



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO DE AGRONOMIA

DANIEL BEZERRA TAVARES FILHO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO
BIOQUÍMICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI

FORTALEZA

2025

DANIEL BEZERRA TAVARES FILHO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA
DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra.
Coorientadora: Dra. Lucimara Ribeiro Venial.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T229a Tavares Filho, Daniel Bezerra.
Avaliação da qualidade fisiológica e caracterização bioquímica de sementes de feijão-caupi / Daniel Bezerra
Tavares Filho. – 2025.
34 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra.
Coorientação: Profa. Dra. Lucimara Ribeiro Venial.

1. *Vigna unguiculata* L. 2. Qualidade fisiológica. 3. Carboidrato. I. Título.

CDD 630

DANIEL BEZERRA TAVARES FILHO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO DE TEORES
DE AMIDO E CARBOIDRATOS EM SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 27 de fevereiro de 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alek Sandro Dutra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa.Dra. Lucimara Ribeiro Venial (Coorientador)
Movimento de Educação Promocional do Espírito Santo (MEPES)

Me. Ana Maria Vieira da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Patricia Alvarez Cabanez
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

A Deus.

Aos meus pais, Daniel e Luciana.

Aos meus irmãos, Manoel e Leôncio .

A todos que me ajudaram nesse caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me permitiu o dom da vida e por todas as experiências vividas durante essa caminhada.

Ao Laboratório de Análise de Semente da Universidade Federal do Ceará, por me ceder o espaço para a realização do meu experimento e por ser uma grande família em grande parte da minha graduação.

Ao Prof. Dr. Alek Sandro Dutra pela oportunidade de me orientar ao longo desse semestre.

À Dr. Lucimara por ser muito mais que uma co-orientadora e sim uma grande e fiel amiga me ajudando em muitas etapas da minha vida acadêmica. Muito obrigado por estender sua mão quando eu não via mais por onde seguir e me mostrar o caminho para ser fiel a mim mesmo.

A Luci por sempre estar me apoiando e se tornando uma grande amiga que sempre vou guardar no fundo do meu coração e por todos os momentos que compartilhamos nesses anos de graduação~.

Aos amigos que fiz no laboratório, Itamar, Lesli, Erika, Alana, Gisele, Lívia, Markson, Ítalo, Breno, Gustavo e Viviane. Muito obrigado por todos os momentos juntos e saibam que sem vocês não teria conseguido chegar até aqui.

A Priscila por ser muito mais que uma técnica no laboratório e sim uma mãe, sempre disposta a nos escutar e pensar em formas de nos ajudar. Realmente você não sabe o quão especial é para todos nós que passamos por esse laboratório

A Tereza, por sempre estar comigo no laboratório e sempre fazíamos tudo juntos lá. Foram momentos incríveis e gratificantes e você não sabe o quão importante você foi para eu conseguir chegar até aqui. Muito obrigado por tudo.

Ao meu grande amigo Jesimiel Viana que independente de tudo, sempre estive ao meu lado para me apoiar e me mostrar caminhos aos quais eu mesmo não via. Você é como um irmão para mim, nunca se esqueça disso e pode contar comigo para tudo.

A minha grande e fiel escudeira Rosana, minha amiga e parceira para toda obra. Muito obrigado por todos os momentos que passamos nessa graduação. As birras, raivas, vexames e alegrias. Serão esses momentos que sempre marcarão a minha vida me fazendo seguir em frente.

A Ana Kelly Firmino, por todos esses anos de apoio e companheirismo cuidando do Banco Ativo de Germoplasma e sendo muito mais que apenas uma servidora. Muito obrigado por tudo.

Ao Numerg, agradeço por todos esses anos como bolsista e por estarem ao meu lado durante decisões difíceis durante essa caminhada

A Profª Dra. Cândida Hermínia, por ter sido a minha primeira orientadora e ter acreditado em mim e no meu potencial.

Agradeço principalmente a minha família, mãe obrigado por ser essa pessoa incrível, sempre me colocando para cima e mostrando o quão importante é viver o hoje. Te amo muito.

Aos meus irmãos Manoel Avelino e Leoncio Franklin por toda a raiva que já me fizeram passar, mas sempre estando presente em todos os momentos, sendo bons ou difíceis. Amo demais cada um de vocês e agradeço todo dia a Deus por tê-los em minha vida.

In Memoria do meu grande guerreiro, Meu Pai, que até o fim lutou pela vida, vencendo uma batalha que nem mesmo tinha chance de vitória. Nunca reclamou da cruz que foi a sua caminhada e agora descansa no lugar mais lindo de todos. Se eu conseguir ser forte para chegar até aqui, pode ter certeza de que o senhor foi minha rocha, me estruturando e me guiando para realizar esse sonho que não é só meu e sim nosso. Te amo muito pai.

Obrigado a todos que me ajudaram e estiveram presentes durante toda a minha caminhada pela universidade. Os meus mais sinceros e singelos agradecimentos. Sem vocês nada disso seria possível!!!

RESUMO

O feijão-caupi é uma leguminosa de elevada importância socioeconômica, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, devido à sua adaptabilidade, baixo custo de cultivo e alto valor nutricional. O uso de sementes de qualidade é essencial para o estabelecimento e produtividade das lavouras, sendo a avaliação dessa qualidade realizada por meio de testes fisiológicos e bioquímicos. O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de diferentes lotes de sementes de feijão-caupi por meio de análises da germinação e vigor e caracterizar os teores de amidos e carboidratos das sementes. Foram analisados nove lotes de sementes de feijão caupi, submetidos aos testes de germinação, caracterização e de vigor (primeira contagem, comprimento e massa seca de plântulas, índice de velocidade de emergência e condutividade elétrica). A determinação dos teores de amido e carboidratos foi realizada por métodos colorimétricos utilizando espectrofotômetro. Os resultados indicaram diferenças significativas entre os lotes para as variáveis fisiológicas. Os testes de vigor, especialmente a primeira contagem e a condutividade elétrica, mostraram-se eficientes para diferenciar lotes com maior potencial fisiológico. No entanto, os teores de amido e carboidratos não apresentaram variação significativa entre os lotes, mas observou-se uma correlação positiva entre o teor de amido e carboidratos com o comprimento da parte aérea, indicando que sementes com maior reserva energética resultam em plântulas mais desenvolvidas. Conclui-se que os lotes apresentaram diferença estatística nas variáveis de vigor, germinação e caracterização, no entanto a caracterização do carboidrato não diferiu estatisticamente entre os lotes.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L.; Qualidade fisiológica; Carboidrato.

ABSTRACT

Cowpea is a legume of high socioeconomic importance, especially in tropical and subtropical regions, due to its adaptability, low cultivation cost and high nutritional value. The use of quality seeds is essential for crop establishment and productivity, and this quality is assessed through physiological and biochemical tests. The present study aimed to evaluate the physiological quality of different lots of cowpea seeds through germination and vigor analyses and to characterize the starch and carbohydrate contents of the seeds. Nine lots of cowpea seeds were analyzed and subjected to germination, characterization, and vigor tests (first count, seedling length and dry mass, emergence speed index and electrical conductivity). The determination of starch and carbohydrate contents was performed by colorimetric methods using a spectrophotometer. The results indicated significant differences between the lots for the physiological variables. Vigor tests, especially the first count and electrical conductivity, were efficient in differentiating lots with greater physiological potential. However, starch and carbohydrate contents did not show significant variation between lots, but a positive correlation was observed between starch and carbohydrate contents and shoot length, indicating that seeds with greater energy reserves result in more developed seedlings. It was concluded that the lots showed statistical differences in the variables of vigor, germination and characterization, however, carbohydrate characterization did not differ statistically between lots.

Keywords: *Vigna unguiculata* L.; Physiological quality; Carbohydrate.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	Botânica do feijão-caupi	11
2.2	Qualidade da semente.....	11
2.3	Composição da semente.....	12
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1	Etapa I Análise de qualidade dos lotes de sementes.....	17
3.1.1	<i>Teste de germinação e primeira contagem</i>	17
3.1.2	<i>Comprimento de plântulas</i>	18
3.1.3	<i>Massa seca de plântulas</i>	18
3.1.4	<i>Teste de emergência</i>	18
3.1.5	<i>Condutividade elétrica</i>	19
3.1.6	<i>Peso de mil sementes</i>	19
3.2	Extração e quantificação.....	19
3.2.1	<i>Preparação das amostras</i>	20
3.2.2	<i>Extração e quantificação de amido</i>	20
3.2.3	<i>Extração e quantificação de carboidratos</i>	20
3.3	Delineamento experimental.....	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5	CONCLUSÕES.....	30
	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) é uma leguminosa de grande importância socioeconômica em diversas áreas, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais, como o Nordeste do Brasil, além de países da África e da Ásia (Xavier *et al.*, 2006). Ademais, sua relevância se estende ao aspecto nutricional devido ao seu alto teor de proteínas, fibras e minerais essenciais. Sua alta adaptabilidade a condições climáticas mais adversas e o baixo custo de cultivo e ciclos relativamente curtos torna-o um alimento estratégico para a segurança alimentar e nutricional em várias regiões do mundo (Embrapa, 2002; Silva *et al.*, 2016; Freire Filho, 2011).

