germinação e vigor (Marcos Filho, 2015). O teor de água é um dos principais indicadores do ponto ideal de colheita, pois influencia diretamente a qualidade fisiológica e a longevidade das sementes durante o armazenamento (Carvalho; Nakagawa, 2012). Portanto, a determinação do teor de água das sementes é essencial para uma gestão eficiente do armazenamento (Mayrinck *et al.*, 2019).

Os métodos tradicionais de determinação do teor de água em sementes, como o de estufa e o método de Karl Fischer, continuam sendo amplamente utilizados (Zambrano *et al.*, 2019), especialmente o método de estufa, por ser mais barato e simples, sendo considerado como método padrão (Zhang *et al.*, 2017). Recentemente, técnicas não destrutivas, como a

espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) e a imagem hiperespectral, também têm sido exploradas (Alves *et al.*, 2024; Cozzolino, 2021).

No método de estufa, a determinação da umidade das sementes é por meio da extração da água contida em forma de vapor, sob aplicação de calor em condições controladas, como $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, considerado o método padrão e recomendado para todas as espécies, além de, $101-105^{\circ}\text{C}$ por 17 ± 1 hora e $130-133^{\circ}\text{C}$ com tempo variando de acordo com a espécie podendo ser de 1 hora \pm 3 minutos; 2 horas \pm 6 minutos ou 4 horas \pm 12 minutos (Brasil, 2009). A escolha do método depende de vários fatores, incluindo as características da semente, a precisão desejada e a disponibilidade de equipamentos.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da determinação do teor de água em sementes a 130°C por diferentes períodos, comparando-o ao método padrão a 105°C por 24 horas, além de analisar o consumo energético de ambos os métodos.

Além disso, também objetiva-se determinar o tempo necessário para a estabilização da perda de água em sementes submetidas a temperaturas de 105°C , avaliando diferentes intervalos em comparação ao método padrão de 24 horas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tipos de água nas sementes

A água é um componente essencial na química da vida, sustentando a bioquímica da célula e controlando reações metabólicas na semente, sendo o veículo de transporte e mobilização de substâncias nas células (El-Maarouf-Bouteau, 2022).

Vertucci e Farrant (1995) consideram cinco tipos de água encontradas nas sementes, levando em conta as interações entre a água e as macromoléculas, assim como sua mobilidade. A água tipo 1 integra a estrutura e está fortemente ligada às substâncias presentes na semente, sendo encontrada em tecidos altamente secos (com menos de 7,5% de teor de água), tendo pouca mobilidade e limitada atividade metabólica. A água tipo 2 está associada às macromoléculas por meio de pontes de hidrogênio, com grau de umidade variando entre 7,5% e 20%; nesta condição, atividades enzimáticas básicas ocorrem, enquanto reações oxidativas associadas à deterioração podem ser observadas. Ao atingir um teor de água entre 20% e 33%, as sementes apresentam a água tipo 3, com metabolismo bastante ativo, como evidenciado pela respiração, embora os mecanismos de reparo ainda não estejam plenamente funcionais.

Quando o teor de água atinge entre 33% e 41%, a água tipo 4 se faz presente, preenchendo os espaços entre as macromoléculas, favorecendo a síntese de proteínas e ácidos

nucleicos, bem como reparos no DNA. A água tipo 5 é encontrada em sementes com teor de água acima de 41%; neste estágio, a água preenche os poros pequenos e contribui para a composição da solução celular. Esses diferentes tipos de água influenciam o armazenamento das sementes a longo prazo (Vertucci; Farrant, 1995).

Os métodos de determinação de umidade das sementes devem ser capazes de contabilizar toda a umidade presente, independentemente da natureza da força pela qual ela é mantida, incluindo forças capilares, atração molecular e forças químicas, garantindo assim uma avaliação abrangente da umidade (Cabrera; Madawanarachchi, 2021).

2.2 Determinação do teor de água na semente

O conteúdo de água é essencial para garantir a qualidade e a viabilidade das sementes (Kumar *et al.*, 2015), influenciando diretamente o tempo de armazenamento, a taxa de germinação e o momento ideal para a colheita, além de impactar significativamente a qualidade final das mesmas (Zhang; Guo, 2019). A determinação da umidade é uma das análises mais comuns nos trabalhos com sementes, no entanto, representa um desafio prático para os analistas, devido às variações nos métodos de medição, as diferenças nas propriedades das sementes, a necessidade de equipamentos específicos e a calibração adequada para obter resultados precisos (Grabe, 1989; Rivero-Lepinckas; Crist; Scholl, 2006).

Dada a importância de determinação do teor de água nas sementes, diversos métodos têm sido desenvolvidos para esse fim (Macleod, 1991), podendo ser classificados como diretos e indiretos (Gao *et al.*, 2021). Os métodos diretos envolvem a remoção do conteúdo de água da amostra, como os métodos de estufa e Karl Fischer (Zhang; Guo, 2019). Esses métodos possuem princípios de detecção simples e alta precisão, no entanto, sua operação é demorada e destrutiva (Bai *et al.*, 2024).

O método de Karl Fischer, baseia-se na extração da água do tecido da semente utilizando metanol. A quantificação ocorre por titulação com uma solução contendo metanol, iodo, dióxido de enxofre e aminas (originalmente piridina). Durante a reação, o iodo é reduzido a iodeto de hidrogênio na presença de água, permitindo sua quantificação (Hay *et al.*, 2023). Embora seja capaz de identificar a umidade em uma única semente, esse método é destrutivo, moroso e exigente, além de sua precisão ser restrita (Rivera-Quintero *et al.* 2024).

As Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009) recomendam que, para todas as espécies florestais, sejam empregados o método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ pelo período de 24

horas, sendo indicado também o método a baixa temperatura ($103 \pm 2^\circ\text{C}$ por 17 ± 1 hora) e o método a alta temperatura (130°C nos períodos de 1 hora \pm 3 minutos; 2 horas \pm 6 minutos ou 4 horas \pm 12 minutos), a fim de determinar o teor de água das sementes. O método estabelecido como oficial pela International Seed Testing Association (1993) para a medição do teor de água em sementes florestais inclui o uso de estufa com circulação de ar e temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por 17 ± 1 hora.

O método de estufa para determinar o grau de umidade das sementes consiste em medir a variação de peso de uma amostra após sua secagem a uma temperatura que permita a liberação da água (idealmente, apenas água) (Hay *et al.*, 2023). Apesar de sua precisão, os métodos oficiais exigem um tempo considerável, tornando-os pouco práticos quando é necessário obter rapidamente o teor de água das sementes (Sarmiento *et al.*, 2015).

A metodologia ideal pode variar entre as espécies florestais (Nery *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2020), tornando inviável determinar um único período de secagem em estufa que seja eficaz para todos os níveis de umidade das sementes de uma espécie, sendo esta uma limitação inerente aos métodos de secagem em estufa (Grabe, 1987). Contudo, o método de secagem em estufa permanece uma das técnicas mais precisas e amplamente aceitas para determinar o teor de água das sementes (Azmi *et al.*, 2021), sendo utilizado como padrão comparativo com outros métodos (García *et al.*, 2012; Zambrano *et al.*, 2019).

Diversos fatores influenciam a precisão de qualquer procedimento específico de secagem para determinar a umidade. Resultados imprecisos na determinação da umidade por secagem em estufa podem ocorrer devido a variações na pesagem das amostras, nas condições da estufa, nas condições de secagem e nos tratamentos pós-secagem (Park, 1996).

A eficiência na remoção de umidade é influenciada pela preparação da amostra e pelas condições de secagem (como tempo, temperatura, tipo de estufa, umidade e pressão. Além disso, a pesagem da amostra é afetada pela adsorção de vapor atmosférico, duração da pesagem e precisão da balança (Tejada-Ortigoza *et al.*, 2020). Além da evaporação da água, compostos voláteis, como ácidos orgânicos e metabólitos secundários, também podem ser perdidos durante o aquecimento (Isengard, 2001).

2.2.1 Métodos indiretos para determinação de umidade em sementes

Os métodos indiretos são classificados desse modo por determinar o teor de água através da medição da variação de uma propriedade física como a temperatura, o índice de refração e a

pressão (Zambrano *et al.*, 2019). Entre eles, incluem-se os métodos de capacitância, resistência, espectroscopia do infravermelho próximo (Zambrano *et al.*, 2019).

Os medidores eletrônicos de umidade baseiam-se na utilização dos corpos de prova como dielétricos do sensor, calculando a umidade pela variação da capacitância ou resistência das amostras (Wang *et al.*, 2021). O método capacitivo determina o teor de água das sementes medindo a capacitância entre os eletrodos (Thakur *et al.*, 2015).

O método de medição elétrica é tido como uma técnica rápida, eficaz e de baixo custo, com seus equipamentos sujeitos a menos erros relacionados à distribuição não uniforme da umidade e do contato físicos com os materiais utilizados no teste (Jafari *et al.* 2020).

A espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) é usada para determinar o teor de água, medindo simultaneamente a composição química e outros parâmetros físicos (Cozzolino, 2021). No entanto, os espectros NIR são complexos e difíceis de calibrar, além de sofrerem com a amostragem deficiente devido à pequena profundidade de penetração das ondas (Austin *et al.*, 2013). A uniformidade e a granularidade da amostra também afetam a precisão, pois a informação espectral é baseada em um único ponto da amostra (Badaró *et al.*, 2019).

Os métodos indiretos são considerados métodos práticos e rápidos, no entanto, estão sujeitos a erros relacionados com a variação das propriedades físicas do material, como temperatura ou umidade (García *et al.*, 2012). Além disso, geralmente, necessitam de equipamentos caros (Gao *et al.*, 2021).

Devido a esses fatores o método de estufa é bastante utilizado, por ser uma metodologia prática, barata e confiável, sendo considerado pelas RAS (Brasil, 2019) o método padrão para obtenção de umidade de sementes para todas as espécies, no entanto, uma análise detalhada das sementes é crucial para se escolher o método, temperatura e tempo que melhor se adequam.

