

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ALLAN LUIZ SANTOS PEDROSA

**PADRÕES DE VIABILIDADE PARA SEMENTES DO SEMIÁRIDO
APLICANDO O TESTE DE TETRAZÓLIO**

Rio Largo - AL

2025

ALLAN LUIZ SANTOS PEDROSA

**PADRÕES DE VIABILIDADE PARA SEMENTES DO SEMIÁRIDO
APLICANDO O TESTE DE TETRAZÓLIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia, do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. João Luciano de Andrade Melo.

Rio Largo - AL

2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

P372p Pedrosa, Allan Luiz Santos.

Padrões de viabilidade para sementes do semiárido aplicando o teste de tetrazólio. / Allan Luiz Santos Pedrosa. – 2025.

32 f.: il.

Orientador(a): João Luciano de Andrade Melo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Fabaceae. 2. Potencial fisiológico. 3. Sementes florestais. 4. Teste bioquímico. I. Título.

CDU: 631.53

Folha de Aprovação

ALLAN LUIZ SANTOS PEDROSA


**PADRÕES DE VIABILIDADE PARA SEMENTES DO SEMIÁRIDO
APLICANDO O TESTE DE TETRAZÓLIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Agronomia do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Agrônomo. Aprovado em 20 de outubro de 2025.

Banca examinadora:

 Documento assinado digitalmente
JOAO LUCIANO DE ANDRADE MELO JUNIOR
Data: 06/11/2025 09:06:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Orientador – Prof. Dr. João Luciano de Andrade Melo Junior, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/UFAL)

 Documento assinado digitalmente
REINALDO DE ALENCAR PAES
Data: 07/11/2025 08:08:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Examinador – Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/UFAL)

 Documento assinado digitalmente
LUAN DANILO FERREIRA DE ANDRADE MELO
Data: 06/11/2025 18:53:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Examinador – Prof. Dr. Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/UFAL)

Primeiramente, a Deus, por me sustentar, guiar e fortalecer em todos os momentos dessa jornada. De forma especial, à minha mãe, Maria Cícera, por ser meu alicerce, exemplo de força e amor incondicional. Sem você, nada disso seria possível. Ao meu filho, Luiz Henrique, razão do meu maior amor e motivação diária para seguir em frente. Tudo que faço é, e sempre será, por você! E dedico, com carinho e gratidão, ao professor João Luciano, por todo o apoio, ensinamentos e incentivo ao longo do curso.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a Deus e à Nossa Senhora de Fátima, minha eterna gratidão por me sustentarem, guiarem e fortalecerem em todos os momentos dessa caminhada. Sem a fé, não teria chegado até aqui.

À minha mãe, Maria Cícera, minha base, meu porto seguro e maior inspiração. Sua força, dedicação e amor incondicional me motivaram todos os dias. Essa conquista também é sua.

Aos meus amigos, que estiveram presentes com palavras de apoio, companhia nos desafios e comemorações nas pequenas vitórias, meu muito obrigado por cada momento compartilhado.

Ao professor João Luciano, meu sincero agradecimento por todo o apoio, paciência, incentivo e pelos ensinamentos compartilhados ao longo dessa trajetória acadêmica. Sua orientação foi essencial.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para essa conquista, deixo aqui minha gratidão!

“Estou contigo por onde quer que passe,
porque o Senhor teu Deus é contigo. ”

(Josué 1:9)

RESUMO

A conservação e o manejo sustentável de ecossistemas florestais dependem intrinsecamente da qualidade das sementes utilizadas em programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. E a avaliação da qualidade de sementes baseia-se em testes de germinação, que requerem um período considerável de tempo. Em compensação o teste bioquímico com sal de tetrazólio surge como uma alternativa rápida e eficiente para determinar a viabilidade de sementes. Nesse contexto, a avaliação precisa da viabilidade e do vigor de sementes florestais para que esses programas alcancem êxito. Ainda, objetivando melhorar a precisão e a eficiência na avaliação de sementes, a fenotipagem computacional emerge como uma ferramenta inovadora. Essa técnica utiliza processamento de imagens e algoritmos para analisar características morfológicas e fisiológicas das sementes de forma automática e precisa. Com isso, objetivou-se determinar classes de viabilidade, integrando o teste de tetrazólio a fenotipagem computacional, e bem como, metodologias para a realização de testes de germinação para as espécies *Peltophorum dubium* (Spreng.), *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. Para a definição da metodologia do teste de tetrazólio foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, configurando duas concentrações da solução de tetrazólio, três períodos de coloração, mais um tratamento controle com teste de germinação padrão, com quatro repetições de 25 sementes. No teste de germinação (controle), as sementes foram postas em caixas plásticas transparentes entre duas folhas de papel de germinação umedecidas com um volume de água em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato em câmara do tipo Demanda Bioquímica de Oxigênio, a 30 °C. Para o pré-condicionamento foi feito o mesmo procedimento realizado para o teste de germinação, mas, por 16 horas. Passado esse período, as sementes foram cortadas, e apenas os cotilédones contendo o embrião foram imersos na solução do sal 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio, nas concentrações de 0,05 e 0,075%, pelos períodos de coloração de 1,5, 2,5 e 3,5 horas, em câmara do tipo B.O.D. a 40 °C, no escuro. Após, realizou-se a análise individual das sementes, observando as partes estruturais, avaliando a diferença a partir da coloração e condição física das sementes, classificando-as como viáveis e inviáveis. As sementes foram agrupadas em três classes distintas: Classe 1: Sementes viáveis com alto vigor. Classe 2: Sementes viáveis com baixo vigor. Classe 3: Sementes não viáveis. O estabelecimento de classes em sementes *M. tenuiflora*, *P. moniliformis* e *P. dubium*, é uma proposta promissora para uma rápida avaliação de sementes dessas espécies. Reforçando a importância do teste de tetrazólio na análise rápida e eficaz em sementes florestais.

Palavras-chave: Fabaceae. Potencial fisiológico. Sementes florestais. Teste bioquímico.

ABSTRACT

The conservation and sustainable management of forest ecosystems are intrinsically dependent on the quality of seeds used in reforestation and degraded area restoration programs. Seed quality assessment is based on germination tests, which require a considerable amount of time. In contrast, the biochemical tetrazolium test emerges as a rapid and efficient alternative for determining seed viability. In this context, the accurate evaluation of seed viability and vigor is essential for the success of such programs. Furthermore, aiming to improve precision and efficiency in seed assessment, computational phenotyping has emerged as an innovative tool that employs image processing and algorithms to automatically and accurately analyze morphological and physiological seed traits. This study aimed to determine viability classes by integrating the tetrazolium test with computational phenotyping, as well as to establish methodologies for germination testing of *Peltophorum dubium* (Spreng.), *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, and *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. The tetrazolium test methodology was defined using a completely randomized design (CRD) in a 2×3+1 factorial scheme, with two tetrazolium solution concentrations, three staining periods, and one control treatment (standard germination test), with four replicates of 25 seeds each. In the germination test (control), seeds were placed in transparent plastic boxes between two sheets of moistened germination paper, using water in a volume equivalent to 2.5 times the substrate weight, in a Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.) chamber at 30 °C. For preconditioning, the same procedure was applied for 16 hours. After this period, seeds were cut, and cotyledons containing embryos were immersed in 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride solutions at concentrations of 0.05% and 0.075% for 1.5, 2.5, and 3.5 hours, in a B.O.D. chamber at 40 °C, in the dark. Subsequently, individual seed analyses were performed, observing structural parts and assessing color and physical condition to classify seeds as viable or non-viable. Seeds were grouped into three distinct classes: Class 1 – viable seeds with high vigor; Class 2 – viable seeds with low vigor; and Class 3 – non-viable seeds. The establishment of viability classes for *M. tenuiflora*, *P. moniliformis*, and *P. dubium* represents a promising approach for the rapid evaluation of seeds from these species, reinforcing the importance of the tetrazolium test as a fast and effective method for forest seed analysis