O cultivo da espécie ocorre majoritariamente por meio do uso de sementes. Segundo Vazquez e Sá (2015) a utilização de sementes na agricultura é fator determinante para a geração de lavouras de alto rendimento, que devido a atributos físicos, sanitários e fisiológicos, permitem o estabelecimento inicialmente da cultura em campo. Além disso, a utilização de sementes de elevada qualidade pode aumentar a produtividade em até 40% (Bragantini, 1996).

Para aferir a qualidade de sementes, são inúmeros os testes que podem ser empregados na caracterização (Oliveira *et al.*, 2019). Dentre os testes possíveis de serem empregados estão o teste de índice de velocidade de emergência (IVE), teste de germinação e testes bioquímicos. Esses parâmetros possuem papel significativo na avaliação da qualidade da semente e na previsão do desempenho das plântulas formadas e, assim, compreender esses fatores é essencial para otimizar as práticas agrícolas e garantir uma produção agrícola bem-sucedida.

O IVE é uma medida vital do vigor das sementes, refletindo a taxa, na qual, as sementes germinam e as plântulas emergem. Um IVE alto indica uma emergência mais rápida e uniforme, o que é crucial para estabelecer um estande de cultura robusto. Segundo Batista *et al.* (2016) e Kavitha *et al.* (2017), o IVE correlaciona-se positivamente com o desempenho de campo, pois a emergência rápida pode ajudar as mudas a escapar de condições ambientais adversas e competir efetivamente por recursos.

O teste de germinação é outra avaliação fundamental usada para determinar a viabilidade das sementes. Ele fornece uma medida direta da capacidade da semente de germinar sob condições controladas, oferecendo assim *insights* sobre seu potencial para um estabelecimento bem-sucedido. Além disso, os testes de germinação podem orientar as práticas

de seleção e manejo, garantindo que apenas sementes de alta qualidade sejam utilizadas para o plantio (Satyanarayana *et al.*, 2011).

Vale salientar que a taxa de germinação pode ser influenciada por vários fatores, incluindo o teor de umidade, a temperatura e a presença de inibidores, que podem afetar os processos fisiológicos envolvidos na germinação (Ahmed; Escobar-gutiérrez, 2022; Gao *et al.*, 2021; Wang, 2024). E, dentre os fatores envolvidos na germinação estão o teor de carboidratos e amido. Os carboidratos servem como fonte primária de energia durante a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas, pois fornecem a energia necessária para os diversos processos metabólicos que antecedem o desenvolvimento do embrião (Garcias-Morales *et al.*, 2021). Estudos indicam que sementes com maiores reservas de carboidratos tendem a apresentar melhor desempenho em vigor (Kavitha *et al.*, 2017).

Já o amido desempenha um papel duplo na fisiologia das sementes. O primeiro deles é funcionar como um importante carboidrato de armazenamento (Taiz *et al.*, 2017). O segundo é que a degradação do amido em açúcares mais simples se torna uma etapa crítica no processo de germinação, sendo mobilizado para apoiar o crescimento inicial das plântulas. Assim, qualquer prejuízo nessa conversão pode levar à redução do vigor e da viabilidade da semente (Henning *et al.*, 2010). Além disso, a taxa de depleção de amido pode influenciar o momento da germinação, com depleção mais lenta potencialmente atrasando a emergência das plântulas (Shaik *et al.*, 2014). Essa relação ressalta a importância do teor de amido na determinação da qualidade e do desempenho das sementes.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de diferentes lotes de sementes de feijão-caupi por meio de testes tradicionais e caracterizar os teores de amidos e carboidratos das sementes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Classificação e Importância do Feijão-Caupi

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido como feijão-de-corda, é originário da África e foi introduzido no Brasil, na segunda metade do século XVI, no estado da Bahia, pelos colonizadores portugueses. Com a introdução e a ampla adaptabilidade da cultura, esta foi disseminada, principalmente na região nordeste e desta para todo o País (Freire Filho *et al*, 1988; Moreira *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2021). Sua classificação foi de difícil decisão, consequência da grande variabilidade existente dentro deste grupo, sendo classificada como dicotiledônea, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboidea, tribo Phaseolineae, gênero *Vigna* e espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp e subespécie *unguiculata*. (Freire Filho *et al.*, 2011).

O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial de produtores de feijão-caupi, ficando atrás apenas da Nigéria e do Níger, sendo também o maior produtor e consumidor desse grão na América Latina (Duarte *et al.*, 2024). Durante a safra 2023/24, foram plantados 1.233,7 mil hectares de feijão-caupi no Brasil, resultando em uma produção de 583,3 mil toneladas e uma produtividade média de 473 quilos por hectare. No Nordeste, a área plantada foi de 1.055,6 mil hectares, com uma produção de 406,8 mil toneladas e uma produtividade média de cerca de 385 quilos por hectare (CONAB, 2024).

O Ceará é o estado localizado na região Nordeste do Brasil com maior área plantada e apresenta uma produção na safra de 2023/24, com 368,1 mil hectares e 115,6 mil toneladas de feijão-caupi, com médias inferiores de produtividade da região, com aproximadamente 314 quilos por hectare. Essa baixa (Lobo Filho, 2024). produtividade está relacionada à utilização de variedades menos adaptadas para a região ou utilização de sementes de baixa qualidade, ocasionando uma plântula de menor qualidade e por fim uma planta de baixo rendimento esperado (Aires *et al*, 2024).

2.2 Qualidade da semente e testes de germinação e vigor

A qualidade da semente é um fator crucial para a produção e produtividade das mais variadas culturas. Aspectos como o tempo de armazenamento, a umidade e a cultivar representam apenas uma pequena parte dos fatores que influenciam diretamente na geração de plântulas vigorosas (Silva *et al*, 2014). Carvalho (2024) destaca que a semente de feijão-caupi

é um dos principais custos na instalação de uma lavoura, ressaltando que o uso de sementes vigorosas e de alta qualidade é essencial para o sucesso da plantação. Segundo Javorski (2018) a alta qualidade da semente reduz o custo de estabelecimento da cultura e otimiza o êxito da lavoura com plântulas de crescimento rápido e uniforme.

Os testes de vigor são utilizados com a finalidade de avaliar a qualidade fisiológica das sementes por permitir detectar variações em lotes com capacidades germinativas semelhantes (Castro, 2024). Mesmo realizados em condições controladas, eles compensam as limitações dos testes de germinação, que podem superestimar as sementes que não apresentam um bom potencial de emergência em campo, de forma a avaliar a resposta das sementes a diferentes estresses e seu estado metabólico atual, através de métodos fisiológicos e bioquímicos (Marcos Filho, 2015), além de identificar diferenças significativas entre os lotes, garantindo a qualidade das sementes (Krzyzanowski e França-Neto, 2001; Marcos Filho *et al*, 2009).

A importância da semente de feijão-caupi não se encontra somente em sua diversidade, mas na sua composição. Apresentando diversos componentes desejáveis como alto teor de proteínas, fibras alimentares, minerais e antioxidantes, fundamentais para enriquecimento nutricional de diversos povos e preparos (Oliveira *et al*, 2021).

2.3 Composição e germinação da semente

A germinação em sementes ortodoxas é composta comumente por um processo trifásico com início ao processo embebição, no qual a água presente no substrato envolve a semente e entra pelas fissuras na testa, gerando um ápice na absorção de água. Depois desta fase ocorre o processo de reativação do metabolismo e reparo do DNA danificado. E, por fim, a fase de crescimento e emergência do eixo embrionário, com o retorno da absorção de água e a germinação (Rosental *et al.*, 2014). Pode-se compreender o processo germinativo como um conjunto de alterações ordenadas da atividade metabólica, que resultam na retomada do crescimento e desenvolvimento do embrião, cujo produto é a plântula. (Vieira e Carvalho, 2023).

Um dos principais fatores que afetam o processo de embebição é a composição da semente, por afetar diretamente a taxa e eficiência de absorção de água. O amido se destaca nessa etapa, devido às suas propriedades físico-química, cujo comportamento padrão inclui a gelatinização, que consiste na interação entre os polímeros com a água, gerando inchamento, indicando a interação complexa, entre as estruturas de amido e a absorção de água pela semente

(Sayar *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2017).