2.3 Importância da determinação de umidade em sementes para uso em laboratórios e indústrias

As sementes desempenham papel crucial na propagação de diversas espécies, seja em culturas agrícolas de interesse econômico ou em arbóreas nativas para reflorestamento (Pires; Baute, 2023), sendo alvo de grande atenção por parte de agricultores, produtores e laboratórios, que buscam garantir sua alta qualidade (Elmasry *et al.*, 2020). A garantia da qualidade das sementes é fundamental para o sucesso do plantio, especialmente no caso de espécies florestais, as quais podem apresentar particularidades como dormência (Lennon *et al.*, 2021) e sensibilidade à dessecação (Berjak.; Pammenter, 2013), além da óbvia variabilidade genética

(Sharma; Majee, 2023). Portanto, é importante considerar uma ampla gama de fatores para assegurar a qualidade das sementes e o êxito no reflorestamento (Pires; Baute, 2023).

Outro ponto a ser considerado é o fato de que nem sempre as sementes podem ser utilizadas logo após a sua coleta, em função da necessidade de se ajustar o cronograma de coleta ao de semeadura no viveiro. Dessa forma, o armazenamento pode ser necessário para as sementes antes de serem empregadas em programas de propagação (Vitis *et al.*, 2020), sendo necessário o teste de umidade para o conhecimento do seu teor de água para a secagem a níveis seguros visando uma posterior comercialização ou conservação (Hay *et al.*, 2023).

A redução do grau de umidade das sementes através da secagem é uma estratégia fundamental para prevenir a deterioração das sementes (Kibar; Kibar, 2019). Quando o teor de água das sementes é alto, há um aumento na atividade metabólica e nos processos de respiração, o que pode levar à degradação e à perda de viabilidade (Kibar; Kibar, 2019). A secagem reduz a umidade interna, diminuindo essas atividades e prolongando a vida útil das sementes, além de prevenir o crescimento de microrganismos, como fungos e bactérias, que podem causar danos (Bakhtavar; Afzal, 2020).

Os laboratórios de análise de sementes são essenciais para monitorar a qualidade das sementes, desempenhando um papel fundamental no controle de qualidade e na avaliação do potencial de semeadura (ElMasry, *et al.*, 2020). Eles fornecem serviços que ajudam a determinar a viabilidade, vigor, pureza e sanidade das sementes, o que é crucial para produtores, vendedores e usuários (Barriga; Fiala, 2020). Esses testes permitem identificar a capacidade de germinação e o desempenho das sementes em diferentes condições, oferecendo informações valiosas sobre sua qualidade e confiabilidade (Sarma, *et al.*, 2024).

A redução do teor de água das sementes por meio da secagem é uma estratégia importante para evitar sua deterioração. Assim, o conhecimento de sua umidade para o armazenamento visando um uso posterior não só se configura como um elemento vital para conservar a sua viabilidade e qualidade, mas também se mostra uma medida mitigadora contra o processo de deterioração.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A seleção das espécies considerou a disponibilidade de sementes: sementes recalcitrantes e intermediárias foram coletadas durante seu período de dispersão, enquanto as sementes ortodoxas estavam

armazenadas em sacos plásticos em câmara fria ($8,0 \pm 2$ °C; 40% UR). Após o beneficiamento, as sementes recalcitrantes e intermediárias foram submetidas a testes imediatos para determinação do teor de água. A Tabela 1 apresenta as espécies utilizadas nos experimentos.

Tabela 1: Espécies utilizadas nos experimentos

(Continua)

Nome Científico	Nome popular	Família	Dormênci a física?	Tolerância à dessecação?*	Número de sementes/kg	Classe **
<i>Albizia</i> sp.	Albícia	Fabaceae	Sim ¹	Tolerante ⁵⁰	36.000	P
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Angico- vermelho	Fabaceae	Não ²⁰	Tolerante ⁸	10.360	M
<i>Bixa orellana</i> L.	Urucum	Bixaceae	Não ⁵	Sensível ⁶⁰	39.100	P
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	Espeto	Salicaceae	Sim ⁴	Sensível ²⁶	55.500	P
<i>Cassia fistula</i> L.	Cássia- imperial	Fabaceae	Sim ²¹	Tolerante ⁶	3.560	G
<i>Cassia grandis</i> L.f.	Cássia-rosa	Fabaceae	Sim ³	Tolerante ¹¹	1.276	G
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	Meliaceae	Não ⁴⁶	Tolerante ⁷	27.900	P
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Paineira	Malvaceae	Não ⁴⁷	Tolerante ²⁶	5.900	M
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	Quinoa	Amaranthaceae	Não ⁹	Tolerante ¹⁰	372.000	P
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	Aguaí	Sapotaceae	Não ⁶⁷	Sensível ⁵¹	2.625	G
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	Sombreiro	Fabaceae	Não ¹⁹	Tolerante ²⁶	3.000	G

Tabela 1: Espécies utilizadas nos experimentos

(Continuação)

Nome Científico	Nome popular	Família	Dormênci a física?	Tolerância à dessecação?*	Número de sementes/kg	Classe **
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Babosa-branca	Cordiaceae	Não ⁴⁹	N/C	2.750	G
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Capixingui	Euphorbiaceae	Não ⁴⁸	Tolerante ²⁶	24.300	P
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Flamboyant	Fabaceae	Sim ²²	Tolerante ²³	2.900	G
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Tamboril	Fabaceae	Sim ⁶²	Tolerante ¹²	1.050	G
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	Candeia	Asteraceae	Não ¹³	Tolerante ¹³	154.000	P
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Eritrina	Fabaceae	Sim ⁶¹	Tolerante ¹⁴	3.500	G
<i>Eucalyptus cloeziana</i> F.Muell.	Eucalipto	Myrtaceae	Não ⁴⁸	Tolerante ¹⁵	40.000	P
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	Myrtaceae	Não ²⁴	Sensível ²	3.250	G
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Rubiaceae	Não ⁶³	Tolerante ⁵	33.700	P
<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	Soja	Fabaceae	Não ⁶⁴	Tolerante ¹⁶	8.300	M
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.	Gmelina	Lamiaceae	Sim ³¹	Tolerante ¹⁷	15.000	M
<i>Gossypium sp.</i> L.	Algodão	Malvaceae	Sim ⁶⁵	Tolerante ¹⁸	6.667	M
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba	Sterculiaceae	Sim ³	Tolerante ³	170.000	P

Tabela 1: Espécies utilizadas nos experimentos

(Continuação)

Nome Científico	Nome popular	Família	Dormênci a física?	Tolerância à dessecação?*	Número de sementes/kg	Classe **
<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	Ipê-da-serra	Bignoniaceae	Não ⁵⁹	Tolerante ⁶¹	85.400	P
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	Bignoniaceae	Não ²⁶	Tolerante ²⁶	35.000	P
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Ipê-amarelo	Bignoniaceae	Não ²⁶	Tolerante ²⁶	100.000	P
<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá-de-metro	Fabaceae	Não ⁶⁶	Sensível ²⁶	565	G
<i>Inga vera</i> Wild.	Ingá-vera	Fabaceae	Não ⁶⁷	Sensível ²⁶	760	G
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucena	Fabaceae	Sim ²³	Tolerante ²³	18.460	M
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Pau-ferro	Fabaceae	Sim ²⁵	Tolerante ²⁵	10.280	M
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Alfeneiro	Oleaceae	Não ⁶⁸	Sensível ⁵⁸	23.600	P
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Aroeira-brava	Anacardiaceae	Não ³⁵	Tolerante ²⁶	21.000	P
<i>Machaerium nycitans</i> (Vell.) Benth.	Bico-de-pato	Fabaceae	N/C	Tolerante ²⁶	5.200	M
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Moreira	Moraceae	Não ³⁶	Tolerante ²⁶	384.000	P

Tabela 1: Espécies utilizadas nos experimentos

(Continuação)

Nome Científico	Nome popular	Família	Dormênci a física?	Tolerância à dessecação?*	Número de sementes/kg	Classe **
<i>Magonia pubescens</i> St. Hil	Tinguí	Sapindaceae	Não ⁵⁴	Tolerante ⁵⁷	557	G
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Murta	Rutaceae	Não ⁷⁰	N/C	24.591	P
<i>Myracrodruon urundeuva</i> M. Allemão	Aroeira-do- sertão	Anacardiaceae	Não ²⁷	Tolerante ²⁸	57.800	P
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Angico- amarelo	Fabaceae	Sim ³⁷	Tolerante ²⁶	21.600	P
<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine	Araçá	Myrtaceae	Sim ⁷¹	Tolerante ²⁹	65.000	P
<i>Psidium guajava</i> L.	Goiaba	Myrtaceae	Sim ⁷²	Tolerante ⁵	70.000	P
<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers	Cipó-de-são- joão	Bignoniaceae	Não ⁷³	Tolerante ³⁰	33.333	P
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau-terra	Vochysiaceae	Não ⁷⁶	Sensível ³²	7.800	M
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Saboneteira	Sapindaceae	Sim ³	Tolerante ⁵⁵	1.870	G
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira- vermelha	Anacardiaceae	Não ⁷⁷	Tolerante ²⁶	31.000	P

Tabela 1: Espécies utilizadas nos experimentos

(Continuação)

Nome Científico	Nome popular	Família	Dormênci a física?	Tolerância à dessecação?*	Número de sementes/kg	Classe **
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	Fedegoso	Fabaceae	Sim ³³	Tolerante ²³	18.000	M
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Cássia- verrugosa	Fabaceae	Sim ³⁸	Tolerante ³⁴	48.200	P
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S.Irwin & Barneby	Cássia- carnaval	Fabaceae	Sim ¹¹	Tolerante ¹¹	30.200	P
<i>Sesbania virgata</i> (Cav.) Poir.	Sesbânia	Fabaceae	Sim ⁷⁵	Tolerante ⁴²	13.243	M
<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	Lobeira	Solanaceae	Não ⁷⁴	Tolerante ²⁶	27.800	P
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Barbatimão	Fabaceae	Sim ³⁹	Tolerante ⁴³	10.500	M
<i>Swartzia langsdorffii</i> Raddi	Banana-de- macaco	Fabaceae	Não ²⁶	Sensível ²⁶	921	G
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno	Meliaceae	Não ⁶⁹	Tolerante ⁴⁴	2.300	M
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	Ipê-rosa	Bignoniaceae	Não ⁴⁵	Tolerante ⁵³	33.350	P
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê-branco	Bignoniaceae	Não ⁵²	Tolerante ⁵³	71.000	P

Tabela 1: Espécies utilizadas nos experimentos

(Conclusão)

Nome Científico	Nome popular	Família	Dormênci a física?	Tolerância à dessecação?*	Número de sementes/kg	Classe **
<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	Fabaceae	Sim ⁴⁰	Tolerante ⁴⁰	960	G
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Ipê-mirim	Bignoniaceae	Não ⁴¹	Tolerante ¹¹	100.000	P
<i>Terminalia brasiliensis</i> (Cambess.) Eichler	Terminália	Combretaceae	N/C	N/C	1.760.000	P
<i>Zea mays</i> L.	Milho	Poaceae	Não ⁵⁴	Tolerante ⁵⁴	3.500	G

* As categorias se referem ao comportamento das sementes quanto à tolerância à dessecação e ao armazenamento (ortodoxas: tolerantes; intermediárias e recalcitrantes: sensíveis), segundo Roberts (1973) e Ellis *et al.* (1990).