Keywords: Fabaceae. Physiological potential. Forest seeds. Biochemical test.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Classes de viabilidade e vigor de sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir pelo teste de tetrazólio23
- Figura 2.** Classes de viabilidade e vigor de sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub pelo teste de tetrazólio24
- Figura 3.** Classes de viabilidade e vigor de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson pelo teste de tetrazólio.....25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Características gerais das espécies	13
2.1.1	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.).....	13
2.1.2	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke.....	13
2.1.3	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	14
2.2	Testes de vigor	15
2.3	Teste de tetrazólio	16
2.4	Análise computacional de imagens	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5	CONCLUSÃO	27
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

A conservação e o manejo sustentável de ecossistemas florestais dependem intrinsecamente da qualidade das sementes utilizadas em programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. Nesse contexto, a avaliação precisa da viabilidade e do vigor de sementes florestais para a produção das mudas é um pilar de suma importância para que esses programas alcancem êxito (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

No processo de restauração florestal, prioriza-se a reintegração e/ou seleção de espécies que contribuam para a manutenção da biodiversidade e que também exercem múltiplas funções (biodiversidade + prestação de serviços/ecossistema, resiliência climática, produtos/benefícios sociais) (HUA et al., 2022).

Neste caso, as espécies *Peltophorum dubium* (Spreng.), *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir pertencentes à família Fabaceae, nativas do Brasil e ocorrentes na região semiárido, se destacam por possuírem potencial ecológico, econômico e cultural, podendo serem exploradas para fins madeireiros, forrageiros, cosméticos, medicinal e no tratamento de efluentes (NOGUEIRA et al., 2014, SOUSA-JÚNIOR et al., 2025, VIEIRA et al., 2021). Portanto, a avaliação da qualidade de suas sementes é um fator determinante para o sucesso da produção de mudas e maior probabilidade de estabelecimento no ambiente a qual for inserida.

Tradicionalmente, a avaliação da qualidade de sementes baseia-se em testes de germinação, ainda que esclarecedores, requerem um período considerável de tempo (BRASIL, 2025). Em compensação, o teste bioquímico de tetrazólio surge como uma alternativa rápida e eficiente para determinar a viabilidade de sementes. Esse teste permite identificar a atividade respiratória dos tecidos embrionários, fornecendo uma estimativa da capacidade de germinação em um curto período, sendo uma ótima opção para espécies com dormência ou germinação prolongada, onde os testes convencionais seriam inviáveis ou demorados (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 2019; SANTOS; PANOBIANCO, 2019).

Objetivando melhorar a precisão e a eficiência na avaliação de sementes, a fenotipagem computacional emerge como uma ferramenta inovadora. Essa técnica utiliza processamento de imagens e algoritmos para analisar características morfológicas e fisiológicas das sementes de forma automática e precisa (GARCIA et al., 2020). A digitalização de sementes tratadas com o sal tetrazólio, torna possível quantificar a coloração e identificar padrões de danos nos tecidos embrionários com alta precisão,

minimizando a subjetividade inerente à avaliação visual humana (MARCOS-FILHO, 2015). Esse processo não apenas acelera a análise, mas também gera dados quantitativos robustos, que podem ser utilizados para classificar sementes em diferentes classes de viabilidade e vigor, além de auxiliar na identificação de metodologias de germinação mais adequadas para cada espécie (OLIVEIRA et al., 2016).

Dessa forma, objetivou-se determinar classes de viabilidade, integrando o teste de tetrazólio a fenotipagem computacional, e bem como, metodologias para a realização de testes de germinação para as espécies *Peltophorum dubium* (Spreng.), *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.2 Características gerais das espécies

2.2.1 *Peltophorum dubium* (Spreng.)

Pertencente à família Fabaceae, a *Peltophorum dubium* (Spreng.) (Caesalpinioideae), conhecida popularmente como canafístula, é uma árvore nativa do Brasil amplamente distribuída nos domínios fitogeográficos do Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal, ocorrendo nas regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (SILVA et al., 2020).

De porte arbóreo e comportamento caducifólio, a espécie pode atingir entre 15 e 25 metros de altura (BASSAN et al., 2022). Sua floração ocorre entre dezembro e fevereiro, e a maturação dos frutos é observada de março a abril (DUARTE et al., 2021). Graças à sua rusticidade, *P. dubium* é classificada como espécie pioneira ou secundária inicial, sendo comumente encontrada em pastagens, clareiras e bordas de mata, onde desempenha papel importante nos processos naturais de regeneração (MÜLLER et al., 2020).

A elevada capacidade adaptativa e a tolerância a diferentes condições ambientais tornam essa espécie altamente indicada para projetos de recuperação e revegetação de áreas degradadas, além de programas de fitorremediação em regiões tropicais e temperadas (MARQUES et al., 2019). Também há registros de seu uso na medicina tradicional, ampliando seu valor ecológico e etnobotânico (DI CIACCIO et al., 2024).

Além de sua relevância ecológica, a canafístula é amplamente reconhecida por seu potencial ornamental, devido à beleza e intensidade de suas flores amarelas, que enriquecem a estética de paisagens urbanas e rurais. Sua madeira é igualmente valorizada, sendo utilizada na fabricação de móveis, materiais de construção e outros produtos derivados. Ademais, a exploração sustentável de sua madeira e de produtos florestais não lenhosos pode gerar renda complementar, fortalecer os meios de subsistência locais e contribuir para o desenvolvimento econômico regional, especialmente em sistemas florestais e agroflorestais sustentáveis (FAGOTTI, 2025).

2.2.2 *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke

A *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Fabaceae), popularmente conhecida como jurema-branca, é uma espécie endêmica da Caatinga, amplamente distribuída no

Nordeste brasileiro, desde o Piauí até a Bahia (SILVA et al., 2021; PEREIRA et al., 2020).

Trata-se de uma árvore de pequeno porte, que alcança entre 2 e 4 metros de altura, com casca de coloração castanho-claro e fortemente armada por acúleos robustos. Seu fruto é uma vagem castanho-pálida, medindo de 8 a 12 cm de comprimento, com superfície ondulada nas regiões onde se localizam as sementes, contendo de 2 a 12 sementes pequenas, ovais e de coloração marrom (FERREIRA et al., 2012).

A espécie apresenta alto potencial para uso na restauração florestal e sistemas agroflorestais, desempenhando papel importante na recuperação de solos devido à sua capacidade de fixar nitrogênio em simbiose com bactérias específicas. É recomendada para a recomposição florestal mista de áreas degradadas e contribui ainda para a manutenção da fauna, fornecendo pólen e néctar às abelhas (FARIAS et al., 2013; LEITE; BAKKE, 2019).

Além de seu valor ecológico, a jurema-branca possui múltiplos usos econômicos e sociais, sendo aproveitada nos mercados madeireiro e forrageiro, especialmente para caprinos. Também é amplamente utilizada na medicina popular, em virtude de suas propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes, o que agrega valor econômico e ambiental à espécie (BENEDITO et al., 2019; VASCONCELOS, 2017). Arelado a isso, seu uso em rituais indígenas tem despertado interesse científico recente, voltado à investigação de possíveis aplicações químicas e farmacológicas (SILVA et al., 2025). Ademais, a espécie é utilizada na agricultura para a produção de biomassa, reforçando seu potencial multifuncional e sustentável (SOUZA et al., 2021).