A utilização das reservas pela semente pode ser tanto para a conservação do estado vítreo, como também para a manutenção das atividades metabólicas, após o início da embebição em sementes ortodoxas (Bewley *et al.*, 2013). As moléculas orgânicas utilizadas pelas sementes são majoritariamente os carboidratos como a sacarose, os oligossacarídeos da série rafínosica e amido, sendo os carboidratos de reserva mais comuns encontrados em angiospermas (Buckeridge *et al.*, 2004a).

Durante a germinação, ocorre o consumo prioritário de açúcares solúveis, estes são responsáveis por suprir as demandas energéticas durante o processo, sendo favorecidos nessa etapa devido a sua fácil disposição, difusão e transporte, além disso, o processo é facilitado pela hidrofília dessas moléculas e por já estarem presentes no citosol (Bewley *et al.*, 2006). O fornecimento de oxigênio é crucial para a oxidação das reservas presentes nas sementes, alimentando os processos metabólicos que desencadeiam a germinação. Durante as etapas oxidativas decorrentes da respiração aeróbica, substratos de reserva, como carboidratos, proteínas e lipídios, são minuciosamente quebrados e transformados em compostos químicos mais simples, como glicose, ácidos graxos e aminoácidos, por meio de enzimas específicas. Esses compostos são submetidos a oxidação, resultando em produção de calor, produtos intermediários essenciais para impulsionar o processo germinativo e energia (ATP) (Nkhata, 2018; Vieira e Carvalho., 2023).

As reservas de amido e carboidrato são essenciais nessas etapas por serem responsáveis por adsorver rapidamente a água, devido à eletronegatividade do oxigênio presente nas hidroxilas, aumentando o volume da semente (Dickson, Duczmal e Shannon., 1973). Segundo Oliveira *et al.* (2022), as reservas de amido e carboidrato são fontes iniciais de energia e utilizados em suas formas mais simples pelas células, fornecendo energia para a divisão, alongamento, formação de novos tecidos e composição das paredes celulares.

Outros fatores como tamanho do hilo, espessura da testa e quantidade de proteína também são relevantes nesse processo, por determinar a quantidade de água absorvida pela semente, controlar a difusão da água e aumentar o volume e a absorção de água durante a embebição (Coffigniez *et al.*, 2019).

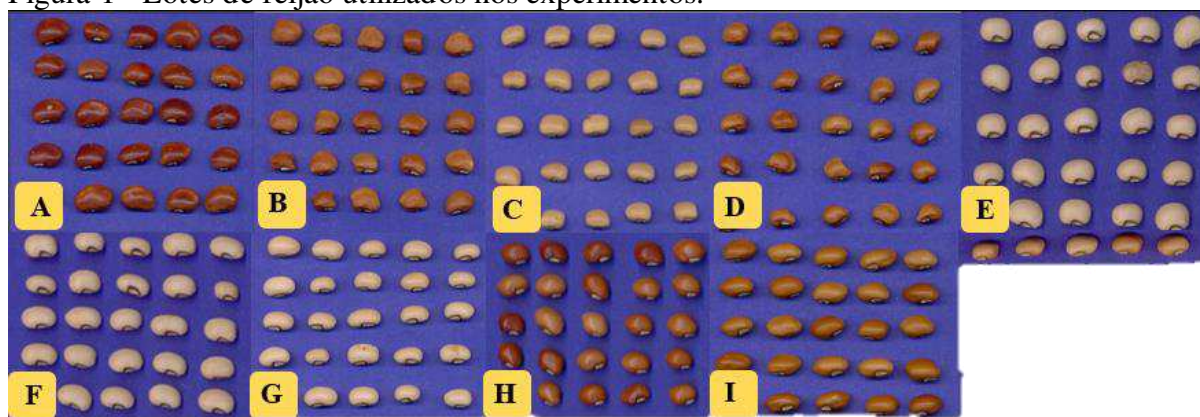
A semente de feijão-caupi apresenta o cotilédone como estrutura principal na composição nutricional, apresentando níveis elevados de amido e proteínas (Swanson, Hughes e Rasmussen., 1985). Esses altos níveis de amido e proteínas são essenciais para a dieta em países em desenvolvimento, por ser uma fonte de proteína complementar as mais diversas fontes de carboidratos (cereais, raízes amiláceas e tubérculos), com uma média de 25% de

proteína, destacando-se aminoácidos comumente encontrados em leguminosas, ricos em lisina e baixa concentração de aminoácidos sulfurados (Moreira *et al.*, 2008). No entanto, essa semente apresenta deficiência de aminoácidos contendo enxofres, como metionina, cistina e cisteína (Farzana e Khalil, 1999).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará-UFC. Para a realização dos testes foram utilizados nove lotes de sementes de feijão caupi (Figura 1). Para a avaliação da qualidade dos lotes, foram conduzidos testes de peso de 1000 sementes (PMS) germinação (G%), primeira contagem (PC), comprimento de parte aérea e raiz (CPA e CPR), peso de massa seca de parte aérea e raiz (MSPA e MSR), índice de velocidade de emergência (IVE) e condutividade elétrica (CE) seguindo os padrões das Regras para Análises de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009). Os testes bioquímicos de amido e carboidratos foram realizados no Laboratório de Fisiologia Vegetal, no Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da UFC.

Figura 1 - Lotes de feijão utilizados nos experimentos.



*Legenda: A) Lote 1; B) Lote 2; C) Lote 3; D) Lote 4; E) Lote 5; F) Lote 6; G) Lote 7; H) Lote 8; I) Lote 9.

Fonte: Venial *et al.*, (2024).

3.1 Análise de qualidade dos lotes de sementes

3.1.1 Teste de germinação e primeira contagem

No teste de germinação, para cada lote, foram utilizadas quatro repetições de cinquenta sementes. O substrato utilizado foi o papel de germinação (Germitest®). A semeadura foi feita no papel umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. Após isso, as sementes foram acondicionadas em câmara de germinação tipo Biochemical Oxygen Demand (BOD) regulada à temperatura de 25 °C, com fotoperíodo de 12h, sendo feita a primeira contagem no 5º dia, considerando apenas as plântulas normais, finalizando no 8º dia. Os dados foram obtidos por meio da média das quatro repetições, transformando o resultado em porcentagem.

3.1.2 Comprimento de plântulas

Foi realizado em conjunto com o teste de germinação, onde após oito dias da semeadura, ocorreu a medição do comprimento de dez plântulas, sendo medido a parte aérea até a divisão das plumas e a raiz, apenas a primária, por repetição com o auxílio de régua graduada em milímetros. O comprimento médio foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividido pelo número de plântulas avaliadas (Brasil, 2009).

3.1.3 Massa seca de plântulas

As dez plântulas de cada lote, foram colocadas em sacos de papel e separadas por duas categorias, sendo a primeira as partes da planta (parte aérea e raiz) e a segundo pelo número do lote, contabilizando oito sacos por lote, após separados, foram levadas para a estufa com circulação de ar forçada à temperatura de 65°C até atingir peso constante (Brasil, 2009). O material seco será pesado em balança com precisão de 0,001g e o resultado dividido pelo número de plântulas normais.

3.1.4 Teste de emergência

No teste de emergência de plântulas, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por lote. A semeadura ocorreu de forma manual em canteiros de 10 x 1m, com 10 cm entre repetições, contendo substrato terra/areia na proporção 1:1. As sementes foram dispostas de maneira equidistante em sulcos com 3cm de profundidade no canteiro. Diariamente foram feitas observações e irrigações sempre que necessário, visando o fornecimento de água para a germinação das sementes e emergência das plântulas e a partir da emergência da primeira plântula, iniciou-se a contagem. O teste foi avaliado aos dez dias após a semeadura, sendo computada a porcentagem de plântulas. Ao final da contagem os dados foram transformados em porcentagem conforme Nakagawa (1999).

Foi avaliado o IVE, que são capazes de estimar o número de dias médio necessários para ocorrer a emergência e o número de plantas emergidas por dia. Os índices foram calculados seguindo a metodologia proposta por Maguire (1962), em que: $IVE = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (GN/N)$, no qual, G = número de plântulas normais computadas nas contagens; N = número de dias da semeadura do primeiro ao último dia de contagem.

3.1.5 Condutividade elétrica

Foi realizado pelo método da condutividade de massa, segundo DUTRA *et al.*, (2006). Quatro repetições de 50 sementes foram previamente pesadas (0,0001 g), colocadas em copo plástico contendo 20 mL de água destilada e mantidas em B.O.D. à temperatura constante de 25 °C, durante 8 horas. Após este período, foi realizada a leitura da condutividade elétrica, em condutivímetro, modelo CD-21 e os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes.