** G = Grande (menos de 5.000 sementes/kg); M = Média (5.001 a 20.000 sementes/kg); e P = Pequena (mais de 20.000 sementes/kg).

***N/C= Não classificada

Fonte: Da autora (2025).

1 - Jaganathan; Biddick (2020); 2 - Magistrali *et al.* (2015); 3 - Sautu *et al.* (2006); 4 - Carvalho (2016); 5 - Daws; Garwood; Pritchard, (2005); 6 - Ellis *et al.* (2007); 7 - Mayrinck *et al.* (2019); 8 - Castro; Guimarães; Faria, (2017); 9 - McGinty; Murphy; Hauvermale, (2021); 10 - Romero; Heredia; Chaparro-Zambrano, (2018); 11 - Jayasuriya *et al.* (2013); 12 - Pereira, *et al.* (2018); 13 - Martins *et al.* (2019); 14 - Sena et al (2023); 15 - Nyambati (2005); 16 - Blackman; Obendorf; Leopold, (1992); 17 - Naithani, *et al.* (2006); 18 - Delgado-Paredes *et al.* (2021); 19 - Narváez-Herrera *et al.* (2024); 20 - Oliveira *et al.* (2012); 21 - Rodrigues-Junior *et al.* (2020); 22 - Aganathan *et al.* (2017); 23 - Jayasuriya; Phartyal, (2024); 24 - Pirola *et al.* (2021); 25 - Bragante *et al.* (2018); 26 - Vaz *et al.* (2016); 27 - Baskin; Baskin, (2022); 28 - Guedes *et al.* (2012); 29 - Becwar; Stanwood; Leonhardt, (1983); 30 - Salomão; Santos; José, (2019); 31 - Mensah; Agbagwa, (2004); 32 - Ribeiro; Borghetti, (2014); 33 - Pozitano; Rocha, (2011); 34 - Rodrigues-Junior *et al.* (2015); 35 - Aguiar; Ranal; Santana (2014); 36 - Sainz-Hernández *et al.* (2023); 37 - Silva *et al.* (2017); 38 - Rodrigues-Junior *et al.* (2014); 39 - Kissmann; Scalón, (2011); 40 - Ajiboye (2010); 41 - Vargas-Figueroa; Torres-González, (2018); 43 - Teixeira *et al.* (2018); 43 - Souza *et al.* (2021); 44 - Ellis *et al.* (2007); 45 - Soriano *et al.* (2014); 46 - Carvalho

(2003); 47 - Seneme (2018); 48 - Scalon; Mussury; Lima (2012); 49 - Barroso; Oliveira; Ciarelli (2009); 51 - Schorn; Silva; Magro (2010); 51 - Felippi *et al.* (2008); 52 - Valdovinos *et al.* (2021); 53 - Abbade; Takaki (2014); 54 - Huang; Møller; Song, (2012); 55 - Mattana *et al.* (2020); 56 – Oliveira, *et al.* (2014); 57 - Subbiah *et al.* (2019); 58 - Akimoto *et al.* (2004); 59 - Shibata *et al.* (2012); 60 - Fernandes *et al.* (2021); 61 - Alves Junior *et al.* (2016); 62 - Ferraz; Ramalho; Vale, (2019); 63 - Souza *et al.* (1999); 64 - Monpara; Chudasama; Thaker, (2019); 65 - Maeda *et al.* (2021); 66 - Kuswantoro; Li'aini, (2021); 67 - Rodrigues *et al.* (2021); 68 - Fetouh *et al.* (2016); 69 - Morris; Negreros-Castillo; Mize, (2000); 70 - Ferdousi; Rahman; Hassan, (2014); 71 - Afarel *et al.* (2021); 72 - Salih *et al.* (2019); 73 - Coimbra *et al.* (2024); 74 - Pinto *et al.* (2007); 75 - Valenti; Gonzalez; Ruscitti, (2021); 76 - Castro *et al.* (2024); 77 - Shibata; Corredor-Prado; Oliveira, (2019).

Inicialmente, as cápsulas de alumínio foram limpas e pesadas em balança de precisão com quatro casas decimais. A determinação do teor de água foi realizada com quatro repetições de cinco sementes. Para espécies com mais de 50.000 sementes/kg, onde o peso de cinco sementes não atingiu a primeira casa decimal (0,1 g), foi necessário adicionar mais sementes até alcançar o peso mínimo de 0,1 g por repetição.

Sementes com tegumentos que dificultavam a perda de água foram quebradas em pilão de ferro para facilitar a perda de água na estufa. Sementes grandes (peso de mil sementes > 200g) foram cortadas com alicate ou tesoura de poda, conforme as recomendações das RAS (Brasil, 2009). As amostras foram então pesadas em cápsulas de alumínio identificadas e colocadas em estufa na temperatura de 105 °C e 130 °C pelos tempos de secagem estipulados. Após os tempos determinados, as cápsulas foram retiradas da estufa e transferidas para um dessecador com sílica gel ativada para o resfriamento (10 a 15 minutos). Em seguida, as cápsulas contendo as sementes foram pesadas novamente, e o teor de água das sementes foi determinado pela diferença de peso com resultados expressos em porcentagem (%) em relação ao peso úmido, conforme a fórmula a seguir:

Formula 1.

$$U (\%) = \frac{PF - PS}{PF} * 100$$

Onde:

PF = Peso fresco

PS = Peso seco

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. Todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias. Em seguida foi realizada a análise de variância (ANOVA) e, quando houve significância ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de significância, utilizando o software estatístico R Studio (R Development Core Team, 2010). Foram também realizados cálculos para a definição do consumo de energia.

Foram conduzidos dois experimentos independentes, além da determinação do consumo energético, conforme descritos a seguir.

Experimento 1- Comparação entre o método padrão de determinação de umidade em sementes a 105°C por 24 horas e o método a 130 °C por 1, 2, 3 e 4 horas

Neste experimento, o teor de água das sementes foi determinado por meio de dois métodos normatizados pelas Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009): o método padrão de estufa a 105°C por 24 horas e o método de estufa a 130 °C, com tempos de secagem de 1, 2, 3 e 4 horas. A contagem do tempo de secagem foi iniciada após a estabilização da temperatura da estufa (Solidsteel SSD-64L), momento em que as amostras foram inseridas.

Experimento 2- Determinação do teor de água em sementes pelo método a 105 °C por 6, 14, 30 e 48 horas em comparação com o tempo padrão de 24 horas

Neste experimento, para determinar o teor de água das sementes, foi utilizada a principal metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009). O método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas foi ampliado e realizado com períodos de secagem de 6, 14, 24, 30, 36 e 48 horas, para avaliar a influência do tempo na determinação do teor de água das sementes e assim determinar em qual momento será verificado o peso constante da amostra, o que é ideal para a determinação da umidade de qualquer material. A estufa (Solidsteel modelo SSD-64L) foi ligada e os períodos de secagem contabilizados somente após a estabilização da temperatura, quando as amostras foram inseridas.

3.1 Determinação do consumo energético

A determinação do consumo de energia da estufa utilizada na secagem de sementes foi realizada com base em sua potência nominal e no tempo efetivo de funcionamento do equipamento (Fórmula 2). A estufa possui uma potência nominal de 500 W (0,5 kW) e opera de forma cíclica, permanecendo ligada por aproximadamente 6 minutos até atingir a temperatura programada. Nesse momento, o termostato desativa o aquecimento, interrompendo o fornecimento de energia elétrica por cerca de 22 minutos, enquanto a temperatura é mantida pelo isolamento térmico da estufa. Para o cálculo do consumo real de energia (kWh), registrou-se o tempo total em que a estufa permaneceu efetivamente ligada ao longo de cada tratamento.

Fórmula 2.

$$E = P \times t$$

onde:

E = consumo energético (kWh)

P = potência da estufa (0,5 kW)

t = tempo efetivo de funcionamento (horas)

Os valores obtidos foram comparados entre os diferentes métodos, considerando a eficiência energética e o tempo de secagem das sementes.

Além da estimativa baseada na potência nominal e no tempo de operação, foram realizadas medições diretas da corrente elétrica para verificar a constância do consumo de energia. A tensão elétrica da rede foi medida utilizando um alicate amperímetro (True RMS 1000A Extech EX800) em uma das fases da estufa, permitindo uma análise mais precisa das variações no fornecimento de energia durante o funcionamento do equipamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparação entre o método padrão de determinação de umidade em sementes a 105°C por 24 horas e o método a 130 °C com tempos de 1, 2, 3 e 4 horas.

Os resultados obtidos indicam uma variabilidade significativa na resposta das sementes de diferentes espécies aos métodos de determinação de umidade. A Tabela 2 apresenta as médias dos teores de água das espécies que exibiram diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre o método de secagem a 130 °C, aplicado por períodos de 1 a 4 horas, e o método padrão a 105 °C por 24 horas. Para as sementes de banana-de-macaco e ipê-da-serra as médias obtidas pelo método a 130 °C, em todos os tempos avaliados, foram estatisticamente iguais às do método padrão, conforme indicado pelo teste de Dunnett a 5%.

Estudos anteriores demonstram que o aumento da temperatura de secagem acelera a remoção de água (Coradi *et al.* 2020; Coradi *et al.* 2022; Lang *et al.* 2018; Malumba *et al.* 2009; Malumba *et al.*, 2014). Este resultado pode ser explicado pela maior eficiência de temperaturas elevadas em acelerar a perda de água, uma vez que promovem maior atividade molecular, facilitando a difusão das moléculas de água durante o processo de secagem (Jahanbakhshi; Yeganeh; Momeny, 2020; Tajudin *et al.*, 2019).

Tabela 2: Comparação do teor de água (%) obtido pelo método padrão a 105 °C (24h) e pelo método alternativo a 130 °C em diferentes tempos de secagem (1, 2, 3 e 4 horas).