2.2.3 *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.

A *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir, popularmente conhecida como jurema-preta, é uma espécie arbórea aculeada pertencente à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae (FREIRES et al., 2020). É nativa do Brasil, com ocorrência nas regiões Nordeste e Sudeste, predominando nos domínios fitogeográficos da Caatinga e do Cerrado (REFLORA, 2025). Apresenta porte médio, atingindo de 5 a 7 metros de altura, com um ou mais fustes eretos ou levemente inclinados, que podem alcançar até 30 cm de diâmetro em exemplares mais desenvolvidos (FERREIRA, 2021; LEITÃO et al., 2024).

Trata-se de uma espécie de ampla utilidade, destacando-se pela madeira resistente, utilizada em construções rurais, móveis rústicos e na produção de lenha e carvão de elevado valor energético (FERREIRA, 2018; MEDEIROS, 2018). Além disso, possui propriedades medicinais e cicatrizantes, empregadas tanto na medicina popular quanto na

veterinária (SANTOS et al., 2022). Como também, fornece néctar e pólen para abelhas (SANTISTEBAN et al., 2019; MUNIZ et al., 2020), forragem para animais e possui aplicações industriais, sendo utilizada na fabricação de cosméticos e no curtimento de couros (MORAES, 2019).

Por ser uma espécie pioneira e rústica, é amplamente empregada em projetos de restauração florestal, recuperação de solos degradados e controle da erosão (LOPES et al., 2020). Essa ampla aplicação se deve à sua alta tolerância a longos períodos de estiagem, incêndios e perturbações ecológicas, bem como ao seu rápido crescimento e à boa capacidade de rebrota (SOUZA et al., 2016; CARVALHO; SANTOS; SILVA, 2019).

Devido à sua relevância na restauração de áreas degradadas da Caatinga, é essencial estudar a germinação e a produção de mudas (WALTER; GABIRA; NOGUEIRA, 2020), visto que, a qualidade fisiológica determina a germinação, o estabelecimento das plântulas e o sucesso da espécie no ambiente.

2.3 Testes de vigor

As espécies nativas apresentam variações morfológicas e fisiológicas decorrentes das condições edafoclimáticas em que se desenvolvem, o que resulta em comportamentos distintos durante o processo de germinação e torna mais complexa a padronização de métodos de análise (ALVES et al., 2022).

Os testes de vigor têm como principal objetivo identificar diferenças no potencial fisiológico entre lotes de sementes, permitindo distinguir com segurança aqueles de alto e baixo vigor. No entanto, apesar dos avanços científicos na área, ainda persistem desafios relacionados à padronização dos testes, bem como dificuldades na execução e interpretação dos resultados (PAULA, 2020).

O vigor está relacionado a uma série de eventos bioquímicos e fisiológicos, que determinam respostas diferenciadas da semente durante a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas. Assim, na avaliação do vigor busca-se mais do que identificar um processo fisiológico específico, mas sim identificar na semente manifestações do seu comportamento em campo (KRZYZANOWSKI; DIAS; FRANÇA-NETO, 2022)

A agilidade na avaliação da qualidade fisiológica das sementes é essencial para a tomada de decisões nas etapas finais de produção, armazenamento e comercialização, garantindo maior eficiência ao processo produtivo (GUOLLO et al., 2017). Independentemente do método utilizado, o vigor das sementes está diretamente relacionado ao desempenho da semente ou da plântula sob condições de estresse.

Com isso, diversos métodos são empregados para testar o vigor das sementes, dentre eles: envelhecimento acelerado, teste de tetrazólio, teste de frio, peso da matéria seca, teste de condutividade elétrica e comprimento de plântula (CAVALCANTI, 2021), dentre estes, o teste de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, teste de frio, teste de tetrazólio, estão sendo comumente empregados em espécies florestais.

O teste de condutividade elétrica, cujo princípio baseia-se no fato de que sementes menos vigorosas liberam maior quantidade de solutos no meio, uma vez que apresentam menor eficiência na reorganização das membranas celulares durante a embebição. Assim, a comparação dos valores de condutividade entre diferentes lotes permite inferir diferenças no vigor (MARCOS FILHO, 2015).

Por ser um dos métodos mais precisos disponíveis, o teste de envelhecimento acelerado, vem sendo amplamente utilizado e recomendado para a avaliação do vigor de sementes. Esse teste baseia-se na exposição das sementes a condições de alta umidade e temperatura, acelerando o processo de deterioração e permitindo distinguir sementes de baixa qualidade que se deterioram mais rapidamente daquelas de alta qualidade, que apresentam maior resistência à deterioração (SANTA MARIA et al., 2025).

Outro teste utilizado para a avaliação do vigor de sementes, ainda pouco empregado na área florestal, é o teste de frio. Esse método consiste em submeter as sementes a baixas temperaturas, geralmente em torno de 10 °C, por um período determinado, normalmente entre 3 e 7 dias e, em seguida, realizar o teste de germinação (CICERO; VIEIRA, 2020). De maneira semelhante ao teste de envelhecimento acelerado, os lotes compostos por sementes de maior vigor tendem a apresentar maiores porcentagens de germinação após o período de exposição ao frio (ROSÁRIO, 2022).

Outro método amplamente empregado é o teste de tetrazólio, utilizado para avaliar a qualidade fisiológica e determinar rapidamente a viabilidade das sementes. Esse teste é especialmente útil para espécies de germinação lenta ou sementes dormentes, que não respondem adequadamente aos métodos convencionais de germinação. A coloração resultante da reação com o tetrazólio permite distinguir tecidos viáveis e inviáveis, oferecendo uma estimativa confiável do potencial germinativo (BRASIL, 2025).

2.4 Teste de tetrazólio

Os testes que avaliam de forma rápida e eficaz a viabilidade e o vigor das sementes vêm sendo cada vez mais estudados por representarem uma ferramenta promissora nos programas de controle de qualidade de sementes (GONÇALVES; GARLET, 2021). No

caso de espécies florestais, a aplicação de métodos padrão, como o teste de germinação, apresenta limitações devido ao longo tempo necessário para a obtenção dos resultados (CUSTODIO et al., 2025). Diante disso, tecnologistas têm buscado métodos alternativos que ofereçam respostas mais rápidas e menor interferência de fatores ambientais, como o teste de tetrazólio.

Entretanto, a eficiência do teste de tetrazólio pode ser afetada por diversos fatores metodológicos, incluindo o preparo das sementes antes da coloração, a concentração da solução de tetrazólio, o tempo e a temperatura de exposição à solução, além dos critérios de interpretação adotados (RAMÍREZ et al., 2021). O princípio do teste baseia-se na atividade das enzimas desidrogenases, responsáveis por catalisar as reações respiratórias na mitocôndria, local de produção de energia celular durante a germinação e o crescimento da plântula, por meio da glicólise e do ciclo de Krebs (MORAES et al., 2019; ARAÚJO et al., 2023). Essas enzimas, especialmente a desidrogenase do ácido málico, reduzem o sal de tetrazólio nos tecidos vivos, formando um composto vermelho que indica a viabilidade celular e tecidual (BORGES, 2018).