3.1.6 Peso de mil sementes

Para a realização do peso de mil sementes, foram utilizadas oito repetições de 100 sementes de cada lote, separadas manualmente. Após isso, é feita a pesagem do material em gramas, em balança de precisão com duas casas decimais (Brasil, 2009). Para a obtenção dos resultados foram feitos cálculos de variância, desvio padrão e coeficiente de variação dos valores obtidos nas pesagens, seguindo as fórmulas:

$$\text{Variância} = \frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

Onde:

x: peso de cada repetição;

n: número de repetições;

Σ : somatório.

$$\text{Desvio padrão (S)} = \sqrt{\text{variância}}$$

$$\text{Coeficiente de variação (CV)} = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

Onde:

X: peso médio de 100 sementes.

3.2 Extração e quantificação

3.2.1 Preparação das amostras

A preparação das amostras iniciou-se com a seleção manual das sementes de feijão, garantindo a eliminação de impurezas e materiais estranhos. As amostras foram submetidas à trituração em cadinho com auxílio de nitrogênio líquido, para preservação de suas características estruturais e redução da degradação térmica. O material triturado foi acondicionado em frascos herméticos, sendo armazenado em local seco e fresco até o momento das análises.

3.2.2 Extração e Quantificação de amido

Para a extração do amido, 2 g da amostra triturada foram suspensas em 50 mL de água destilada e agitadas por 30 minutos para solubilização do amido. A solução foi centrifugada a 4000 rpm por 10 minutos, e o sobrenadante foi descartado. O precipitado contendo o amido foi lavado sucessivamente com etanol 80% e centrifugado novamente sob as mesmas condições. A determinação do teor de amido foi realizada utilizando-se o método colorimétrico do ácido perclórico, com leitura da absorbância em espectrofotômetro a 620 nm.

3.2.3 Extração e Quantificação de Carboidratos

Para a extração dos carboidratos totais, 2 g da amostra triturada foram suspensas em 50 mL de solução de HCl 0,1 M e submetidas a aquecimento a 100°C por 30 minutos em banho-maria para hidrólise dos polissacarídeos. Após resfriamento, a solução foi neutralizada com NaOH 0,1 M e, em seguida, adicionou-se 1 mL de fenol 5% e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. A solução foi mantida em repouso por 10 minutos e a absorbância foi medida em espectrofotômetro a 490 nm. A concentração de carboidratos foi determinada com base em uma curva padrão de glicose.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC). As variáveis foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativas (test $f < 0,05$) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Além disso, usando heatmap e distância

euclidiana, as variáveis foram padronizadas de acordo com sua similaridade, assim como os lotes. O software utilizado foi o R 4.3.1 (R CORE TEAM, 2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando os diferentes lotes de feijão-caupi, a análise de variância (ANOVA) demonstrou que o peso de mil sementes (PMS – Dados transformados), primeira contagem (PC – Dados transformados), comprimento da parte aérea e da raiz (CPA e CPR), assim como as suas respectivas massas secas (MSPA e MSRA), obtiveram valores significativos para alguns lotes (Tabela 1 - Teste $F > 0.05$). Assim, é possível concluir que o material genético tem impacto considerável nos padrões fenotípicos da espécie, o que pode impactar diretamente o desempenho germinativo de suas sementes (Chagas *et al.*, 2018), embora variáveis bioquímicas, como o teor de amido e carboidrato, não tenham variado em seu conteúdo.

Tabela 1 – F calculado para as variáveis Peso De Mil Sementes (PMS), Primeira Contagem (PC), Comprimento da Raiz (CRA), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca da Raiz (MSRA), Plântulas Anormais, e conteúdo de carboidrato e amido das sementes.

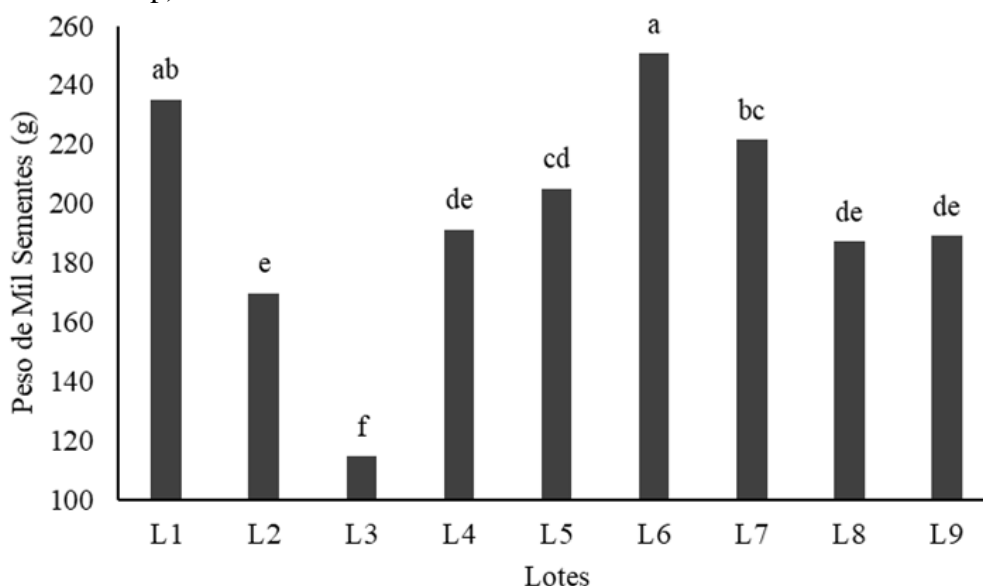
Fonte de variação	GL	PMS ^{tra}	PC ^{tra}	CPA	CRA	MSPA	MSRA	Anormais	Carboidrato	Amido
Lotes	8	47,54*	8,28*	23,92*	6,93*	19,47*	6,60*	11,46*	1,40 ^{ns}	1,32 ^{ns}
CV (%)	11,58	25,73	11,3	19,56	15,79	21,96	29,35	23,27	35,64	

^{tra}Dados transformados por Box – Cox; * significativo a 5% pelo teste F ; ^{ns} Não significativo a 5% pelo teste F .
Fonte: Próprio autor.

Os lotes 6 e 1 apresentaram em média o peso de mil sementes de 250,7 e 235,1 g, respectivamente (Figura 2). Possivelmente tais lotes tenderão a possuir melhores resultados em testes de germinação e vigor (Nunes, 2016; Oliveira *et al.*, 2020). Diferentemente do lote 3 que atingiu de 114,8 g em sua pesagem.

O PMS é uma variável agrônômica crucial que fornece informações valiosas sobre a qualidade, vigor e potencial de germinação das sementes. Este parâmetro é frequentemente utilizado como um indicador do estado de maturidade e sanidade, além de influenciar diretamente a produção e o desempenho das plantas. Estudos demonstram que sementes com maior peso tendem a produzir plântulas mais vigorosas, devido à maior quantidade de reservas nutritivas e um embrião mais desenvolvido (Souza; Barreira, 2018; Monteiro *et al.*, 2020).

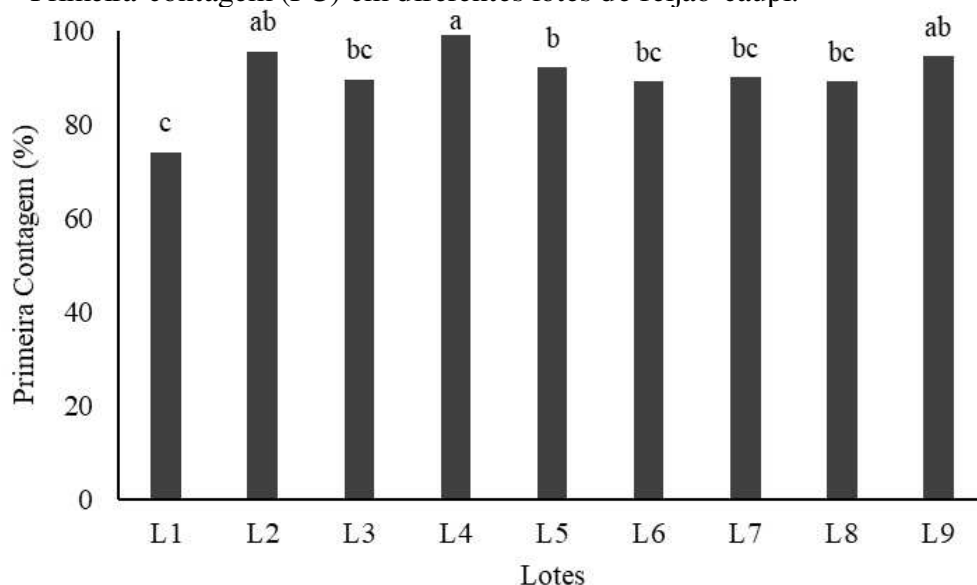
Figura 2 - Peso médio de mil sementes (PMS) de diferentes lotes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp).



* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% dos dados transformados.
Fonte: Autoria própria, 2025.

A PC é parte fundamental na avaliação da germinação de sementes, pois ela indica a viabilidade e o vigor de um lote (Fantinatti *et al.*, 2002; Godoy *et al.*, 2006). Nos resultados do presente estudo, os lotes 4, 2 e 9 apresentaram as maiores porcentagens (Figura 3). Os valores não transformados para esses lotes foram respectivamente 99%, 95,5% e 94,5 %, sendo o lote 1, quando comparado, foi significativamente inferior com 74% de sementes germinadas ao 5º dia após a semeadura. Segundo Santos *et al.* (2017), a PC é um teste de vigor que possui uma maior eficiência na diferenciação da velocidade de germinação entre os lotes estudados do que o próprio teste de velocidade de germinação, tendo em vista que, possibilita identificar lotes com rápida capacidade de estabelecimento de uma forma mais ágil e menos trabalhosa quando comparada ao teste de velocidade de germinação.

Figura 3 - Primeira contagem (PC) em diferentes lotes de feijão-caupi.

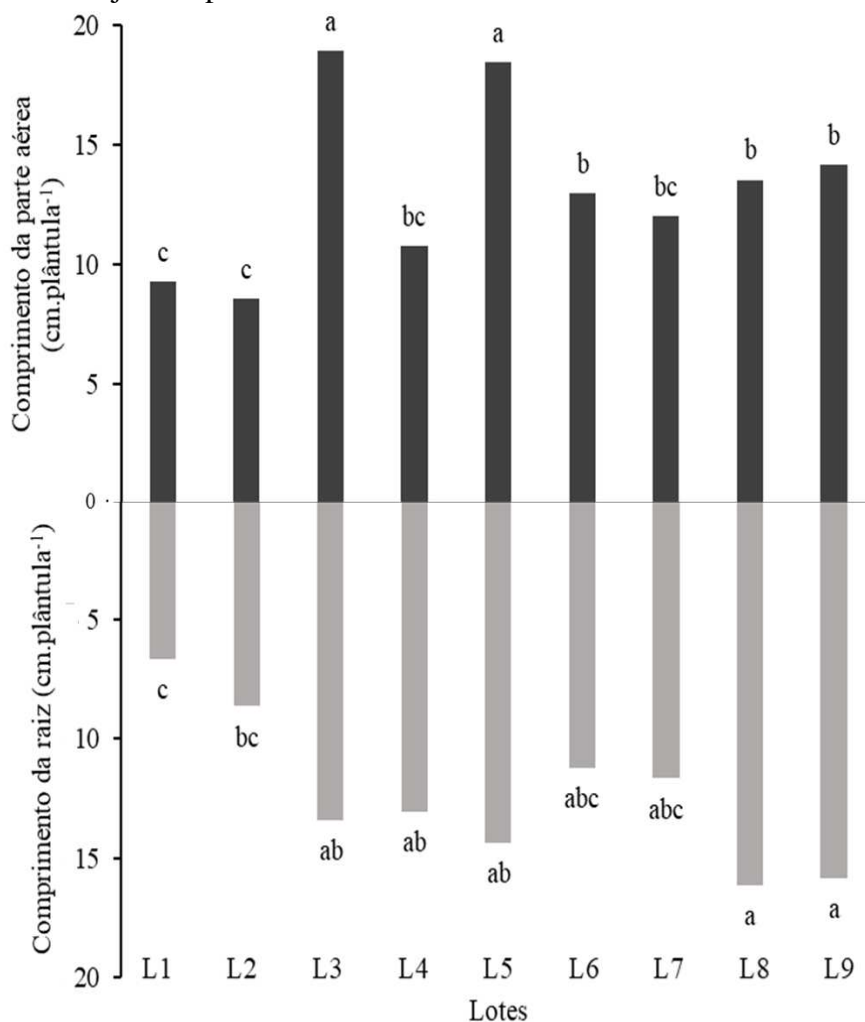


*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% dos dados transformados. Fonte: Autoria própria, 2025.

A determinação dos CPA e CRA são importantes variáveis que indicam indiretamente o desempenho das sementes, sendo aquelas que resultam em plântulas mais desenvolvidas são definidas como vigorosas (Woodstock, 1976; Martos, 2023). Assim os lotes de sementes 3 e 5 possuem potencialidades consideráveis de serem tidas como vigorosas, uma vez que o comprimento da parte aérea e raiz das plântulas produzidas foram respectivamente de 18,95 e 13,40 cm. plântula⁻¹ para L3, e 18,46 e 14,34 cm. plântula⁻¹ para L5 (Figura 4).

Segundo Taiz e Geizer (2006) esses maiores comprimentos observados, são devidos ao maior aporte de reservas ao eixo-embrionário durante a germinação, o que possibilita o melhor crescimento das plântulas. Vale salientar que embora L8 e L9 não tenham diferido no comprimento das raízes dos lotes 3 e 5, L8 e L9 apresentaram uma parte aérea menos desenvolvida do que esses lotes. Já os lotes 1 e 2 apresentaram-se menos crescidas. Isso pode impactar diretamente o estabelecimento das plantas em campo, pois plântulas menos desenvolvidas terão uma capacidade reduzida de absorver água e nutrientes do solo, resultando em plantas mais frágeis e suscetíveis a estresses ambientais, como seca e competição por recursos (Dumins; Lazdina, 2018; Gruffman *et al.*, 2012).

Figura 4 - Comprimento médio da Parte da Aérea (CPA) e da raiz (CRA) de plântulas de diferentes lotes de feijão-caupi.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

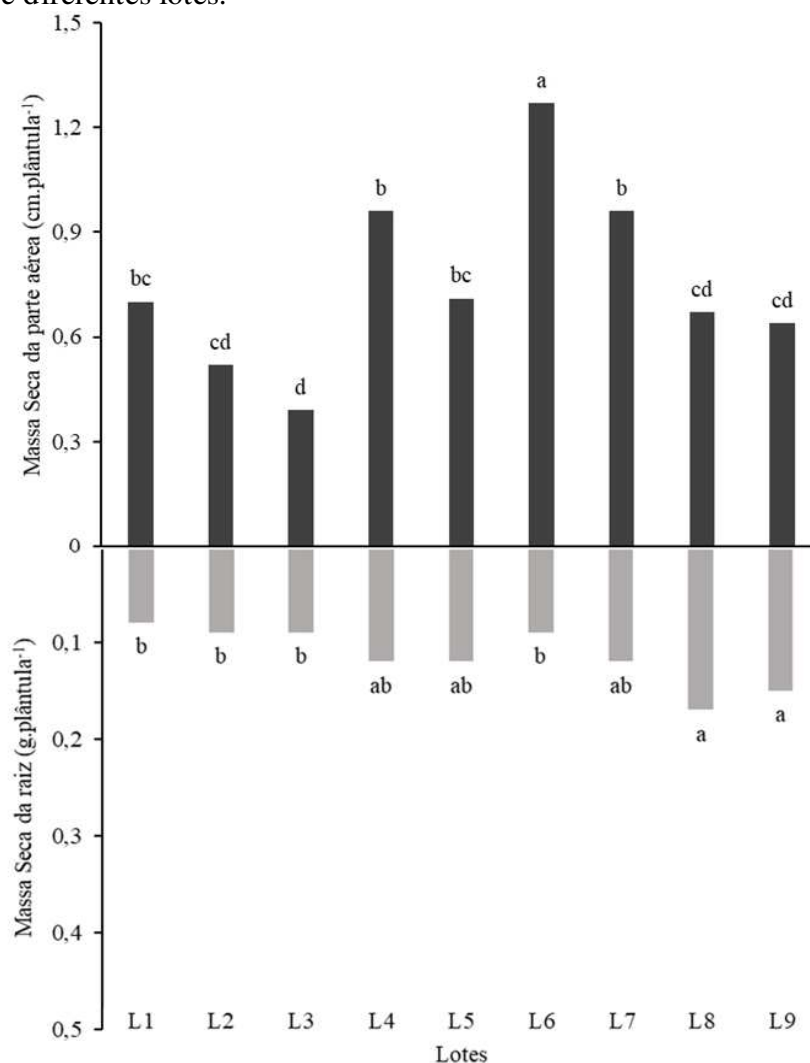
Fonte: Autoria própria, 2025.