(Continua)

Espécie	Inteira	Quebrada	105 °C		130 °C		
			24h	1h	2h	3h	4h
Banana-de-macaco		X	42,37	37,02	42,53	44,24	44,96
Ipê-da-serra	X		10,45	9,83	10,16	10,69	10,71
Ipê-mirim	X		6,43	6,72	7,55	7,58	7,62
Leucena		X	7,79	8,92	9,32	9,67	9,67
Mogno		X	4,72	4,99	5,16	5,23	5,19
Eucalipto	X		9,13	9,78	11,19	11,31	11,33
Araçá		X	10,02	10,16	10,88	11,11	11,63
Angico-amarelo		X	11,41	10,26	11,42	11,8	12,02
Aguai		X	8,79	8,15	8,62	8,8	8,9
Ingá-vera		X	54,42	47,38	52,81	53,63	54,16
Bico-de-pato		X	10,32	9,95	10,37	10,55	10,43
Cedro	X		9,1	7,53	8,35	8,63	8,79
Sombreiro		X	9,31	7,99	8,63	8,9	8,92
Fedegoso		X	8,34	5,62	7,11	7,6	7,95
Ingá-de-metro		X	58,54	43,06	56,07	58,57	59,41
Eritrina	X		8,73	6,61	7,74	8,54	8,74
Babosa-branca	X		19,55	17,93	19,57	19,92	19,95
Algodão	X		8,92	7,2	8,54	9,12	9,14
Albícia		X	7,82	6,08	7,12	7,91	8,3
Ipê-amarelo		X	7,46	6,86	6,98	7,01	6,9
Sesbânia		X	10,1	9,46	10,25	10,26	10,57
Paineira	X		9,07	7,98	9,11	9,78	10,05
Pau-ferro		X	10,8	10,08	11,07	11,13	11,46
Angico-vermelho	X		7,72	6,33	7,74	8,42	8,95
Aroeira-brava		X	12,38	8,97	10,6	11,15	11,32

Tabela 2: Comparação do teor de água (%) obtido pelo método padrão a 105 °C (24h) e pelo método alternativo a 130 °C em diferentes tempos de secagem (1, 2, 3 e 4 horas).

(Conclusão)

Espécie	Inteira	Quebrada	105 °C		130 °C		
			24h	1h	2h	3h	4h
Pau-terra	X		9,41	9,18	9,61	9,87	9,71
Terminália	X		10,3	9,02	8,28	9,37	10,12
Soja	X		8,43	6,56	7,54	8,06	8,56
Tamarindo		X	14,3	12,33	13,47	14,22	14,32
Tamboril	X		10,56	7,69	8,93	9,51	9,94
Saboneteira		X	10,47	8,59	9,4	9,95	10,35
Goiaba		X	9,33	10,57	10,76	10,84	11,0
Lobeira	X		10,63	8,74	8,8	8,89	9,13
Jenipapo	X		35,58	18	20,65	21,52	22,25
Milho		X	10,21	7,48	8,41	8,94	9,04
Flamboyant		X	7,64	4,44	5,61	6,28	6,49
Cássia-verrugosa	X		13,21	10,12	11,27	11,54	11,49
Cipó-de-são-joão	X		12,71	6,56	7,98	9,1	9,79
Aroeira-do-sertão	X		10,62	7,88	8,47	9,09	9,62
Cássia-rosa		X	11,44	8,17	9,33	10,06	10,61
Mutamba	X		10,19	8	9,03	9,53	9,55
Espeto	X		46,18	44,39	44,7	44,87	44,83
Tingui		X	8,21	6,6	7,39	7,51	7,56

* Médias na temperatura de 130 °C com a mesma cor (cinza escuro) que a média na temperatura de 105 °C, nas linhas, não diferem significativamente entre si, conforme o teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

** As médias do teste padrão (24 horas) com fundo branco não foram estatisticamente iguais quando comparadas às médias com fundo cinza claro, nas linhas, conforme o teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2025).

Já para as sementes das espécies ipê-mirim, leucena, mogno, eucalipto e araçá, as médias do método a 130 °C foram estatisticamente iguais a média no método de 24 horas a 105

°C apenas na primeira hora. Esses efeitos podem estar associados à composição química, teor de água livre, e as características anatômicas, como a espessura do tegumento, que influenciam significativamente a dinâmica de perda de água em condições de alta temperatura (Boateng; Yang, 2021; Qu *et al.*, 2020).

Para as sementes das espécies angico-amarelo, aguai, ingá-vera, bico-de-pato, cedro, sombreiro, fedegoso, ingá-de-metro, eritrina, babosa-branca, algodão e albízia, as médias do método de determinação de umidade a 130 °C foram iguais nos tempos de 2, 3 e 4 horas, em comparação com as médias do método 24 horas a 105 °C. Já para as sementes de ipê-amarelo, sesbânia e paineira, as médias obtidas a 130 °C foram estatisticamente iguais às do método padrão nos tempos de 2 e 3 horas. Para as espécies pau-ferro e angico-vermelho, as médias dos métodos foram iguais apenas no tempo de 2 horas a 130 °C.

Dignart *et al.* (2000) avaliaram três métodos para determinar o teor de água em sementes inteiras de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Cov.) e jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* (Hayne) Mart.): estufa a 105±3°C por 24 horas, estufa a 130-133°C por 1 hora e estufa a 70°C até peso constante. Os resultados mostraram diferença estatística entre os valores obtidos nos métodos. Para as sementes de barbatimão, os valores obtidos a 130°C (8,10%) foram estatisticamente diferentes daqueles obtidos a 105°C (8,89%) e a 70°C (11,94%). Para o jatobá-do-cerrado, observou-se o mesmo padrão, com valores de 5,11% a 130°C, 8,49% a 105°C e 9,66% a 70°C.

As sementes das espécies aroeira-brava, pau-terra, terminália, soja e tamarindo apresentaram resultados estatisticamente iguais entre os métodos nos tempos de 3 e 4 horas a 130 °C. Por outro lado, os resultados das médias das sementes de tamboril e saboneteira, foram iguais estatisticamente, entre os métodos, apenas no tempo de 4 horas a 130 °C. Essas variações podem ser atribuídas ao impacto do aumento rápido da temperatura no movimento da umidade para a superfície das sementes, processo que pode ser modificado pelo tempo de exposição e pelas características específicas de cada espécie (Delfiya *et al.*, 2022).

Além disso, períodos prolongados em condições de alta temperatura podem levar à degradação de componentes estruturais, como paredes celulares e compostos bioquímicos, impactando negativamente a precisão dos resultados (Qu *et al.*, 2020).

Outras sementes de espécies como goiaba, lobeira, jenipapo, milho, flamboyant, cássia-verrugosa, cipó-de-são-joão, aroeira-do-sertão, cássia-rosa, mutamba, espeto e tinguí, apresentaram médias diferentes estatisticamente entre os métodos de determinação de umidade no teste de Dunnett, evidenciando que a resposta ao tempo e à temperatura da estufa varia entre

as espécies analisadas. O milho é uma das espécies recomendadas pelas RAS (2009) e pela ISTA (2023) para o método de secagem a 130 °C por 4 horas. No entanto, neste experimento o método de 130 °C não se igualou ao método de 105 °C nos tempos testados. Estudos também relatam variações neste protocolo para sementes de milho, como o uso de 130 °C por 2 horas (Darfour *et al.*, 2022) e 140 °C por 3 horas (Silva *et al.*, 2023; Ziegler *et al.*, 2020).

Para as espécies listadas na Tabela 3, não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre os teores de água obtidos nos diferentes tempos de secagem a 130 °C quando comparados ao método padrão a 105 °C por 24 horas. Isso indica que, para essas espécies, o uso de temperaturas mais elevadas pode ser uma alternativa viável para a determinação da umidade em menor tempo.

Tabela 3: Espécies cujos teores de água obtidos a 130 °C em diferentes tempos de secagem não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) do método padrão a 105 °C por 24 horas

Espécie	Inteira	Quebrada	105 °C		130 °C		
			24h	1h	2h	3h	4h
Barbatimão		X	11,94	9	10,26	13,34	11,45
Ipê-branco	X		8,59	8,4	9,01	9,9	9,92
Gmelina		X	33,34	33,11	33,99	34,16	34,17
Aroeira-vermelha	X		11,44	11,28	10,67	11,75	11,87
Urucum		X	10,57	10,18	10,09	10,42	11,16
Capixingui	X		8,71	8,79	8,77	9,01	9,06
Murta	X		15,42	14,76	15,19	15,34	15,34
Candeia	X		6,69	6,43	6,26	6,84	6,3
Cássia-verrugosa		X	11,61	10,95	11,56	10,93	13,49
Pitanga	X		50,92	45,86	44,75	47,98	48,78
Cássia-imperial		X	12,19	11,36	12,38	13,01	13,29
Moreira	X		7,28	7,57	7,7	7,61	7,63
Quinoa	X		10,27	10,09	10,5	10,65	10,75
Ipê-rosa	X		8,8	9,1	9,07	9,09	9,35
Ipê-roxo	X		8,06	7,41	7,57	7,71	7,8

Fonte: Da autora (2025).

Esses resultados ressaltam a importância de considerar as características morfológicas e bioquímicas das sementes ao selecionar o método de determinação de umidade. A variação na resposta ao tempo e à temperatura da estufa é influenciada pela composição interna e pela estrutura das sementes. Embora o método a 130 °C demonstre potencial para reduzir o tempo de análise em diversas espécies, sua aplicação em espécies mais sensíveis exige cautela, pois tempos inadequados podem comprometer a precisão da análise ou alterar características intrínsecas das sementes.

4.2 Determinação do teor de água em sementes pelo método a 105 °C por 6, 14, 30 e 48 horas em comparação com o tempo padrão de 24 horas

A análise dos dados de umidade das sementes revelou diferenças nas respostas das espécies aos tempos de secagem testados. Sementes de espécies como tingui, aguai, ipê-branco, goiaba, jacarandá-mimoso e araçá atingiram o equilíbrio de secagem rapidamente, apresentando resultados estatisticamente iguais em todos os tempos analisados (6, 14, 30 e 48 horas) quando comparados ao padrão de 24 horas (Tabela 4). Os resultados indicam que o tempo de análise do teor de água das sementes pode ser reduzido para 6 horas sem prejuízo à precisão e com economia de energia. As médias das sementes de bico-de-pato, cipó-de-são-joão e pau-ferro também apresentaram igualdade estatística entre os métodos no tempo de 6 horas (130 °C), enquanto as médias das sementes de ipê-mirim foram estatisticamente iguais à média do tempo padrão apenas quando comparadas ao tempo de 6 horas.