A coloração resultante dessa reação reflete a atividade respiratória celular: tecidos viáveis apresentam coloração avermelhada, enquanto tecidos mortos permanecem incolores. De modo geral, as sementes viáveis absorvem lentamente a solução, apresentando tonalidades mais suaves, ao passo que sementes deterioradas adquirem coloração rosa intensa (NOGUEIRA; TORRES; FREITAS, 2014). O teste de tetrazólio, portanto, fornece informações sobre a viabilidade (germinação potencial), o vigor e as causas da perda da qualidade fisiológica das sementes, como deterioração por umidade, danos por percevejos e danos mecânicos resultantes de operações de colheita e transporte na Unidade de Beneficiamento de Sementes (ULRICH; PERES; GADOTTI, 2022; FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 2018).

Esse teste se destaca por oferecer resultados rápidos e detalhados sobre a qualidade fisiológica das sementes, com baixo custo e mínima interferência de fatores ambientais ou de dormência. Além disso, permite diagnosticar causas de deterioração utilizando equipamentos simples. Contudo, requer analistas experientes, conhecimento técnico e interpretação criteriosa (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 2019).

Recentemente, estudos têm buscado integrar o teste de tetrazólio a sistemas automatizados de análise de imagem, com o objetivo de reduzir a subjetividade da interpretação e aumentar a precisão e a reprodutibilidade dos resultados (VENIAL, 2024). Tais avanços reforçam a tendência de modernização das análises de viabilidade, tornando

o teste de tetrazólio cada vez mais acessível e preciso em aplicações de larga escala.

2.5 Análise computacional de imagens

A análise computadorizada de imagens tem se consolidado como uma técnica promissora para a avaliação da qualidade de sementes, oferecendo precisão, agilidade e eficiência superiores às metodologias tradicionais (NORONHA; MEDEIROS; PEREIRA, 2019). Diferente dos métodos manuais, trata-se de uma abordagem não destrutiva, rápida e reprodutível, já que permite a reavaliação posterior dos resultados, uma vez que as imagens podem ser armazenadas em bancos de dados (BARBOSA et al., 2016; KAPADIA; SASIDHARAN; KALYANRAO, 2017; HEMENDER et al., 2018).

Essa tecnologia baseia-se no reconhecimento de padrões visuais para a extração de características dimensionais como área e comprimento e de atributos como cor e textura. A mensuração dessas propriedades ocorre por meio da contagem ou da frequência dos elementos que compõem a imagem, os chamados pixels, que são os menores pontos da imagem e possuem apenas uma cor, sendo a combinação de inúmeros pixels forma a imagem completa (FACCIO, 2020).

O processamento digital de imagens é sustentado por algoritmos computacionais que organizam e automatizam as etapas de análise, armazenamento e comparação de padrões (TEIXEIRA et al., 2006). Esse processamento envolve quatro etapas principais: captura, pré-processamento, segmentação e análise. Sendo a captura, realizada com câmeras fotográficas ou scanners, ocorre a digitalização da imagem (BRANDANI, 2017). O pré-processamento, por sua vez, busca aprimorar a qualidade da imagem, aumentando o contraste e removendo ruídos, o que é essencial para o sucesso das etapas seguintes (RAMOS, 2018).

A integração entre esses processos tem ampliado o potencial da análise de imagens aplicada às sementes, permitindo avaliações mais rápidas, padronizadas e objetivas. Segundo Carvalho (2010), a combinação entre a alta velocidade de processamento digital, a crescente automação dos sistemas e a redução de custos tem tornado essas ferramentas cada vez mais atrativos para a avaliação da qualidade e classificação de sementes e plântulas.

Além disso, o uso do processamento computacional aumenta a sensibilidade das análises, possibilitando detectar detalhes e padrões que seriam difíceis de observar a olho nu, pois viabiliza a captura e a quantificação de dados relacionados ao vigor e à qualidade, ao mesmo tempo em que reduz erros decorrentes da subjetividade dos analistas e da

elevada carga de avaliações (CAVALCANTI, 2021). Assim, a análise computadorizada de imagens se firma como uma tecnologia estratégica, capaz de integrar precisão, eficiência e inovação na avaliação da qualidade de sementes, além de permitir a análise de um grande número de amostras de forma rápida (BRUNES et al., 2016).

3. METODOLOGIA

3.1 Localização do experimento

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Fitotecnia, do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, Brasil, utilizando lotes de sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. e *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, coletadas em áreas da Caatinga localizadas no Alto Sertão dos estados de Alagoas e Pernambuco. Após a colheita, as sementes foram beneficiadas e armazenadas em câmara fria (± 20 °C e umidade relativa entre 50 e 55%), até a condução do experimento.

3.2 Padronização do teste de tetrazólio nas espécies estudadas

Para a definição da metodologia mais adequada ao teste de tetrazólio bem como assegurar viabilidade das espécies foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, configurando duas concentrações da solução de tetrazólio, três períodos de coloração, mais um tratamento controle com teste de germinação padrão, com quatro repetições de 25 sementes.

Na condução do teste de germinação (controle), as sementes foram postas em caixas plásticas transparentes entre duas folhas de papel de germinação umedecidas com um volume de água em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato (BRASIL, 2025), em seguida, foram acondicionadas em na câmara do tipo Demanda Bioquímica de Oxigênio (D.B.O.), regulada a temperatura de 30 °C e fotoperíodo de 12 horas.

Para garantir uma maior absorção da solução de tetrazólio, antes da realização do teste, foi realizado o pré-condicionamento das sementes avaliadas, a qual passaram pelo mesmo procedimento no teste de germinação, só que neste caso, ficaram mantidas na D.B.O. por 16 horas. Passado esse período, as sementes foram cortadas longitudinalmente com lâmina de bisturi n.º 22 através da metade distal dos cotilédones, deixando-se o eixo embrionário intacto (BRASIL, 2025).

Após o corte das sementes, separou-se em copos plásticos apenas os cotilédones contendo o embrião. Esses cotilédones foram imersos na solução do sal 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio, nas concentrações de 0,05 e 0,075%, pelos períodos de coloração de 1,5, 2,5 e 3,5 horas, em câmara do tipo B.O.D. a 40 °C, sob escuro.

No fim de cada período de coloração, foi realizado a lavagem das sementes em água corrente, retirando toda a solução, após, realizou-se a análise individual das

sementes, observando as partes estruturais (eixo embrionário e tecido de reserva) com auxílio de uma lupa de mesa com lâmpada fluorescente de (10x), avaliando a diferença a partir da coloração e físicas das sementes, classificando-as como viáveis e inviáveis. Sendo classificadas condições como viáveis, as sementes cujo eixo embrionário apresentou coloração rosa, e como não viáveis, as sementes que apresentaram o eixo embrionário descolorido ou com coloração amarela ou vermelho muito intenso (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 2022). Sendo o resultado expresso em porcentagem de sementes viáveis (CUSTODIO et al., 2025).

A viabilidade das sementes foi estimada pelo teste de tetrazólio e expressa em porcentagem de sementes viáveis (Tzv), calculada a porcentagem de sementes vigorosas (Tzvg), e além dessas variáveis, foi determinada a variável porcentagem de viáveis e vigorosas (Tzvvg), produto da viabilidade e vigor, obtido pela expressão $Tzvvg = [(Tzv)(Tzvg)]/100$ (GARCIA et al., 2020; MASULLO et al., 2017; BRASIL, 2025)

3.3 Análise estatística

Os dados de Tzv, Tzvg e Tzvvg foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo a comparação de médias feita pelo teste de Tukey e pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

As análises estatísticas foram realizadas pelo *software* ASSISTAT 7.6 beta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do teste de tetrazólio, com soluções de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio em diferentes concentrações (0,05 e 0,075%), e tempos de imersão de 1,5; 2,5 e 3,5 horas, possibilitou caracterizar a viabilidade de sementes de *Mimosa tenuiflora*, *Peltophorum dubium* e *Pityrocarpa moniliformis*. Com base na integridade estrutural dos tecidos (firmes ou flácidos), na intensidade da coloração obtida pela reação enzimática, e na posição e extensão dos danos, foi possível estabelecer três categorias de viabilidade, classificando-as como viáveis ou não viáveis conforme os padrões de coloração e os danos observados (Figuras 1, 2 e 3).