Embora os lotes 5 e 3 tenham apresentado valores de crescimento superiores aos demais, a MSPA e MSRA não seguiram a mesma tendência. Isso indica que, apesar do alongamento das plântulas, outras dimensões dessas estruturas não acumularam biomassa de forma proporcional, resultando em um desenvolvimento menos robusto (Figura 5). Dentre os lotes analisados, o L6 destacou-se por apresentar o maior acúmulo de massa seca na parte aérea de suas plântulas formadas, atingindo em média 1,27g. No entanto, a biomassa radicular desse lote foi de 0,09g, um valor semelhante ao registrado nos lotes 1, 2 e 3. Essa discrepância sugere que o lote 6 direcionou um maior investimento no crescimento da parte aérea, em detrimento a formação de suas raízes. Por outro lado, os lotes 2 e 3 demonstraram um menor desenvolvimento geral, registrando valores médios de massa seca da parte aérea de 0,52g e

0,39g, respectivamente, e biomassa radicular com valores médios de 0,087g para lote 2 e 0,085g para lote 3.

Assim, observa-se uma variação significativa na alocação de recursos entre os lotes avaliados, impactando diretamente o vigor e a capacidade de estabelecimento das plântulas em campo. Além disso, essa diferença pode influenciar os custos agrônômicos do cultivo, pois plântulas com maior acúmulo de massa seca tendem a ser mais resilientes e adaptáveis às condições ambientais. Dessa forma, plântulas mais desenvolvidas apresentam maior taxa de sobrevivência, reduzindo a necessidade de replantios, que elevam os custos da cadeia produtiva agrícola (Almeida *et al.*, 2020; Afonso *et al.*, 2012).

Figura 5 - Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) e raiz (MSRA) de plântulas feijão-caupi provenientes de diferentes lotes.



* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

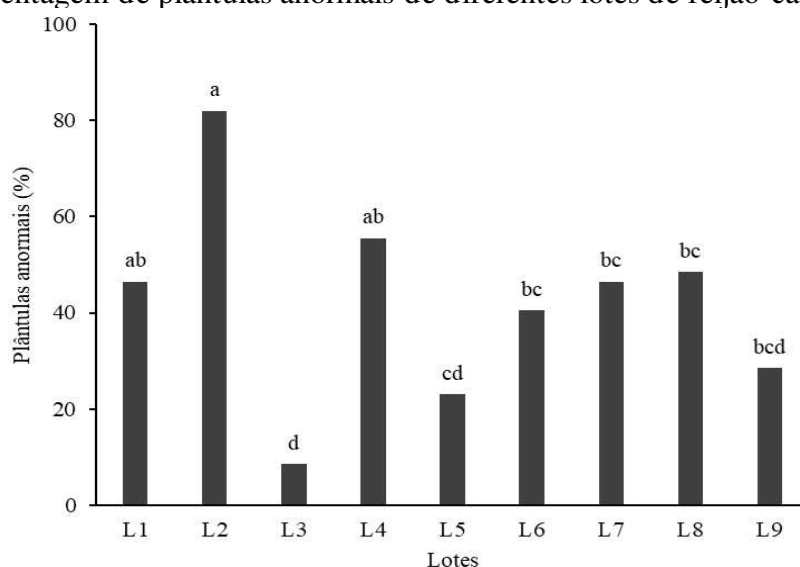
Fonte: Autoria própria, 2025.

A porcentagem de plântulas anormais variou significativamente entre os lotes avaliados, evidenciando diferenças na qualidade fisiológica das sementes (Figura 6). De acordo com Brasil (2009) e Dudare Lopes (2024), plântulas anormais são aquelas que não apresentam todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, o que compromete sua capacidade de crescimento e desenvolvimento, mesmo sob condições favoráveis. Dessa forma, a alta incidência de plântulas anormais pode indicar menor vigor e menor potencial produtivo das sementes.

Ao analisar os nove lotes avaliados, observou-se que lotes 1, 2 e 4 apresentaram os maiores percentuais de plântulas anormais, com 55%, 55,5% e 82%, respectivamente (Figura 6). Esse resultado sugere que esses lotes possuem sementes de pior qualidade, o que desfavorece um estabelecimento eficiente das plantas desses lotes no campo. Em contrapartida, os lotes 3, 5 e 9 registraram as menores porcentagens de plântulas anormais, com valores médios em 8,5%, 23% e 28,5%, respectivamente. Essa menor incidência de anormalidades pode indicar que as sementes desses lotes apresentam maior uniformidade e melhores condições para a germinação e emergência.

Diante desses resultados, fica evidente a importância da escolha criteriosa das sementes, pois esse fator é determinante para o sucesso das atividades agrícolas. A seleção de sementes com alta qualidade fisiológica e atributos genéticos superiores influencia diretamente o estabelecimento inicial das plantas assim como o seu potencial produtivo (Ferreira, 2007). Assim, é fundamental optar por sementes de melhor qualidade, pois estas irão garantir um estande uniforme, mais vigorosa e mais produtividade ao longo do ciclo da cultura.

Figura 6 - Porcentagem de plântulas anormais de diferentes lotes de feijão-caupi.

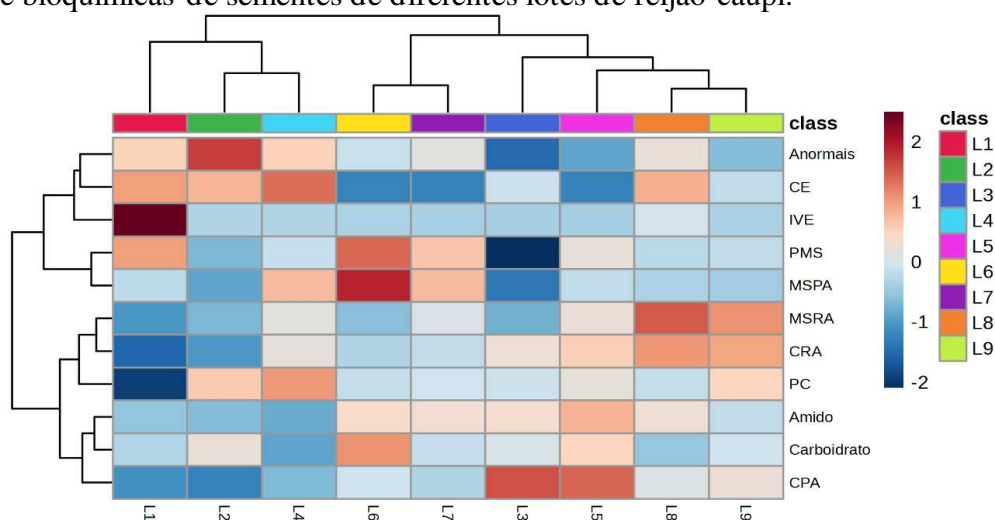


*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.
Fonte: Autoria própria, 2025.

Considerando todas as variáveis analisadas, os lotes puderam ser agrupados em dois grandes grupos. O primeiro grupo formado foi composto pelos lotes 1, 2 e 4, que se destacaram por apresentar baixo vigor. Isso ocorre, principalmente, ao maior número de plântulas anormais e à elevada CE nesses lotes. Ademais, o lote 1 pode ser considerado o de menor vigor, pois, além de apresentar alta CE e uma elevada porcentagem de plântulas anormais, exibiu o maior IVE, menor PC e menores comprimentos e massa secas entre todos os lotes (Figura 7).

Vale destacar que, entre as variáveis utilizadas neste estudo, plântulas anormais, CE e IVE mostraram-se indicadores fundamentais na diferenciação dos lotes em relação ao seu vigor. Isso porque sementes vigorosas garantem uma germinação rápida e uniforme em campo (Damalas *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2010). Já sementes de baixo vigor tendem a gerar um maior número de plântulas anormais, seja pelo reflexo de fatores como envelhecimento, armazenamento inadequado e estresse fisiológico (Silva *et al.*, 2022; Naguib *et al.*, 2011). Além disso, valores elevados de CE indicam maior degradação celular e vazamento de solutos, o que reflete sementes de baixo vigor e, consequentemente, com um maior percentual de plântulas anormais (Couto *et al.*, 2021; Ataíde *et al.*, 2018; Prado *et al.*, 2019). Por isso estudos apontam que sementes com baixos valores de CE tendem a apresentar maior percentual de plântulas normais e um melhor índice de velocidade de emergência (IVE), reforçando a relação entre esses parâmetros (Garcia; Coelho, 2021; Medeiros; Pereira, 2018; Lopes; Franke, 2010).