Tabela 4: Teor de água (%) em sementes comparando os métodos a 105 °C (24h) e 105 °C em diferentes tempos de secagem

(Continua)

Espécie	Inteira	Quebrada	105 °C		105 °C		
			24h	6h	14h	30h	48h
Tingui		X	8,2	8,3	7,6	8,5	8,5
Aguai		X	8,8	8,9	8,8	8,9	8,8
Ipê-branco	X		8,6	8,0	9,2	7,9	7,6
Goiaba		X	9,3	8,9	9,8	8,9	9,3
Araçá		X	10,0	9,7	9,6	10,2	10,4
Jacarandá-mimoso	X		11,4	9,6	9,8	13,5	13,9
Bico-de-pato		X	10,3	10,5	10,2	10,9	11,1
Cipó-de-são-joão	X		12,7	12,4	12,7	13,4	13,4
Pau-ferro		X	10,8	10,8	9,6	11,4	11,4

Tabela 4: Teor de água (%) em sementes comparando os métodos a 105 °C (24h) e 105 °C em diferentes tempos de secagem

(Conclusão)

Espécie	Inteira	Quebrada	105 °C		105 °C		
			24h	6h	14h	30h	48h
Ipê-mirim	X		6,4	6,7	7,2	7,5	7,2
Barbatimão		X	11,9	18,5	11,4	11,9	11,4
Algodão	X		8,9	8,3	8,8	8,9	8,9
Albizia		X	7,8	6,7	6,9	7,8	7,7
Pitanga	X		50,9	45,6	50,4	51,4	51,8
Cássia-imperial		X	12,5	11,3	12,6	12,5	12,7
Aroeira-do-sertão	X		10,6	9,1	10,5	11,1	10,9
Eritrina		X	8,6	7,3	8,9	9,3	9,7
Saboneteira		X	10,5	9,5	10,3	10,7	11,2
Aroeira-brava	X		12,4	10,4	12,0	12,4	13,8
Alfeneiro	X		8,6	8,2	8,6	8,6	9,0
Paineira	X		9,1	7,9	8,8	10,1	10,2
Cássia-rosa		X	11,4	9,7	10,2	11,7	12,1
Lobeira	X		10,6	10,2	10,1	10,6	10,7
Sena-verrugosa	X		13,2	11,0	11,2	12,5	12,7
Babosa-branca	X		19,6	19,1	20,4	19,6	19,6
Urucum		X	10,6	9,4	9,6	10,9	11,3
Soja	X		8,4	8,0	8,7	8,5	8,6
Mutamba	X		10,2	9,2	9,7	10,1	10,9
Sesbânia		X	10,1	9,7	10,7	10,7	10,5
Milho		X	10,2	9,0	9,3	10,7	10,9

* Médias na temperatura de 130 °C com a mesma cor (cinza escuro) que a média na temperatura de 105 °C, nas linhas, não diferem significativamente entre si, conforme o teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

** As médias do teste padrão (24 horas) com fundo branco não foram estatisticamente iguais quando comparadas às médias com fundo cinza claro, nas linhas, conforme o teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2025).

A redução do tempo necessária para a determinação da umidade das sementes é essencial, pois essa análise é amplamente realizada em laboratórios e desempenha um papel fundamental tanto no armazenamento quanto no processo de secagem das sementes (Grabe, 1989; Rivero-Lepinckas; Crist; Scholl, 2006; Ziegler, Paraginski; Ferreira, 2021). Além disso, o tempo de análise é uma variável determinante, pois influencia diretamente aspectos críticos, como o consumo de energia, os custos associados e, conseqüentemente, o custo operacional total do processo (Torres-Miño; Maqueda; Moreno, 2020).

Aganathan, Li e Liu (2022) analisaram o teor de água das sementes de *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf., *Sesbania grandiflora* (L.) Poir. e *Adenanthera pavonina* (L.) ao longo de 17 horas, realizando pesagens horárias em uma temperatura constante de 103°C. Os resultados indicaram que o peso das sementes se estabilizou entre duas e cinco horas, sugerindo que, para essas espécies, o processo de secagem pode alcançar a estabilização antes do tempo padrão de 17 horas frequentemente utilizado e recomendado pela ISTA (2023).

Outras sementes, como as das espécies barbatimão, algodão, albizia, pitanga, cássia-imperial e aroeira-do-sertão, apresentam diferenças apenas no tempo de 6 horas, indicando que este intervalo pode não ser suficiente para estabilizar a umidade. Para eritrina, saboneteira, aroeira-brava e alfeneiro, os valores médios de umidade alcançados nos tempos de 14 e 30 horas foram estatisticamente iguais à média do teste padrão, enquanto a paineira mostrou estabilidade apenas no tempo de 14 horas, sugerindo uma possível substituição do tempo padrão (24 horas) pelo tempo de 14 horas para a determinação do teor de água das sementes dessas espécies.

As médias das sementes das espécies cássia-rosa, lobeira, sena-verrugosa e babosa-branca foram estatisticamente iguais à média do tempo de 24 horas apenas nos tempos de 30 e 48 horas, enquanto as médias das sementes de urucum, soja e mutamba foram iguais ao tempo padrão apenas no tempo de 30 horas. Demonstrando que o tempo de 24 horas não pode ser diminuído, pois a perda de umidade só se estabiliza a partir desse período. Por outro lado, sementes de sesbânia e milho apresentaram médias diferentes em todos os tempos quando comparados ao tempo padrão 24, confirmando que o tempo padrão de 24 horas é ideal.

A taxa de perda de água em sementes apresenta grande variabilidade, tanto entre espécies diferentes quanto entre sementes de uma mesma espécie (Hill; Edwards; Franks 2010). Essa variabilidade pode estar relacionada às características intrínsecas das sementes, como composição química, teor de água livre, e as características anatômicas, como a espessura do tegumento, que influenciam significativamente a dinâmica de perda de água em condições de secagem (Boateng; Yang, 2021; Pedrini, Dixon, 2020; Qu *et al.*, 2020).

Por fim, as sementes das espécies ipê-amarelo, ipê-roxo, ipê-rosa, gmelina, ingá-de-metro, ipê-tabaco, mogno, angico-vermelho, tamarindo, quinoa, pau-terra, jenipapo, murta, banana-de-macaco, escumilha-africana, flamboyant, sombreiro, fedegoso, tamboril, aroeira-vermelha, angico-amarelo, capixingui e terminália, foram iguais estatisticamente entre os tempos analisados ($p > 0,05$) (Tabela 5). Essa estabilidade permite maior flexibilidade na escolha do tempo de secagem para essas espécies, sendo qualquer um dos intervalos avaliados (6, 14, 24, 30 ou 48 horas) adequado para a determinação precisa da umidade.

Tabela 5: Espécies cujos teores de água obtidos a 105 °C em diferentes tempos de secagem não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) do tempo padrão de 24 horas.

Espécie	Inteira	Quebrada	105 °C		105 °C		
			24h	6h	14h	30h	48h
Ipê-amarelo	X		7,5	7,0	6,9	7,7	7,7
Ipê-roxo	X		8,1	7,9	7,6	7,9	8,1
Ipê-rosa	X		8,8	8,4	9,3	9,2	9,0
Gmelina		X	33,3	33,2	33,2	33,3	33,4
Ingá-de-metro		X	58,5	56,7	58,6	58,6	59,2
Ipê-tabaco	X		7,9	7,8	7,0	7,9	7,9
Mogno		X	4,7	4,7	5,0	4,8	4,9
Angico-vermelho		X	7,8	7,5	7,7	8,0	7,9
Tamarindo		X	14,3	13,9	13,1	14,5	14,8
Quinoa	X		10,3	9,3	9,9	10,3	10,4
Pau-terra		X	8,9	8,7	8,8	8,8	8,79
Jenipapo	X		35,6	34,2	37,5	35,6	35,5
Murta	X		15,4	15,1	15,2	15,3	15,4
Banana-de-macaco		X	42,4	40,7	50,9	42,5	42,5
Escumilha-africana	X		9,7	9,4	9,9	10,5	9,9
Flamboyant	X		4,4	3,5	4,9	4,5	4,7
Sombreiro		X	9,3	8,9	8,9	9,4	9,4
Fedegoso		X	8,3	7,4	8,2	8,4	8,7
Tamboril		X	10,6	10,6	10,0	10,7	10,7
Aroeira-vermelha	X		11,7	10,0	11,7	12,2	12,7
Angico-amarelo		X	11,4	10,6	11,5	11,5	12,7
Capixingui		X	8,6	8,6	8,5	8,7	8,8
Terminália	X		10,6	9,7	9,7	10,7	10,9

Fonte: Da autora (2025).

Os resultados deste estudo demonstram que a escolha do tempo de secagem para determinar o teor de água das sementes depende da espécie vegetal em questão. Para muitas espécies, o tempo de secagem pode ser reduzido significativamente sem comprometer a precisão dos resultados, o que pode otimizar os processos de análise e reduzir custos.

4.3 Consumo de energia

Os resultados obtidos indicam uma relação direta entre a temperatura de secagem e a eficiência energética do processo. A Tabela 6 apresenta o tempo efetivo de funcionamento da estufa para os diferentes métodos testados, bem como o consumo de energia (kWh), o custo total da eletricidade (considerando o valor de R\$ 7,00 por kWh em janeiro de 2025), a economia de energia (%) e a economia financeira (R\$).

Tabela 6 – Comparação do tempo de funcionamento, consumo de energia e custos entre os métodos de determinação do grau de umidade em sementes.

Método	Tempo/estufa	Consumo (kWh)	Custo total (R\$)	Economia de energia (%)	Economia financeira (R\$)
105°C/24h	9h 36min	4,8	3,35*	-	-
130 °C/1h	26 min	0,22	0,15	95,42	3,20
130 °C/2h	52 mim	0,43	0,30	91,04	3,05
130 °C/3h	1h 18 min	0,65	0,45	86,46	2,90
130 °C/4h	1h 44min	0,85	0,59	82,29	2,76

* Cálculo realizado com base no preço do kWh da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) para janeiro de 2025.

Fonte: Da autora (2025).

Os dados apresentados na Tabela 4 evidenciam que o método convencional para obtenção do teor de água das sementes a 105 °C por 24 horas resultou no maior consumo de energia (4,80 kWh), refletindo-se no custo mais elevado (R\$ 3,35).