Com base nos critérios estabelecidos pelo teste de tetrazólio, as sementes foram agrupadas em três classes distintas para cada espécie:

Na figura 1, as classes de sementes de *M. tenuiflora* foram:

Classe 1: Sementes viáveis com alto vigor

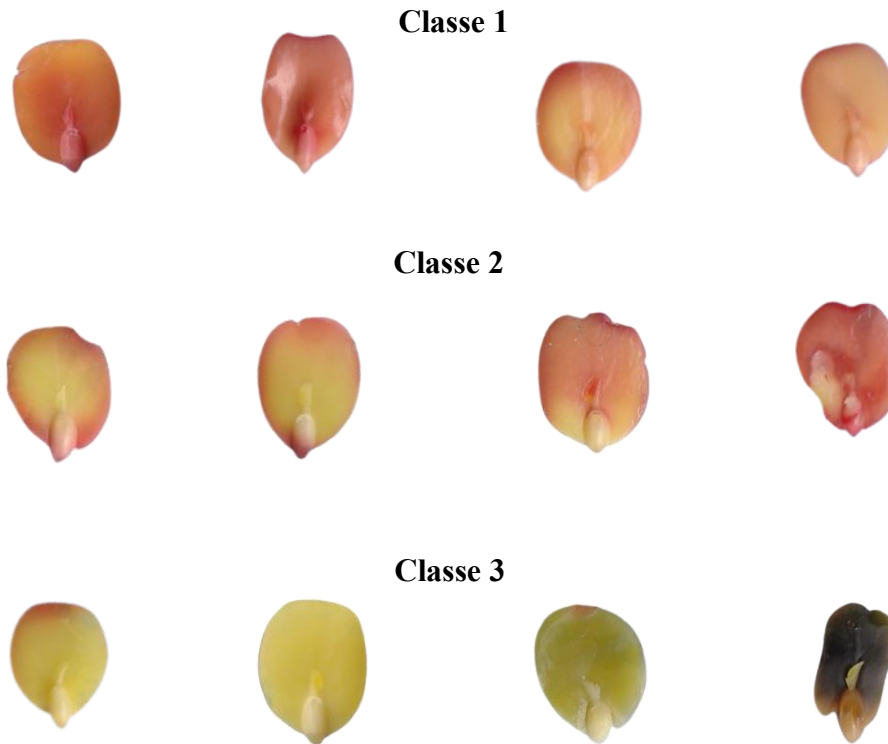
Nesta classe as sementes apresentaram cerca de 80-100% de coloração rosa ou vermelho uniforme em todos os tecidos essenciais (eixo embrionário e cotilédones), com aspecto, íntegros e sem necrose, indicando atividade enzimática preservada e ausência de danos. Essas características são indicativos de alto potencial fisiológico.

Classe 2: Sementes viáveis com baixo vigor

Sementes com porcentagem de tecidos corados de 50 a 80%, e com lesões localizadas, afetando principalmente parte dos cotilédones em torno de 50%, mas sem comprometimento do eixo embrionário. Dentre as colorações observadas variaram entre vermelho intenso, amarelo ou áreas descoloridas, reduzindo a atividade metabólica e diminuição do desenvolvimento inicial.

Classe 3: Sementes não viáveis

Sementes com ausência de coloração, mortas, necrosadas ou apenas 25% de tecidos corados, apresentam aspecto flácido, com extensão dos danos superior a 50%, indicando perda da viabilidade.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 1. Classes de viabilidade e vigor de sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir pelo teste de tetrazólio.

Para as sementes de *P. dubium* (Figura 2).

Classe 1: Sementes viáveis com alto vigor

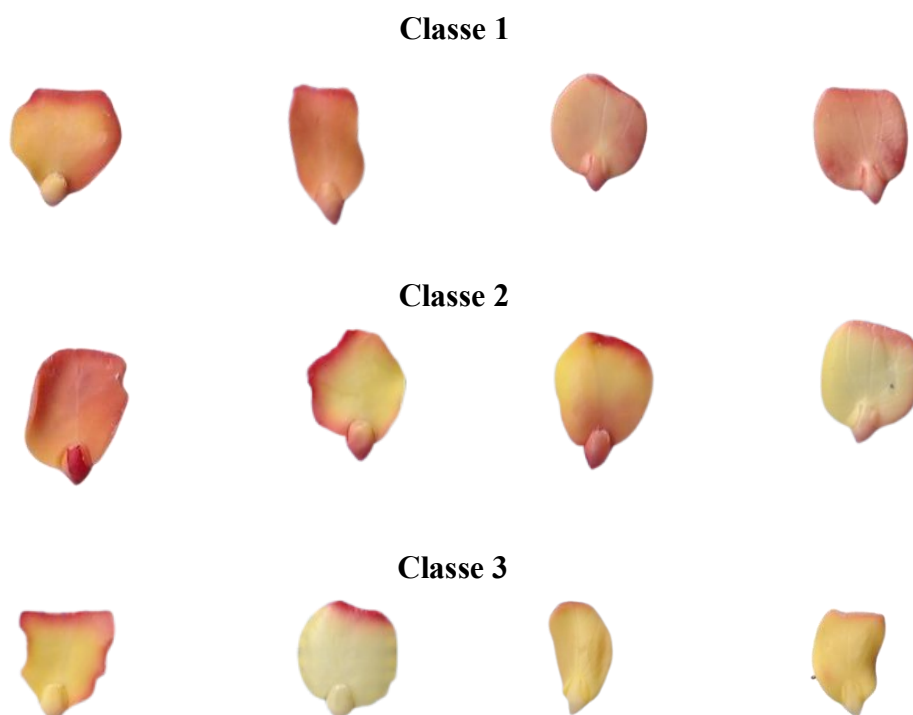
Apresenta sementes com coloração rosa e vermelho uniforme em 80% a 100% dos tecidos vitais, principalmente no eixo embrionário. Os tecidos são firmes e íntegros, com alta atividade enzimática.

Classe 2: Sementes viáveis com baixo vigor

Apresentam entre 40% e 85% de coloração, com áreas amareladas ou brancas nos cotilédones. O eixo embrionário permanece funcional, porém há sinais de redução metabólica. Contém lesões superficiais ou parciais que indicam menor vigor e possivelmente uma germinação desuniforme.