Figura 7 - Heatmap de valores padronizados ($\mu = 0$; $\sigma = 1$) das características morfológicas, físicas e bioquímicas de sementes de diferentes lotes de feijão-caupi.



* Os valores representam a média de quatro repetições, e os lotes foram agrupados com base na distância euclidiana.

Fonte: Próprio autor.

O segundo grupo formado foi constituído por lotes mais vigorosos, sendo os lotes L3, L5, L8 e L9 caracterizados como de alto vigor, apresentando principalmente maiores valores de massa seca, comprimento e primeira contagem (PC). Além disso, observou-se uma forte ligação entre o conteúdo de amido e carboidratos com o CPA. O amido e os carboidratos servem como fontes primárias de energia durante os estágios iniciais do crescimento das mudas, influenciando vários processos fisiológicos, como a germinação e o crescimento inicial das plântulas.

Pesquisas indicam que sementes com maior teor de amido tendem a produzir plântulas com maiores comprimentos aéreos. Por exemplo, sementes maiores, que normalmente contêm mais reservas, incluindo amido, têm sido associadas a parâmetros aprimorados de crescimento de plântulas, como comprimento da parte aérea (Porto *et al.* 2021). Além disso, a disponibilidade de carboidratos fornece energia imediata para os processos de crescimento. Estudos têm demonstrado que plantas derivadas de sementes com maior teor de carboidratos apresentam taxas de crescimento aumentadas e partes aéreas mais longas (Meneguzzo *et al.*, 2021). Portanto, a qualidade fisiológica das sementes, mediante análises do teor de amido e carboidratos, auxilia sistematicamente na definição de sementes com maior vigor (Almeida *et al.*, 2023).

5 CONCLUSÃO

Os lotes de sementes de feijão-caupi, 1, 2 e 4 são de menor vigor, apresentando maiores porcentagens de plântulas anormais, condutividade elétrica e menor desenvolvimento morfológico. Os lotes 3, 5, 8 e 9 apresentaram de maior vigor, destacando-se maior massa seca da parte aérea e raiz, comprimento de plântulas e primeira contagem.

Os diferentes lotes não apresentaram diferença significativa nos teores de amido e carboidratos. Há correlação positiva entre o teor de amido e carboidratos com o comprimento da parte aérea, indicando que sementes com maior reserva resultam em plântulas mais desenvolvidas.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, M. V.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (vell.) morong). **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1019-1026, 2012.
- AHMED, L. Q.; ESCOBAR-GUTIÉRREZ, A. J. Unexpected Intraspecific Variability of Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) in Response to Constant Temperature During Germination and Initial Heterotrophic Growth. **Frontiers In Plant Science**, v. 13, 2022.
- AIRES, R. F.; EICHOLZ, E. D.; THEISEN, G. **Estabelecimento da Lavoura**. 2024. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1168472>
- ALMEIDA, C. de L.; LIMA, O. S.; COSTA, J. do N.; OLIVEIRA FILHO, P.; VALNIR JÚNIOR, M; SILVA, D. M. Tipos de substratos na germinação e no desenvolvimento inicial da pinha. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 6, p. 3731-3740, 2020.
- ALMEIDA, R. D. S.; MOURA, L. B.; ARAÚJO, M. P. D.; GOMES, A. C.; MEDEIROS, J. G. F.; DORNELAS, C. S. M.; LACERDA, A. V. D. Moore and Seedling Growth After Different Periods of Water Immersion. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 66, p. e23220697, 2023.
- ATAÍDE, G. da M.; BORGES, E. E. de L.; FLORES, A. V. Electrical conductivity test in melanoxydon brauna schott. seeds (fabaceae-caesalpinioideae). **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 4, p. 7-12, 2018.
- BEWLEY, J. Derek; BLACK, Michael. Seeds: physiology of development and germination. **Springer Science & Business Media**, 2013.
- BEWLEY, J. Derek; BLACK, Michael; HALMER, Peter (Ed.). **The encyclopedia of seeds: science, technology and uses**. Cabi, 2006.
- BRAGANTINI, C. Produção de sementes. IN: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395 p.
- BUCKERIDGE, M. S.; AIDAR, M. P. M; SANTOS, H. P. dos; TINÉ, M. A. S. Acúmulo de Reservas. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Eds.). **Germinação: Do Básico ao Aplicado**, ARTMED, Porto Alegre, pp. 31-50, 2004^a.
- CABRAL, R. do C.; ZUFFO, A. M.; MAEKAWA, S. C. E.; SILVA, K. C. da; STEINER, Fábio de estabelecimento da plântula. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 4, p. 1-20, 2021.
- CARVALHO SOARES, L.; URSULINO ALVES, A.; ALVES DE SOUZA, E. Vigor e desempenho de sementes de feijão-caupi por meio do envelhecimento simulado. **Revista Semiárido De Visu**, v. 12, n. 3, p. 1298–1309, 2024.

CASTRO, M. I. S. DE. **PADRONIZAÇÃO DO USO DA PLUGIN SEEDS ANALYSER NO SOFTWARE IMAGEJ PARA AVALIAÇÃO DE VIGOR DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE SOJA** (*Glycine max*). 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduanda em agronomia) - Universidade Federal do Ceará, 2024.

CHAGAS, J. *et al.* GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI. **Agrarian Academy**, v. 5, n. 9, p. 487–498, 2018.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento - Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2023/24**. Disponível em: Conab - Boletim da Safra de Grãos Acesso em: 29 nov 2024.

COUTO, A. P. S.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; COLOMBO, R. C.; HENNING, F. A.; DE BATISTA FONSECA, I. C.; ZUCARELI, C. Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 6, p. 3135-3148, 2021.

DAMALAS, C. A.; KOUTROUBAS, S. D.; FOTIADIS, S.. Hydro-Priming Effects on Seed Germination and Field Performance of Faba Bean in Spring Sowing. **Agriculture**, v. 9, n. 9, p. 201, 2019.

DICKSON², M.; DUCZMAL³, K.; SHANNON⁴, S. Imbibition Rate and Seed Composition as Factors Affecting Transverse Cotyledon Cracking in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seed¹. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/0de5/f58d1c85e2c09744af615764ac49fe9a03f0.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2025.

DUARTE, E. C. P. dos S et al. Nutritional and cooking quality of grains from different commercial classes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Revista observatorio de la economia latino-americana**, Curitiba, v.22, ed. 2, p. 01-27. 2024.

DUDAR, C. M.; LOPES, G. P. METODOLOGIA E ANÁLISE DE PLÂNTULAS EM TESTES DE GERMINAÇÃO CONFORME AS REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES (RAS). **Revista Científica Maratauíra**, v. 1, p. 56–64, 2024.

DUMINS, K.; LAZDINA, D. Orest regeneration quality – factors affecting first year survival of planted trees. **Research For Rural Development**, p. 53-58, 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2002) Cultivo do feijão-caupi – Sistemas de Produção. Disponível em: ? . Acessado em: 13 de janeiro de 2025.

FANTINATTI, J. B.; HONÓRIO, S. L.; RAZERA, L. F. Qualidade de sementes de feijão de diversas densidades obtidas na mesa gravitacional. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 24-32, 2002.

FARZANA, W.; KHALIL, I. A. Protein quality of tropical food legumes. **Journal of Science and Technology**, v. 23, p. 13-19, 1999.

- FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; PINHO, É.V. R.V.; QUEIROZ, D. L. de. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.
- FILHO, M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002724502>. Acesso em: 1 de janeiro de 2025
- FREIRE FILHO, F. R. **Origem, evolução e domesticação do caupi**. [S. l.], 1988. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/51601>. Acesso em: 1 jan. 2025.
- FREIRE FILHO, F. R. FEIJÃO-CAUPI no Brasil: **Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. 2011. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-alice-doc-916831/Description>. Acesso em: 4 de janeiro de 2025.
- GAO, Y.; ZHU, M.; WANG, H.; LI, S. Dynamic changes to endogenous germination inhibitors in cercis chinensis seeds during dormancy release. **Hortscience**, v. 56, n. 5, p. 557-562, 2021.
- GARCIA, J.; COELHO, C. M. M. Accelerated aging predicts the emergence of rice seedlings in the field. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 31, p. 1397-1410, 2021.
- GODOY, A. R. et al. **Efeito da endogamia na produção de sementes de pepino caipira**. Bragantia, v. 65, n. 4, p. 569–573, 2006.
- GOMES, S. B. de S.; FERREIRA, J. B.; MACEDO, P. E. F. de; NASCIMENTO, L. de O.; NASCIMENTO, G. de O.; PESSOA NETO, E. Agronomic characterization of cowpea bean varieties in the Municipality of Senador Guimard, Acre, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e841986243, 2020.
- GRUFFMAN, L.; ISHIDA, T.; NORDIN, A.; NÄSHOLM, T. Cultivation of Norway spruce and Scots pine on organic nitrogen improves seedling morphology and field performance. **Forest Ecology And Management**, v. 276, p. 118-124, 2012.
- HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 727-734, 2010.
- JAVORSKI, M. et al. Image analysis to evaluate the physiological potential and morphology of pearl millet seeds. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 2, p. 127–134, 2018.
- KRZYZANOWSKI, F. C; FRANÇA-NETO, J. de B. **Vigor de sementes. Informativo Abrates**, Londrina, v. 11, n. 3, p. 81-84, 2009.
- LIU, Y. et al. Effect of germination duration on structural and physicochemical properties of mung bean starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 154, p. 706-713, 2020.
- LOBO FILHO, I. G. **Identificação de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes com potencial agrônômico e sensorial**. 2024. Monografia (Mestrando em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2024. Disponível em:

https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/78872/1/2024_dis_iglobofilho.pdf. Acesso em: 16 jan. 2025.

LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de azevém (*Lolium multiflorum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 123-130, 2010.

MARTINS, C. C et al. COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS PARA A AVALIAÇÃO DO VIGOR DE LOTES DE SEMENTES DE COUVE-BRÓCOLOS (*Brassica oleracea* L. var. *italica* PLENK). **Revista Brasileira de Sementes**, 2002.

MARTOS, D. **Teste de comprimento de plântulas para determinação do vigor de sementes de sorgo em função da posição da semente**. Repositorio.ufu.br, 2023
MCDONALD, M. B. A review and evaluation of seed vigor tests. *Proceedings of Association of Official Seed Analysts* 65, p. 109-139, 1975.

MEDEIROS, A. D. de; PEREIRA, M. D. SAPL®: a free software for determining the physiological potential in soybean seeds. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 222-228, 2018.

MENEGUZZO, M. R. R.; MENEGHELLO, G. E.; NADAL, A. P.; XAVIER, F. da M.; DELLAGOSTIN, S. M.; CARVALHO, I. R.; GONÇALVES, V. P.; LAUTENCHLEGER, F.; LÂNGARO, N. C. Seedling length and soybean seed vigor. **Ciência Rural**, v. 51, n. 7, p. e20190495, 2021.

MONTEIRO, S. S.; SANTOS, D. da S.; LIMA, J. F. de; MONTEIRO, S. S. Desempenho agrônomo de *Mucuna aterrima* e *Dolichos lablab* em diferentes épocas de colheita. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 7, p. 6911, 2020.

MOREIRA, Priscila Ximenes et al. **Estrutura e Composição Química do Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. In: BRITO, Edy Sousa de (Org.). *Feijão-Caupi*, ed.1, Fortaleza-CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008, p. 13-24. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319645208_Estrutura_e_Composicao_Quimica_do_Feijao-Caupi_Vigna_unguiculata_L_Walp_2007. Acesso em: 29 nov 2024.

MORENO, L. de A. **AQUISIÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walper)**. 2017. Dissertação (Mestrando em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/114e2e7b-5cd5-4262-aa2c-1dd0e3c27025>. Acesso em: 7 dez. 2024.

NAGUIB, N. A.; MOHAMED, E. A. I.; AIDY, N. A. El-. Effect of storage period and packaging material on wheat (*triticum aestivum* L.) seed viability and quality. **Egyptian Journal Of Agricultural Research**, v. 89, n. 4, p. 1481-1497, 2011.

NKHATA, S. G. et al. Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. **Food Science & Nutrition**, v. 6, n. 8, p. 2446–2458, 2018.

NUNES, R. T. C. Qualidade fisiológica de sementes de girassol classificadas pelo tamanho. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 12, n. 2, p. 153-161, 2016.

OLIVEIRA, A. M. C. de; MELO NETO, B.; ROCHA, M. de M; SILVA, M. R. Food production based on cowpea (*Vigna unguiculata*): nutritional importance and health benefits. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e56101416054, 2021.

OLIVEIRA, A. M. C. de et al. Produção de alimentos na base do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*): importância nutricional e benefícios para a saúde. **Research, Society and Development**, v.10, ed.14, 2021.

OLIVEIRA, et al. Produção de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 35, n. 68, p. 99–116, 2019.

OLIVEIRA, M. E. A. S. et al. How does germinated rice impact starch structure, products and nutritional evidences? – A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 122, p. 13–23, 2022.

OLIVEIRA, S. de; LEMES, E.; NEVES, E.; RITTER, R.; MENDONÇA, A. de; MENEGHELLO, Geri. Uso de biorregulador e seus reflexos na produção e na qualidade de sementes de trigo. **Scientia Plena**, v. 16, n. 1, 2020.

PORTO, A. H.; WAGNER JÚNIOR, A.; KOSERA NETO, C.; VOSS, L. C.; MOURA, G. C. de; RADAELI, J. C. Hydro-conditioning and seed partitioning for Inga laurina (SW.) **Willd Propagation. Scientia Agraria Paranaensis**, p. 347-352, 2021.

PRADO, J. P. do; KRZYZANOWSKI, F. C.; MARTINS, C. C.; VIEIRA, R. D. Physiological potential of soybean seeds and its relationship to electrical conductivity. **Journal Of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 407-415, 2019.

R CORE TEAM (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

ROSENTAL, L.; NONOGAKI, H.; FAIT, A. Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. **Seed Science Research**, v. 24, n. 1, p. 1–15, 1 mar. 2014.

SANTOS, A. D. Dos, SOUZA, E. M. De, FÉBOLI, A., & NOGUEIRA, D. C. (2017). Testes de vigor em sementes de três cultivares de soja. **Rev. Conexão Eletrônica**, 14(1).

SAYAR, S.; TURHAN, M.; KOKSEL, H. Expansion in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed during soaking and cooking. **International agrophysics**, v. 30, n. 1, 2016.

SHAIK, S. S.; CARCIOFI, M.; MARTENS, H. J.; HEBELSTRUP, K. H.; BLENNOW, A. Starch bioengineering affects cereal grain germination and seedling establishment. **Journal Of Experimental Botany**, v. 65, n. 9, p. 2257-2270, 2014.

SILVA, D. da; STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; HELM, C.; FRAGOSO, R. de O.; ANGELO, A. C. Can seeds storage conditions influence the quality of *cedrela fissilis* seedlings? **Research & Development**, v. 8, p. 87-94, 2022.

SILVA, I. R. A. et al. Characterization of the chemical and structural properties of native and acetylated starches from avocado (*Persea americana* Mill.) seeds. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. sup1, p. S279-S289, 2017.

SILVA, M.M. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijoeiro comum cultivado no norte de Minas Gerais. **Agro@ambiente On-line**, 2014.

SOUZA, H.; BARREIRA, S. Caracterização de sementes de *eucalyptus grandis hill* (ex maiden) implantados em reserva legal no cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, p. 218-229, 2018.

SWANSON, B. G.; HUGHES, J. S.; RASMUSSEN, H. P. **Seed Microstructure: Review of Water Imbibition in Legumes**. Disponível em: <https://digitalcommons.usu.edu/foodmicrostructure/vol4/iss1/14/>. Acesso em: 30 jan. 2025.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal 3.ed. Porto Alegre**: Artmed, 2006. 719p.

VAZQUEZ, G. H.; SÁ, M. E. Tecnologia e produção de sementes. In: ARF, O et al. (ed.). Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2015, p. 315-336.

VIEIRA, E. L.; CARVALHO, Z. S. de. Fisiologia de sementes: Parte I – formação e germinação de sementes. **Boletim Científico Agrônomo do CCAAB/UFRB**, v. 1, e2259, 2023.

WANG, S.; ZHU, M.; SUN, L.; HUANG, T.; LI, S. Putative spatiotemporal changes in inhibitor activity during cold stratification of *sapium sebiferum* seeds. **Horticulturae**, v. 10, n. 3, p. 242, 2024.

WANG, Z.-F; WANG, J.-F; BAO, Y.-M.; WANG, F.-H.; ZHANG, H.-S. Quantitative trait loci analysis for rice seed vigor during the germination stage. **Journal Of Zhejiang University Science B**, v. 11, n. 12, p. 958-964, 2010.

WOODSTOCK, L. W. Seed vigour testing handbook. Association of Official Seed Analysts of America (AOSA). **News Letter**, v. 50, p. 1078, 1976.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A.; RUMJANEK, N. G. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão caupi de diferentes nacionalidades. **Revista Caatinga**, v.19, p 25-33, 2006.

ZIMMERMANN, M. J. O. (coord.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: POTAFÓS, p.639-667. 1996.