Por outro lado, os tempos utilizados no método a 130 °C apresentaram reduções expressivas no consumo energético e no custo operacional devido à diminuição do tempo de funcionamento da estufa. O método de secagem por 1 hora a 130 °C demonstrou o menor consumo de energia (0,22 kWh), proporcionando uma economia de 95,42% em relação ao método tradicional e uma redução de R\$ 3,20 no custo da eletricidade. À medida que o tempo de exposição a 130 °C aumentou, o consumo energético também se elevou gradativamente, mas ainda assim permaneceu inferior ao método convencional.

A redução do consumo energético está diretamente relacionada à maior eficiência da difusão de umidade nas amostras submetidas a temperaturas mais elevadas (Tagnamas *et al.*; 2022). Temperaturas mais altas aumentam a energia cinética do ar quente convectivo, promovendo uma maior taxa de perda de água, conseqüentemente, reduzindo o tempo necessário para atingir a umidade desejada (Mujumdar; Law, 2010). Isso ocorre devido ao aumento do gradiente térmico entre o meio de secagem e as sementes, o que potencializa a transferência de calor e a remoção de umidade (Igbozulike; Ndirika; Simonyan, 2023).

Além da eficiência energética, a redução do consumo de eletricidade impacta diretamente na emissão de gases de efeito estufa associados à produção de energia elétrica, contribuindo para a diminuição da pegada de carbono do processo de secagem (Kaveh *et al.*, 2020; Kaveh; Abbaspour-Gilandeh; Nowacka, 2021). Dessa forma, a otimização da temperatura e tempo de secagem não apenas melhora a viabilidade econômica do processo, mas também mitiga impactos ambientais associados ao alto consumo de energia.

5 CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que é possível substituir o método de referência (105 °C por 24h) pelo método alternativo a 130 °C em tempos que variam entre 1 e 4 horas, para diversas espécies, resultando em uma redução significativa do tempo de análise e menor consumo de energia elétrica.

Quando utilizada a temperatura de 105 °C, o tempo necessário para a determinação do teor de água varia entre as espécies, podendo ser inferior ou superior a 24 horas, que é o método de referência. Essa variação ressalta a importância de considerar as características específicas das sementes de cada espécie no ajuste do tempo de secagem, permitindo otimizações no processo analítico. Para sementes cuja determinação do teor de água pode ser feita em menor tempo, isso resulta na redução de custos operacionais, mantendo a eficiência dos trabalhos desenvolvidos nos laboratórios.

6 REFERÊNCIAS

- ABBADE, L. C.; TAKAKI, M. Biochemical and physiological changes of *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith (Bignoniaceae) seeds under storage. **Journal of Seed Science**, v. 36, p. 100-107, 2014.
- AFAREL, A. Z. *et al.* Seed dormancy and germination in *Psidium cattleianum* Sabine (red and yellow araçá). **Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 9, p. 20-27, 2021.
- AGANATHAN, G. K. *et al.* Role of the lens in controlling physical dormancy break and germination of *Delonix regia* (Fabaceae: Caesalpinioideae). **Plant Biology**, v. 19, n. 1, p. 53-60, 2017.
- AGUIAR, B. A. P.; RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. Variability in their relative dormancy of *Lithraea molleoides* (Vell.) Eng. diaspores. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 325-337, 2014.
- AJIBOYE, A. A. Dormancy and seed germination in *Tamarindus indica* (L.). The Pacific **Journal of Science and Technology**, v. 11, n. 2, p. 463-470, 2010.
- AKIMOTO, T. *et al.* Involvement of acetaldehyde in seed deterioration of some recalcitrant woody species through the acceleration of aerobic respiration. **Plant and cell physiology**, v. 45, n. 2, p. 201-210, 2004.
- ALVES JUNIOR, C. *et al.* Water uptake mechanism and germination of *Erythrina velutina* seeds treated with atmospheric plasma. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 33722, 2016.
- ALVES, M. C. S. *et al.* Use of near infrared spectroscopy for estimating moisture content in Brazilian cherry (*Eugenia uniflora* L.) seeds submitted to dehydration. **CERNE**, v. 30, p. e-103414, 2024.
- AUSTIN, J. *et al.* Utilizing microwaves for the determination of moisture content independent of density. **Powder technology**, v. 236, p. 17-23, 2013.
- AZMI, N. *et al.* RF-based moisture content determination in rice using machine learning techniques. **Sensors**, v. 21, n. 5, 2021.
- BADARÓ, A. T. *et al.* Identification of Fiber Added to Semolina by near Infrared (NIR) Spectral techniques. **Food Chemistry**. v. 289, p. 195–203. 2019.
- BAI, X. *et al.* Quantitative determination of wheat moisture content based on microwave detection technique combined with multivariate data analysis. **Journal of Stored Products Research**, v. 105, p. 102237, 2024.
- BAKHTAVAR, M. A.; AFZAL, I. Climate smart Dry Chain Technology for safe storage of quinoa seeds. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 12554, 2020.
- BARRIGA, A.; FIALA, N. The supply chain for seed in Uganda: Where does it go wrong?. **World Development**, v. 130, p. 104928, 2020.
- BARROSO, I. C. E.; OLIVEIRA, F.; CIARELLI, D. M. Morphology of the dispersion unit and germination of *Cordia sellowiana* cham. and *Cordia myxa* l. **Bragantia**, v. 68, p. 241-249, 2009.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. Seed (true seed plus endocarp) dormancy in *Anacardiaceae* in relation to infrafamilial taxonomy and endocarp anatomy. **Seed Science Research**, v. 32, n. 4, p. 187-199, 2022.

- BECWAR, M. R.; STANWOOD, P. C.; LEONHARDT, K. W. Dehydration effects on freezing characteristics and survival in liquid nitrogen of desiccation-tolerant and desiccation-sensitive seeds. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 108, n. 4, p. 613-618, 1983.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N. W. Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds. **Frontiers in plant science**, v. 4, p. 478, 2013.
- BLACKMAN, S. A.; OBENDORF, R. L.; LEOPOLD, A. C. Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing soybean seeds. **Plant physiology**, v. 100, n. 1, p. 225-230, 1992.
- BOATENG, I. D.; YANG, X-M. Effect of different drying methods on product quality, bioactive and toxic components of Ginkgo biloba L. seed. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 8, p. 3290-3297, 2021.
- BRAGANTE, R. B. *et al.* Physiological and metabolic responses of immature and mature seeds of *Libidibia ferrea* ((Mart. ex Tul.) LP Queiroz) under contrasting storage temperatures. **Brazilian Journal of Botany**, v. 41, p. 43-55, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de defesa agropecuária, p. 399, 2009.
- CABRERA, E.R.; MADAWANARACHCHI, W.P. Simple Procedures for Seed Moisture Testing; **Seed Technology Papers**; Mississippi State University: Starkville, MS, USA, 16 p., 2021.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Embrapa Florestas, 2003.
- CARVALHO, R.M.; VAZ, T.A.A.; DAVIDE, A.C. Physiological classification of forest seeds regarding the desiccation tolerance and storage behaviour. **CERNE**. 2016, 22(1), 85-91.
- CASTRO, L. E.; GUIMARÃES, C. C.; FARIA, J. M. R. Physiological, cellular and molecular aspects of the desiccation tolerance in *Anadenanthera colubrina* seeds during germination. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, p. 774-780, 2017.
- CASTRO, L. M. R. *et al.* *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae) seed reserves and aluminum: Usage and mobilization during germination and seedling development. **Plant Species Biology**, v. 39, n. 4, p. 205-219, 2024.
- CHANDEL, N.; KUMAR, A; KUMAR, R. Towards Sustainable Agriculture: Integrating Agronomic Practices, Environmental Physiology and Plant Nutrition. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 36, n. 6, p. 492-503, 2024.
- COIMBRA, M. C. *et al.* Short-Term Liquid Nitrogen Storage of *Pyrostegia venusta* Embryos: Effects on Germination, Phenotypic and Biochemical Characteristics, and In Vitro Secondary Metabolite Production. **Horticulturæ**, v. 10, n. 7, p. 695, 2024.
- CORADI, P. C. *et al.* Effects of drying temperatures and storage conditions on the levels of lipids and starches in corn grains for yield ethanol industry. **Biofuels**, v. 13, n. 6, p. 745-754, 2022.
- CORADI, P. C. *et al.* Influences of drying temperature and storage conditions for preserving the quality of maize postharvest on laboratory and field scales. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 22006, 2020.

- COZZOLINO D. The Ability of Near Infrared (NIR) Spectroscopy to Predict Functional Properties in Foods: Challenges and Opportunities. **Molecules**, v. 26, n. 22, p. 6981. 2021.
- DARFOUR, B. *et al.* Physical characteristics of maize grain as influenced by varietal and moisture differences. **International Journal of Food Properties**, v. 25, n. 1, p. 1351-1364, 2022.
- DAWS, M. I.; GARWOOD, N. C.; PRITCHARD, H. W. Traits of recalcitrant seeds in a semi-deciduous tropical forest in Panama: some ecological implications. **Functional Ecology**, p. 874-885, 2005.
- DELFIYA, D. S A. *et al.* Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: A review. **Journal of Food Process Engineering**, v. 45, n. 6, p. e13810, 2022.
- DELGADO-PAREDES, G. E. *et al.* Germplasm collection, in vitro clonal propagation, seed viability and vulnerability of ancient peruvian cotton (*Gossypium barbadense* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 53, n. 4, p. 1259-1270, 2021.
- DIGNART, S.; CAMARGO, I. P; FERRONATO, A. Comparação entre os métodos para determinar o grau de umidade em sementes de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* (hayne) mart.) e de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (mart.) Cov.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 300-303, 2000.
- ELLIS, R. H. *et al.* Comparative analysis by protocol and key of seed storage behaviour of sixty Vietnamese tree species. **Seed Science and Technology**, v. 35, n. 2, p. 460-476, 2007.
- ELLIS, R. H.; HONG, T. D. Seed longevity–moisture content relationships in hermetic and open storage. **Seed Science and Technology**, v. 35, n. 2, p. 423-431, 2007.
- ELLIS, R.H., HONG, T.D.; ROBERTS. E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **Journal of Experimental Botany** 41, 1167–1174. 1990.
- EL-MAAROUF-BOUTEAU, H. The seed and the metabolism regulation. **Biology**, v. 11, n. 2, p. 168, 2022.
- ELMASRY, G. *et al.* Emerging thermal imaging techniques for seed quality evaluation: Principles and applications. **Food Research International**, v. 131, p. 109025, 2020.
- FELIPPI, M. *et al.* Fenologia e germinação de sementes de *Aguai*, *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichl.) Engl. **Floresta**, v. 38, n. 2, p. 229-243, 2008.
- FERDOUSI, A.; RAHMAN, M. O.; HASSAN, M A. Seed germination behaviour of six medicinal plants from Bangladesh. **Bangladesh Journal of Plant Taxonomy**, v. 21, n. 1, p. 71, 2014.
- FERNANDES, A. C. *et al.* Use of different conditioning agents and quality evaluation of two lots of annatto (*Bixa orellana*) seeds. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 808-829, 2021.
- FERRAZ, D.; RAMALHO, W. P.; VALE, L. S. R. Methods for overcoming dormancy and seed storage of *Enterolobium contortisiliquum*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, p. e42602, 2019.
- FETOUH, M. I. *et al.* Induction, identification, and characterization of tetraploids in Japanese privet (*Ligustrum japonicum*). **HortScience**, v. 51, n. 11, p. 1371-1377, 2016.
- GAO, S. *et al.* Maize grain moisture content correction: From nonstandard to standard system. **Biosystems Engineering**, v. 204, p. 212-222, 2021.