Classe 3: Sementes não viáveis

Sementes sem coloração ou em menos de 20% dos tecidos. Dano aparente extenso, especialmente no eixo embrionário, indicam inviabilidade total.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 2. Classes de viabilidade e vigor de sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub pelo teste de tetrazólio

Já para sementes de *P. moniliformis* (Figura 3):

Classe 1: Sementes viáveis com alto vigor

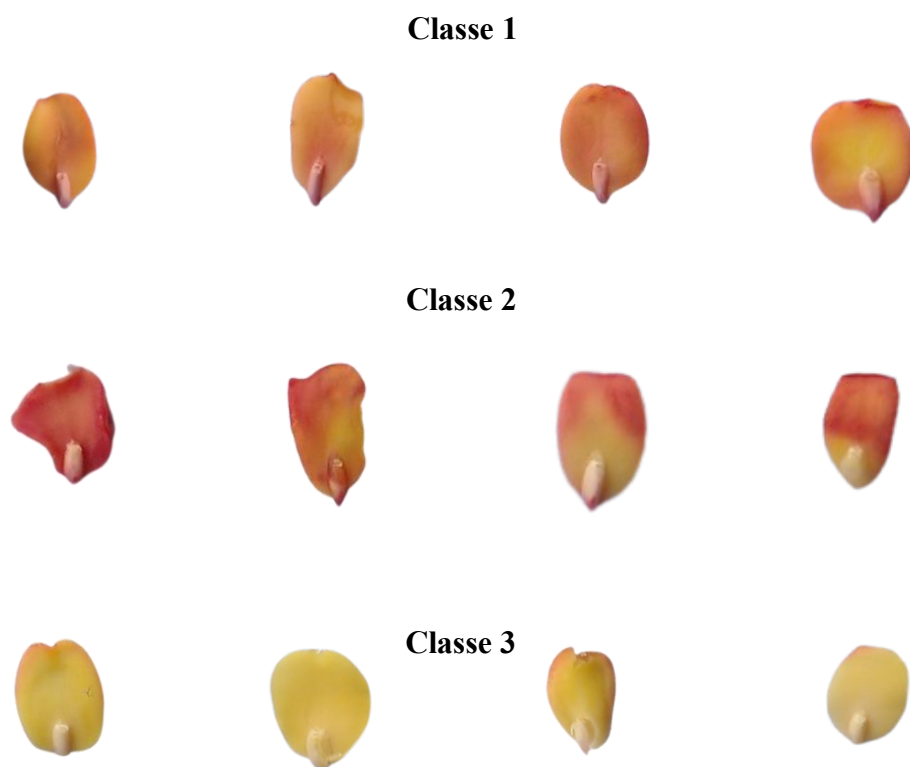
Sementes com coloração vermelho ou rósea em 80% a 100% dos tecidos sendo bem similar a *M. tenuiflora* (Figura 1), destacando a coloração intensa no eixo embrionário e cotilédones, mas os cotilédones podem apresentar uma pequena desuniformidade na cor, porém sem comprometer a viabilidade. E os tecidos são firmes e sem sinais de deterioração.

Classe 2: Sementes viáveis com baixo vigor

Entre 50% e 80% de coloração nos tecidos, com presença de áreas descoloridas ou amareladas nos cotilédones. O eixo embrionário pode apresentar coloração fraca ou parcial, mas ainda funcional, e indica sementes com potencial germinativo reduzido.

Classe 3: Sementes não viáveis

Sementes com menos de 25% de coloração, com tecidos flácidos, escurecidos ou necrosados. Danos comprometem o eixo embrionário, indicando perda da viabilidade (germinabilidade).



Fonte: Autor, 2025.

Figura 3. Classes de viabilidade e vigor de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson pelo teste de tetrazólio.

O período de embebição e a concentração da solução de tetrazólio influenciam diretamente a tonalidade dos tecidos das sementes (BORELLA et al., 2020). Segundo Costa e Santos (2010), a solução de tetrazólio deve ser absorvida pelas sementes de forma adequada, e somente sementes viáveis têm essa capacidade de absorverem a solução lentamente, resultando em colorações suaves, variando do rosa ao vermelho-claro, enquanto sementes deterioradas tendem a exibir tonalidades mais intensas, indicativas de danos nos tecidos.

Com o objetivo de padronizar a interpretação do teste, Cunha et al. (2021) propuseram sete classes de viabilidade para sementes de *Aspidosperma pyrifolium* Mart., proporcionando maior precisão na interpretação do teste. Resultados semelhantes foram obtidos por Ursulino et al. (2025), que identificaram oito classes em sementes de *Dimorphandra gardneriana* Tul., utilizando critérios similares aos do presente estudo.

Outras investigações também avançaram na caracterização de classes de viabilidade de sementes florestais, como em *Himatanthus sucuuba* (Spruce) Wood (RAMÍREZ et al., 2021), *Pinus taeda* (SANTOS; VIEIRA; PANOBIANCO, 2019) e *Handroanthus spongiosus* (Rizzini) S. Grose (SILVA et al., 2023). Esses estudos

ampliaram o acervo de informações disponíveis e reforçaram a importância do teste de tetrazólio como ferramenta eficiente para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais.

5. CONCLUSÃO

O estabelecimento de classes em sementes *M. tenuiflora*, *P. moniliformis* e *P. dubium*, é uma proposta promissora para uma rápida avaliação de sementes dessas espécies. Reforçando a importância do teste de tetrazólio na análise rápida e eficaz em sementes florestais

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, K. A.; MELO, L. A.; MORAES, C. E.; SOUZA, M. R.; DAMASIO, D. C.; ALBUQUERQUE, N. C. B. Protocolos de germinação e vigor para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Joannesia princeps*. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 6, p. 12-22, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.006.0002>

ARAUJO, I. DA S.; CARVALHO, M. B. F.; GUIMARÃES, R. V. S.; MENDONÇA, A. P. Padronização do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade de sementes de *Jacaranda mimosifolia* D. Don. **REVISTA DELOS**, v. 16, n. 45, p. 1530-1542, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n45-003>

BASSAN, D. A. Z.; SANTOS, S. C.; DAVIDE, L. M. C.; TROVATO, V. W.; MEDEIROS, E. S.; SANTOS, C. C.; CARVALHO, R. P. (2022). Genetic diversity of *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. progenies from the states of Minas Gerais and Mato Grosso do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, p. e260760, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.260760>

BARBOSA, J. Z.; CONSALTER, R.; PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. Uso de imagens digitais obtidas com câmeras para analisar plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 15-24, 2016. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA15006>

BENEDITO, C. P.; RIBEIRO, M. C. C.; PAIVA, E. P. D.; MEDEIROS, H. L. D. S. Dormancy overcoming and germination test in *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 338-344, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190040>

BORELLA, D. R.; SILVA, A. C.; SOUZA, J. H. G.; MARTIM, C. C.; PIZZATTO, M.; SILVA, K. N. C. Viabilidade de sementes de castanha-do-Brasil pelo teste de tetrazólio. **Nativa**, v. 8, p. 336-343, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i3.9333>

BORGES, H. D. **Teste de tratrazólio para detectar a viabilidade e vigor em sementes de soja**. 2018. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

BRANDANI, E. B. **Análise de imagens na avaliação do vigor de sementes de soja**. 2017. 48f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2025. 365p.

BRUNES, A.P.; ARAÚJO, A.D.; DIAS, L.K.; VILLELA, F.A.; AUMONDE, T.Z. Seedling length in wheat determined by image processing using mathematical tools. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 374-379, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160044>

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CARVALHO, M.L.M. Utilização da análise de imagem: conceitos, metodologias e usos. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 20, n. 3, p. 45-47, 2010.

CARVALHO, F. G.; SANTOS, I. S.; SILVA, A. J. N. Avaliação da inoculação de *Rhizobium* e da adição do extrato de algas marinhas no desenvolvimento de mudas de Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*) em solo de área degradada da caatinga. **Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais**, v. 10, n. 4, p. 248–260, 2019. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.004.0019>

CAVALCANTI, Í. E. S. **Avaliação da qualidade de sementes: uma revisão bibliográfica**. 2021. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, 2021.

CICERO, S. M.; VIEIRA, R. D. Teste de frio. In: KRZYZANOWSKI, F. C. H.; VIEIRA, R. D.; FRANCA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (Orgs). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrantes, p. 277-316. 2020.

COSTA, C. J.; SANTOS, C. P. D. Teste de tetrazólio em sementes de leucena. **Revista Brasileira de sementes**, v. 32, p. 66-72, 2010.