- GARCÍA, C. M *et al.* Uso de horno microondas em la determinación de contenido de humedad: yuca, ñame y plátano. *Revista :Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. v.10, n. 1, p. 60 - 66, 2012.
- GHODASAINI, K. U.; GHIMIRE, H. Role of quality seeds in food security and food self-sufficiency in Nepal. *INWASCON Technology Magazine* v. 4, p. 52-55, 2022.
- GRABE, D. F. Measurement of seed moisture. *Seed moisture*, v. 14, p. 69-92, 1989.
- GRABE, D. F. Report of the seed moisture committee 1983-1986. *Seed Science and Technology*. Zürich. v.15, n.2, p.451-462. 1987.
- GUEDES, R. S. *et al.* Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, v. 14, p. 68-75, 2012.
- HAY, F. R. *et al.* Determination and control of seed moisture. *Seed Science and Technology*, v. 51, n. 2, p. 267-285, 2023.
- HILL, J. P.; EDWARDS, W.; FRANKS, P. J. How long does it take for different seeds to dry?. *Functional Plant Biology*, v. 37, n. 6, p. 575-583, 2010.
- HUANG, H.; MØLLER, I. M.; SONG, S-Q. Proteomics of desiccation tolerance during development and germination of maize embryos. *Journal of proteomics*, v. 75, n. 4, p. 1247-1262, 2012.
- International Seed Testing Association (ISTA). Rules for seed testing. Bassersdorf, CH: ISTA, 1993.
- ISENGARD, H. D. Water content, one of the most important properties of food. *Food control*, v. 12, n. 7, p. 395-400, 2001.
- JAFARI, M. *et al.* Experimental determination of the dielectric constant of wheat grain and cluster straw in different moisture contents. *Food Science & Nutrition*, v. 8, n.1, 0, pp. 2020.
- JAGANATHAN, G. K.; BIDDICK, M. Critical role of air and soil temperature in the development of primary and secondary physical dormancy in *Albizia julibrissin* (Fabaceae). *Journal of Tropical Ecology*, v. 36, n. 6, p. 251-257, 2020.
- JAHANBAKHSI, A.; YEGANEH, R.; MOMENY, M. Influence of ultrasound pre-treatment and temperature on the quality and thermodynamic properties in the drying process of nectarine slices in a hot air dryer. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 44, n. 10, p. e14818, 2020.
- JAYASURIYA, K. M. G. G. *et al.* Seed dormancy and storage behaviour in tropical Fabaceae: a study of 100 species from Sri Lanka. *Seed Science Research*, v. 23, n. 4, p. 257-269, 2013.
- JAYASURIYA, K. M. G. G.; PHARTYAL, S. S. Dormancy, germination, and associated seed ecological traits of 25 Fabaceae species from northern India. *Plant Biology*, v. 26, n. 1, p. 41-50, 2024.
- KAVEH, M. *et al.* Evaluation of specific energy consumption and GHG emissions for different drying methods (Case study: *Pistacia Atlantica*). *Journal of Cleaner Production*, v. 259, p. 120963, 2020.
- KAVEH, M.; ABBASPOUR-GILANDEH, Y.; NOWACKA, M. Comparison of different drying techniques and their carbon emissions in green peas. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, v. 160, p. 108274, 2021.

- KIBAR, H.; KIBAR, B. Changes in some nutritional, bioactive and morpho-physiological properties of common bean depending on cold storage and seed moisture contents. **Journal of Stored Products Research**, v. 84, p. 101531, 2019.
- KIJAK, H.; RATAJCZAK, E. What Do We Know About the Genetic Basis of Seed. Desiccation Tolerance and Longevity?. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 21, p. 3612, 2020.
- KISSMANN, C; SCALON, S. de P. Q. Seed biometry and the effect of pre germinative treatments, temperature, and light on seed germination and subsequent growth of three *Stryphnodendron* species1. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 138, n. 2, p. 123-133, 2011.
- KUMAR, J. *Set al.* Seed birth to death: dual functions of reactive oxygen species in seed physiology. **Annals of botany**, v. 116, n. 4, p. 663-668, 2015.
- KUSWANTORO, F.; LI'AINI, A. S. Germination biology of the exotic ice cream bean (*Inga edulis* Mart.) seed from Bedugul, Bali. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012008.
- LANG, G. H. *et al.* Influence of drying temperature on the structural and cooking quality properties of black rice. **Cereal Chemistry**, v. 95, n. 4, p. 564-574, 2018.
- LENNON, J. T. *et al.* Principles of seed banks and the emergence of complexity from dormancy. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 4807, 2021.
- MACLEOD, S.K. Moisture determination using Karl Fischer titrations. **Analytical chemistry**, v. 63, n. 10, pp.557A-566A. 1991.
- MAEDA, A. B. *et al.* Stories from the greenhouse a brief on cotton seed germination. **Plants**, v. 10, n. 12, p. 2807, 2021.
- MAGISTRALI, P. R., JOSE, A. C., FARIA, J. M. R., NASCIMENTO, J. F. Slow drying outperforms rapid drying in augmenting the desiccation tolerance of *Genipa americana* seeds. **Seed science and technology**, v. 43, n. 1, 2015.
- MALUMBA, P. *et al.* Influence of drying temperature on functional properties of wet-milled starch granules. **Carbohydrate polymers**, v. 75, n. 2, p. 299-306, 2009.
- MALUMBA, P. *et al.* Physicochemical characterization and in vitro assessment of the nutritive value of starch yield from corn dried at different temperatures. **Starch-Stärke**, v. 66, n. 7-8, p. 738-748, 2014.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015.
- MARTINS, R. S. *et al.* Ultrastructural analysis of the loss of desiccation tolerance in germinating *Eremanthus erythropappus* seeds. **Journal of Forestry Research**, v. 30, p. 1331-1336, 2019.
- MATTANA, E. *et al.* Assessing seed desiccation responses of native trees in the Caribbean. **New Forests**, v. 51, n. 4, p. 705-721, 2020.
- MAYRINCK, R.C. *et al.* Seed desiccation tolerance/sensitivity of tree species from Brazilian biodiversity hotspots: considerations for conservation. **Trees**, v. 33, p. 777-785, 2019.
- MCGINTY, E. M.; MURPHY, K. M.; HAUVERMALE, Amber L. Seed dormancy and preharvest sprouting in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Plants**, v. 10, n. 3, p. 458, 2021.

- MENSAH, S. I.; AGBAGWA, I. O. Breaking dormancy in *Gmelina arborea* Roxb. Through treatment of seeds with chemical substances and alternating temperature. **Bio-Research**, v. 2, n. 1, p. 59-66, 2004.
- MONPARA, J. K.; CHUDASAMA, K. S.; THAKER, V. S. Role of phytohormones in soybean (*Glycine max*) seed development. **Russian journal of plant physiology**, v. 66, p. 992-998, 2019.
- MORRIS, M. H.; NEGREROS-CASTILLO, P.; MIZE, C. Sowing date, shade, and irrigation affect big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). **Forest Ecology and Management**, v. 132, n. 2-3, p. 173-181, 2000.
- MUJUMDAR, A.S.; LAW, C. L. Drying technology: Trends and applications in postharvest processing. **Food and Bioprocess Technology**, v. 3, p. 843-852, 2010.
- NAITHANI, R. *et al.* Post harvest storage physiology of *Gmelina arborea* Roxb. seeds. **Indian journal of plant physiology**, v. 11, n. 1, p. 20, 2006.
- NARVÁEZ-HERRERA, J. P. *et al.* Pregerminative Treatments to Improve Germination of Plant Species with Forage Potential in Conditions of the Colombian Amazonian Foothills. **International Journal of Agronomy**, v. 2024, n. 1, p. 9994756, 2024.
- NERY, M. C.; CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, L. M. Determinação do grau de umidade de sementes de ipê-do-cerrado *Tabebuia ochracea* ((Cham.) Standl.) pelos métodos de estufa e forno de microondas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 1299-1305, 2004.
- NYAMBATI, R. O. A. Guide to Propagation, Management, Marketing and Utilization of Eucalyptus in Kenya. 2005.
- OLIVEIRA, S. S. C. *et al.* Morphometric characterization of seeds and plantules and *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan germination. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 643-653, 2012.
- OLIVEIRA, D. M. *et al.* Ontogenesis of the winged oleaginous seeds of *Magonia*. **Brazilian journal of agriculture**, v. 5, p. 80-84, 2014.
- PARK, Y. W. Moisture and Ash Contents of Food. Handbook of food analysis, 1996.
- PEREIRA, W. V. S. *et al.* Loss of desiccation tolerance in seeds of tree species during germination: theoretical and practical implications. **Revista Árvore**, v. 42, n. 5, p. e420503, 2018.
- PEDRINI, S.; DIXON, K. W. International principles and standards for native seeds in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 28, p. S286-S303, 2020.
- PINTO, L. V. A. *et al.* Mechanism and control of *Solanum lycocarpum* seed germination. **Annals of botany**, v. 100, n. 6, p. 1175-1187, 2007.
- PIRES, R.M.O.; BAUTE, J. L. Importance of seed quality for the forestry sector. **Seeds quality. Boletim Técnico SIF**, v. 2, n 10 p. 7 , 2023.
- PIROLA, K. *et al.* Dormancy in native fruits seeds of the brazilian south region. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2021. p. 21-32.
- POZITANO, M; ROCHA, S. C. dos S. Caracterização física e germinação de sementes de *Senna macranthera*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 777-784, 2011.
- QU, C. *et al.* Effect of drying temperatures on the peanut quality during hot air drying. **Journal of oleo science**, v. 69, n. 5, p. 403-412, 2020.