CUNHA, M. D. C. L.; LOPES, J. A.; MONTE, A. A. M.; FERREIRA, T. C.; OLIVEIRA, M. R. G. Protocolos de germinação e tetrazólio para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Aspidosperma pyrifolium* Mart. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e57910918273-e57910918273, 2021.

CUSTODIO, D. C. S.; ASPIAZÚ, I.; FOGAÇA, C. A.; FIGUEIREDO, L. H. A.; FIGUEIREDO, M. A. P.; FERREIRA, M. A. Análise da qualidade de sementes de *Amburana Cearensis* (Allemão) A.C. Sm. utilizando teste de tetrazólio. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 8, p. e17647, 2025. <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n8-303>

DI CIACCIO, L. S.; CATALANO, A. V.; LÓPEZ, P. G.; FORTUNATO, R. H.; SALVAT, A. E. *Peltophorum* (Caesalpinioideae, Fabaceae): a review on ethnobotanical, pharmacological and phytochemical profiles. **Journal of Herbal Medicine**, v. 45, p. 100883, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2024.100883>

DUARTE, D. F.; GIACOMELLI, F. B.; FERNANDES, S. Y.; DE OLIVEIRA SOUZA, B.; MORAIS, G. A. Biometry and Germinative Potential in Seeds of *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert – Fabaceae. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e228101321204, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21204>

FACCIO, T. A. **Análise de características em imagens digitais na tarefa de segmentação interativa**. 2020. 77f. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada e Computacional.) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Presidente Prudente, 2020.

FAGOTTI, E. P. **Avaliação dos tratamentos térmico-úmido e mecânico na quebra de dormência em sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Fabaceae)**. 2025. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) –

Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2025.

FARIAS, R. M.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; DOMBROSK, J. L. D. Superação de dormência em sementes de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 2, p. 160–165, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.024>

FERREIRA, M. B. **Disposição espacial de *Mimosa tenuiflora*, *Piptadenia stipulacea* e *Cnidocolus quercifolius inermis* espontâneas**. 2021. 59f. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2021.

FERREIRA, V. V. O. **Caracterização de espécies florestais da caatinga para a construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2018. 202 f. Natal, 2018.

FERREIRA, W. N.; ZANDEVALLI, R. B.; BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Adenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. CEBIL (Griseb) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botânica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 408-414, 2012.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. *Journal of Seed Science*, Londrina, v. 41, n. 3, p. 359-366, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n3223104>

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **O vigor e o desempenho das sementes**; ABRASEM-Associação Brasileira de Sementes e Mudas: Anuário, Brasília, p. 26–30, 2018.

FREIRES, A.L.A.; NASCIMENTO, L.V.; ALVES, T.R.C.; BOTREL, R.T.; MACHADO, F.S.; AMBRÓSIO, M.M.Q. Rizóbios e adubação nitrogenada na produção de mudas de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Gaia Scientia**, v.14, n.2, p.160-173, 2020.

GARCIA, E. B.; ÁVILA, M. R.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; NAGASHIMA, G. T. Imagens digitais no teste de tetrazólio em sementes de trigo. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 16, n. 6, p. 67-78, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n6.a360>.

GONÇALVES, P. P.; GARLET, J. Teste de Tetrazólio em sementes de espécies do domínio fitogeográfico amazônico. **Agrotrópica**, v. 33 n. 2 p. 117-126, 2021 DOI: <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2021v33n2p117-126>

GUOLLO, K.; POSSENTI, J. C.; FELIPPI, M.; DEL QUIQUI, E. M.; LOIOLA, T. M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais através do teste de condutividade elétrica. **Colloquium Agrariae**. v. 13, n. 1, p. 86-92, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2017.v13.n1.a153>

HEMENDER; SHARMA, S.; MOR, V.; JITENDER; BHUKER, A. Image analysis: a modern approach to seed quality testing. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 27, n. 1, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.9734/cjast/2018/40945>

HUA, F.; BRUIJNZEEL, L. A.; MELI, P.; MARTIN, P. A.; ZHANG, J.; NAKAGAWA, S.; MIAO, X.; WANG, W.; MCEVOY, C.; PEÑA-ARANCIBIA, J. L.; BRANCALION, P. H. S.; SMITH, P.; EDWARDS, D. P.; BALMFORD, A. The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches. **Science**, v. 376, n. 6595, p. 839–844, 20 maio 2022. DOI: [10.1126/science.abl4649](https://doi.org/10.1126/science.abl4649).

KAPADIA, V.; SASIDHARAN, N.; KALYANRAO, P. Seed image analysis and its application in seed science research. **Advances in Biotechnology & Microbiology**, v. 7, n. 2, p. e555709, 2017. DOI: <https://doi.org/10.19080/AIBM.2017.07.555709>

KRYZYANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. S.; FRANÇA-NETO, J. B. **Deterioração e vigor de semente**. Londrina: Embrapa Soja. 19 p. 2022. (Embrapa Soja, Circular Técnica 191).

LEITE, M. J. D. H.; BAKKE, O. A. Uso de coprodutos da extração de vermiculita na produção de mudas *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. **Revista Agrogeoambiental**, v. 11, n. 1, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v11n120191201>

LEITÃO, J. R.; CUNHA, M. C. L.; FERREIRA, T. C. Morfologia de sementes, plântulas e tirodendros em espécies de Fabaceae ocorrentes no bioma Caatinga. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 44, p. 1-15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4336/2024.pfb.44e202102219>

LOPES, A. S.; MAIA DORNELAS, C. S.; LOPES, I. A. P.; OLIVEIRA, A. M.; BRITO, M. S.; LACERDA, A. V. Influência das condições ambientais de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Principia**, v. 1, n. 48, p. 119–127, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n48p119-127>

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MARQUES, D. M.; DA SILVA, A. B.; MANTOVANI, J. R.; MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. Root morphology and leaf gas exchange in *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Caesalpinioideae) exposed to copper-induced toxicity. **South African Journal of Botany**, v. 121, p. 186-192, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.007>

MASULLO, L. S.; PIÑA-RODRIGUES, M. C. F.; FIGLIOLIA, M. B.; AMÉRICO, C. Optimization of tetrazolium tests to assess the quality of *Platymiscium floribundum*, *Lonchocarpus muehlbergianus* and *Acacia polyphylla* DC. seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 189-197, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v39n2167534>

MEDEIROS, L. C. D. **Efeito da velocidade de carbonização na composição química do extrato pirolenhoso da madeira de Eucalipto (*Eucalyptus Urophylla* X *Eucalyptus Grandis*) e Jurema Preta (*Mimosa Tenuiflora* (Wild.) Poir.)**. 2018. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2018.

MORAES, P. H. F.; CAVALCANTE, L. V.; ALBUQUERQUE, A. S.; RODRIGUES, A.

M. C.; JUNIOR, J. L. D. A. M.; MELO, L. D. F. A. Preparo da semente de colubrina para execução do teste de tetrazólio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 5, p. 625-628, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i5.7599>

MORAIS, S. A. **Otimização do processo de extração de taninos a partir da espécie *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret**. 2019. 98 f. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – Instituto de Química e Biotecnologia, Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

MUNIZ, V. I. M. S.; NASCIMENTO, J. E. N.; FELIX, J. A.; ALVES, J. E. Nicho polínico de *Apis mellifera* L. na Caatinga durante a floração de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 18, p. 1-10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7213/2596-2868.2020.18006>

MÜLLER, E. M.; RIBEIRO, M. I.; SILVA, S. M.; CORSATO, J. M.; FORTES, A. M. T. (2020). Anatomia e fisiologia de sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. submetidas ao armazenamento. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 3, p. 644-657, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509824540>

NOGUEIRA, N. W.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O. (2014). Tetrazolium test in timbaúba seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 2967–2976, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n6p2967>

NORONHA, B. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. Incremento de área em sementes de moringa durante a embebição por meio da análise de imagens. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 221-232, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509827289>

OLIVEIRA, F. N.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O. Viability of *Simira gardneriana* Barbosa & Peixoto seeds by the tetrazolium test. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 7-13, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n1157000>.