- R Development Core Team R: A language and environment for statistical computing, 2010.
- RAMTEKEY, V. *et al.* Seed longevity in legumes: deeper insights into mechanisms and molecular perspectives. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 918206, 2022.
- RIBEIRO, L. C.; BORGHETTI, F. Comparative effects of desiccation, heat shock and high temperatures on seed germination of savanna and forest tree species. **Austral Ecology**, v. 39, n. 3, p. 267-278, 2014.
- RIVERA-QUINTERO, P. *et al.* Experimental methods in chemical engineering: Karl Fischer titration. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, p. 1-18, 2024.
- RIVERO-LEPINCKAS; CRIST, L.; SCHOLL, R. D. Growth of Plants and Preservation. Seeds. **Arabidopsis Protocols**. p. 3-12, 2006.
- ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**. n., 1, p. 499–514. 1973
- RODRIGUES, J. K. *et al.* Unraveling relationships of prompt germination among four species of *Inga* Mill detected by morpho-anatomical and histochemical traits. **Flora**, v. 285, p. 151941, 2021.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G. *et al.* Loss of desiccation tolerance and storage behavior in germinating seeds of *Senna multijuga*: implications for seed germination and conservation. **New forests**, v. 46, p. 283-291, 2015.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G. *et al.* Physical dormancy in *Senna multijuga* (Fabaceae: Caesalpinioideae) seeds: the role of seed structures in water uptake. **Seed Science Research**, v. 24, n. 2, p. 147-157, 2014.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G. *et al.* What kind of seed dormancy occurs in the legume genus *Cassia*?. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 12194, 2020.
- ROMERO, G.; HEREDIA, A.; CHAPARRO-ZAMBRANO, H. N. Germinative potential in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under cool conditions. **Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica**, v. 21, n. 2, p. 341-350, 2018.
- SAINZ-HERNÁNDEZ, J. C. *et al.* Biological Application of the Allopathic Characteristics of the Genus *Maclura*: A Review. **Plants**, v. 12, n. 19, p. 3480, 2023.
- SALIH, A. M. *et al.* Effect of some methods of planting in guava (*Psidium guajava* L.) seed germination. **Plant Archives (09725210)**, v. 19, n. 2, 2019.
- SALOMÃO, A. N.; SANTOS, I. R. I.; JOSÉ, S. C. B. R. Cryopreservation of *Pyrostegia venusta* (Ker Gawl.) Miers seeds. **Hoehnea** 47: 1–8. 2019.
- SARMA, H. H. Seed Testing: Key to Establishing and Maintaining Seed Quality Standards. **Vigyan Yarta**. V. 5, p. 131-137, 2024.
- SARMENTO, H. G.S., *et al.* Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-mansão por métodos alternativos. **Energiana Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 250-256, 2015.
- SAUTU, A. *et al.* Studies on the seed biology of 100 native species of trees in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. **Forest Ecology and Management**, v. 234, n. 1-3, p. 245-263, 2006.

- SCALON, S. PQ; MUSSURY, R. M.; LIMA, A. A. Germination of *Croton urucurana* L. seeds exposed to different storage temperatures and pre-germinative treatments. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, p. 191-200, 2012.
- SCHORN, L. A.; DA SILVA, R. de G. X. ; MAGRO, B. A. Secagem e armazenamento de sementes de *Albizia niopoides* Benth. e *Bauhinia forficata* Link. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 8, n. 2, p. 225-231, 2010.
- SENA, E. M. N. de *et al.* Germination niche of a neotropical dry forest species: seed osmotic stress and recovery. **Journal of Seed Science**, v. 45, p. e202345028, 2023.
- SENEME, A. M.; FERIANI, A. P.; MENDONÇA, C. G. de. Substratos e temperaturas na germinação de *Ceiba speciosa* e identificação de fungos potencialmente patogênicos. **Nucleus** (16786602), v. 15, n. 2, 2018.
- SHARMA, E.; MAJEE, M. Seed germination variability: why do genetically identical seeds not germinate at the same time?. **Journal of Experimental Botany**, v. 74, n. 12, p. 3462-3475, 2023.
- SHIBATA, M *et al.* Accelerated aging of ipê seeds under controlled conditions of storage. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 247-254, 2012.
- SHIBATA, M.; CORREDOR-PRADO, J. P.; OLIVEIRA, L. M. Germinação e condutividade elétrica de sementes de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae). **Acta Biológica Catarinense**, v. 6, n. 3, p. 98-105, 2019.
- SILVA TIMM, N. *et al.* Effects of drying temperature of corn from the center and extremities of the corncob on drying parameters, protein and starch properties, and carotenoid profile. **Food Research International**, v. 163, p. 112267, 2023.
- SILVA, G. H. *et al.* Aspects of *Peltophorum dubium* Sprengel (Taubert) seeds in an aerial seed bank. **Journal of Seed Science**, v. 39, p. 032-040, 2017.
- SILVA, S. V. F., *et al.* Effect of temperature and light on seed germination and seedling growth of *Swietenia macrophylla* King. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 4, p. 825-834. 2020.
- SORIANO, D. *et al.* Effects of burial and storage on germination and seed reserves of 18 tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. **Oecologia**, v. 174, p. 33-44, 2014.
- SOUZA, A. F. *et al.* Ecophysiology and morphology of seed germination of the neotropical lowland tree *Genipa americana* (Rubiaceae). **Journal of Tropical Ecology**, v. 15, n. 5, p. 667-680, 1999.
- SOUZA, C. dos S. *et al.* Efeitos do Tegumento e teor de água de sementes de *Plathymania reticulata* e *Stryphnodendron adstringens* na tolerância a choques térmicos. **Hoehnea**, v. 48, p. e012021, 2021.
- SUBBIAH, A. *et al.* Towards understanding the incidence and evolutionary history of seed recalcitrance: an analytical review. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 37, p. 11-19, 2019.
- TAGNAMAS, Z. *et al.* Drying kinetics and energy analysis of carob seeds (*Ceratonia siliqua* L.) convective solar drying. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, p. 1-11, 2022.
- TAHIR, A. *et al.* Rice seed longevity in the context of seed moisture contents and hypoxic conditions in the storage environment. **Seed Science Research**, v. 33, n. 1, p. 39-49, 2023.

- TAJUDIN, N. H. A. *et al.* Comparison of drying kinetics and product quality from convective heat pump and solar drying of Roselle calyx. **Food and Bioproducts Processing**, v. 118, p. 40-49, 2019.
- TEIXEIRA, F. P. *et al.* Maturation and Desiccation Tolerance in Seeds of *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Floresta e Ambiente**, v. 25, p. e20160419, 2018.
- TEJADA-ORTIGOZA, V., *et al.* Estimating equilibrium moisture content from relatively short sorption experiments. **LWT**, v. 132, p. 109832, 2020.
- THAKUR, R. S. *et al.* Development of multi-grain capacitive sensor for determination of moisture content in grains. **Quality Assurance and Safety Crop & Foods**, v. 7, pp. 201-206, 2015.
- TORRES-MIÑO, C. J.; MAQUEDA, R. H.; MORENO, Á. H. Adaptation Strategies and Microwave Drying of Amaranth Species with a High Nutritional Value to the Ecuadorian Andean Region. In: **Nutritional Value of Amaranth. IntechOpen**, 2020.
- VALDOVINOS, T. M. *et al.* Seed germination of three species of Bignoniaceae trees under water stress. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, p. e20207560, 2021.
- VALENTI, M.; GONZALEZ, M.; RUSCITTI, M. Germination and in vitro regeneration of *Sesbania punicea* and *Sesbania virgata*: environmentally important plants. **Plant Physiology Reports**, v. 26, p. 754-761, 2021.
- VARGAS-FIGUEROA, J. A.; TORRES-GONZÁLEZ, A. M. Germination and seed conservation of a pioneer species, *Tecoma stans* (Bignoniaceae), from tropical dry forest of Colombia. **Revista de Biología Tropical**, v. 66, n. 2, p. 918-936, 2018.
- VAZ, T. A. A *et al.* *Swartzia langsdorffii* Raddi: morphophysiological traits of a recalcitrant seed dispersed during the dry season. **Seed Science Research**, v. 26, n. 1, p. 47-56, 2016.
- VERMA, H.; BORAH, J. L.; SARMA, R. N. Variability assessment for root and drought tolerance traits and genetic diversity analysis of rice germplasm using SSR markers. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 16513, 2019.
- VERTUCCI, C. W.; FARRANT, J. M. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: M. Dekker, p.237-271. 1995.
- VITIS, *et al.*, Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. **Restoration Ecology**. v. 28, n. S3, p. S249-S255. 2020.
- WANG, Z. *et al.* Application of long-wave near infrared hyperspectral imaging for determination of moisture content of single maize seed. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 254, p. 119666, 2021.
- ZAMBRANO, M.V. *et al.* Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: **A review Trends in Food Science & Technology**, v. 88, pp. 484-496, 2019.
- ZHANG, K. *et al.* Deterioration of orthodox seeds during ageing: Influencing factors, physiological alterations and the role of reactive oxygen species. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 158, p. 475-485, 2021.
- ZHANG, L.; SUN, D.; ZHANG, Z. Methods for measuring water activity (a_w) of foods and its applications to moisture sorption isotherm studies. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 57, p. 5, p. 1052–1058. 2017.

ZHANG, Y; GUO, W. Moisture content detection of maize seed based on visible/near infrared and near infrared hyperspectral imaging technology. **International journal of food science & technology**, v. 55, n. 2, p. 631-640, 2020.

ZIEGLER, V. *et al.* Effects of drying temperature of red popcorn grains on the morphology, technological, and digestibility properties of starch. *International journal of biological macromolecules*, v. 145, p. 568-574, 2020.

ZIEGLER, V.; PARAGINSKI, R. T.; FERREIRA, C. D. Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality-A review. **Journal of Stored Products Research**, v. 91, p. 101770, 2021.