PAULA, A. D. M. **Vigor relativo: uma nova abordagem para classificação de lotes de sementes**. 2020. 56 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.285>

PEREIRA, K. T. O.; PAIVA, E. P. D.; SOUZA, M. L. D.; BENEDITO, C. P.; TORRES, S. B. Physiological quality evaluation of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seeds by tetrazolium test. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 1, p. e20196712, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200019>

RAMÍREZ, L. H. S.; MENDES, A. M. D. S.; IMAKAWA, A. M.; SAMPAIO, P. D. T. B.; MELO, M. D. G. D. Viabilidade de sementes armazenadas de *Himatanthus sucuuba* Wood pelo teste de tetrazólio. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 333-349, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509842809>

RAMOS, R. C. **Novo algoritmo de segmentação e realce de imagens de impressões digitais**. 2018. 102f. Dissertação (Mestrado em informática) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018

REFLORA. **Mimosa in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB18874>>. Acesso em: 19 out. 2025

ROSÁRIO, L. P. C. **Biometria de frutos e sementes e qualidade fisiológica de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong: classificadas por tamanho**. 2022. 94f. Tese (Doutora em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2022.

SANTA MARIA, D. P.; TAVEIRA, A. L. M.; JEANFELICE, B.; CORSATO, J. M.; FORTES, A. M. T. Morfometria e adequação do teste de envelhecimento acelerado para as sementes de *Machaerium stipitatum*. **Revista Thêma et Scientia**, v. 15, n. 2, p. 288-302, 2025.

SANTOS, R. F.; SANTOS, A. D.; OLIVEIRA, L. D.; FERREIRA, T. C. Propriedades antimicrobianas de extratos da casca de jurema-preta (*mimosa tenuiflora* (wild.) poir.) / Antimicrobial properties of jurema-preta (*mimosa tenuiflora* (wild.) poir.) pear extracts. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 16915-16930, 2022. DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv8n3-094>

SANTOS, F. S.; PANOBIANCO, M. Tetrazolium test for *Pinus taeda*: preparation, staining, and seed viability classes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, e01088, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.01088>.

SANTOS, F. S.; VIEIRA, E. S. N.; PANOBIANCO, M. Tetrazolium test for *Pinus taeda*: preparation, staining, and seed viability classes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 54, e01088, p. 1-5, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.01088>

SANTISTEBAN, R. M.; CABRERA, S. P.; NETO, J. F.; SILVA, E. M.; CORREIA, R. C.; ALVES, R. F.; SANTOS, F. A. R.; CAMARA, C. A.; SILVA, T. M. Análises melissopalínológicas, físico-químicas, atividade antirradicalar e perfil químico por UPLC-DAD-QTOF-MS/MS dos méis de *Frieseomelitta doederleini* (abelha branca): comparação com os fenólicos presentes nas flores de *Mimosa tenuiflora* (jurema preta). **Química Nova**, v. 42, n. 8, p. 874-884, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170407>

SILVA, J. J.; GOMES, R. A.; FERREIRA, M. A. R.; PELACANI, C. R. ; DANTAS, B. F. Potencial fisiológico de sementes de *Handroanthus spongiosus* (Rizzini) S. grose (Bignoniaceae) determinado pelo teste de tetrazólio. **Seeds**, v.2, p.208-219, 2023. <https://doi.org/10.3390/seeds2020016>

SILVA, T. S.; RANDO, J. G.; CARVALHO, D. A. S. ***Peltophorum* in Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB83567>>. Acesso em: 18 out. 2025

SILVA, C.; RIBEIRO, M. C. C.; SILVA, L. S.; DE LIMA, I. C. F.; ARAÚJO, P. C. D. Efeito do estresse salino na germinação de *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke.

AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO, v. 20, n. 2, p. 63-65, 2024. DOI: <https://doi.org/10.30969/3dnaet11>

SILVA, S. A. D. N. M.; BARROS, A. B.; SOUZA, J. M. T.; SANTIAGO, R. F.; MONÇÃO FILHO, E. D. S.; MOURA, A. F.; ARÁUJO, A. R.; SILVA, D. A.; CHAVES, M. H.; ARÁUJO, A. J.; MARINHO FILHO, J. D. B. Identification of Constituents and Evaluation of Biological Activity of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke Ethanol Extract. **Compounds**, v. 5, n. 2, p. 9, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/compounds5020009>

SOUSA-JÚNIOR, J. C. A.; OLIVEIRA, M. S.; DIAS, C. H. A.; AMARIZ, A.; CAMPOS, M. A. S. Effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on larvicidal activity and phenolic compounds in *Mimosa tenuiflora* cultivated under field conditions. **Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 14, p. 41, 2025. <https://doi.org/10.1186/s43088-025-00625-x>.

SOUZA, C. O.; RAMOS, A. L. D.; JÚNIOR, A. F. D.; FERNANDES, M. M.; MARQUES, J. J. Potential for the use of coconut shell (*Cocos nucifera*) as an alternative fuel in the production of cassava flour. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e250101119485-e250101119485, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19485>

SOUZA, T. A. F.; RODRIGUEZ-ECHEVERRÍA, S.; ANDRADE, L. A.; FREITAS, H. Arbuscular mycorrhizal fungi in *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir from Brazilian semi-arid. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 359-366, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.01.023>

TEIXEIRA, E. F.; CICERO, S. M.; NETO, D. D. Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p.159-167, 2006.

ULRICH, A. M.; PERES, T. C. M.; GADOTTI, G. I. Planejamento e Aferições de Controle de Qualidade na Pré-Colheita de Sementes de Soja. In: ULRICH, A. M.; NADAL, A. P.; PINTO, K. V. A.; PIEPER, M. S.; SILVA, T. A.; ZANANDREA, V. C. Z.; MARTINS, A. B. N.; TUNES, L. V. M. **Abordagens agrônômicas visando a qualidade sementes**. Nova xavatina: Pantanal, p, 42-44, 2022.

URSULINO, M. M.; ALVES, E. U.; MELO, P. A.; SANTOS-MOURA, S. D. S.; SILVA, R. D. S.; CRUZ, F. R. D. S.; RAMOS, J. P. I. Seleção de sementes de *Dimorphandra gardneriana* pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 29, p. e288877, 2025.

VASCONCELOS, N. **Análises morfológicas e determinação química de sementes de três espécies de Leguminosae do semiárido**. 2017. 55 f. TCC (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

VENIAL, L. R. **Visão computacional associada a deep learning na avaliação da qualidade de sementes**. 2024. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

VIEIRA, D. A.; SILVA, P. H. F.; MATIAS, R. A. M.; VALADÃO, M. B. X.; MARTINS,

T. O.; RIBEIRO, F. P.; PINTO, J.R.R.; GATTO, A. Forest species in ecological restoration of Cerrado vegetation. **Scientia Forestalis**, v. 49, 2021. DOI:10.18671/scifor.v49n132.05. DOI: <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v49n132.05>.

WALTER, L. S.; GABIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C. Accelerated aging test in *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. Seeds. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v. 17, n. 40, p. 51-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v17i40.4907>