



ISADORA BRAZ DE SOUZA

**VALIDAÇÃO DE MÉTODO AUTOMATIZADO PARA
MENSURAÇÃO DO COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS DE
HÍBRIDOS DE FORRAGEIRAS**

URUTAÍ – GOIÁS
2026

ISADORA BRAZ DE SOUZA

**VALIDAÇÃO DE MÉTODO AUTOMATIZADO PARA
MENSURAÇÃO DO COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS DE
HÍBRIDOS DE FORRAGEIRAS**

Trabalho de Curso apresentado ao IF
Goiano Campus - Urutaí como parte das
exigências do Curso de Graduação em
Agronomia para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Orientadora Prof^a. Dr^a: Érica Fernandes
Leão Araújo
Co-orientador Prof. Me: Walter Baida
Garcia Coutinho

URUTAÍ – GOIÁS
2026

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S729 Braz de Souza, Isadora
 VALIDAÇÃO DE MÉTODO AUTOMATIZADO PARA
 MENSURAÇÃO DO COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS DE
 HÍBRIDOS DE FORRAGEIRAS / Isadora Braz de Souza.
 Urutaí 2026.

 39f. il.

 Orientadora: Profª. Dra. Érica Fernandes Leão Araújo.
 Coorientador: Prof. Me. Walter Baida Garcia Coutinho.
 Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0120024 -
 Bacharelado em Agronomia - Urutaí (Campus Urutaí).
 I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☐ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☐ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☒ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo: _____

Nome completo do autor: _____

Matrícula: _____

Isidoro Broz de Souza

2023101200240107

Título do trabalho: _____

Validação de método automatizado para mensuração do comprimento de plântulas de híbridos de feijoeiros

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 13/03/26

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☒ Sim ☐ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

União, GO
Local

13/03/26
Data

Isidoro Broz de Souza
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO**

Campus Urutaí - Código INEP: 52063909

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, CEP 75790-000, Urutaí

(GO) CNPJ: 10.651.417/0002-59 - Telefone: (64) 3465-1900

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada

Validação de método automatizado para mensuração do comprimento de plântulas de híbridos de forrageiras, sob orientação de Érica Fernandes Leão Araújo e Co-orientação de Walter Baida Garcia Coutinho, apresentada pela aluna **Isadora Braz de Souza (2021101200240107)** do Curso **Bacharelado em Agronomia (Campus Urutaí)**. Os trabalhos foram iniciados às 16:00 pela Professora presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Érica Fernandes Leão Araújo** (Presidente)
- **Polianna Alves Silva Dias** (Examinadora Interna)
- **José Antônio de Paula Oliveira** (Examinador Externo)
- **Walter Baida Garcia Coutinho** (Co-orientador)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição da candidata. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pela aluna, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

☒ Aprovado☐ ReprovadoNota (quando exigido): 10**Observação / Apreciações:**

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Érica Fernandes Leão Araújo** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado digitalmente
gov.br **ERICA FERNANDES LEO ARAUJO**
Data: 26/02/2026 09:40:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Érica Fernandes Leão

Documento assinado digitalmente
gov.br **JOSE ANTONIO DE PAULA OLIVEIRA**
Data: 26/02/2026 14:25:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

José Antônio de Paula Oliveira

Documento assinado digitalmente
gov.br **POLIANNA ALVES SILVA DIAS**
Data: 26/02/2026 12:51:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

URUTAÍ / GO, 25 de fevereiro de 2026.

Polianna Alves Silva Dias

Documento assinado digitalmente
gov.br **WALTER BAIDA GARCIA COUTINHO**
Data: 26/02/2026 11:19:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Walter Baida Garcia Coutinho

ISADORA BRAZ DE SOUZA

**VALIDAÇÃO DE MÉTODO AUTOMATIZADO PARA
MENSURAÇÃO DO COMPRIMENTO DE PLÂNTULAS DE
HÍBRIDOS DE FORRAGEIRAS**

Trabalho de Curso apresentado no
Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí
como parte das exigências do Curso de
Graduação em Agronomia para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em 25/02/2026

Documento assinado digitalmente
 ERICA FERNANDES LEAO ARAUJO
Data: 26/02/2026 10:25:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Érica Fernandes Leão Araújo (Orientadora)
Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí

Documento assinado digitalmente
 WALTER BAIDA GARCIA COUTINHO
Data: 26/02/2026 11:19:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Walter Baida Garcia Coutinho (Co-orientador)
Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí

Documento assinado digitalmente
 POLIANNA ALVES SILVA DIAS
Data: 26/02/2026 12:51:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Polianna Alves Silva Dias
Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí

Documento assinado digitalmente
 JOSE ANTONIO DE PAULA OLIVEIRA
Data: 26/02/2026 14:28:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. José Antônio de Paula Oliveira

URUTAÍ - GOIÁS
2026

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho, Vicente, que, com seu jeito doce e compreensivo, entendeu todas as vezes em que foi preciso estar longe. Que me olhava com os olhinhos brilhando a cada final de semana e me ensinou que o amor puro e genuíno faz todos os sonhos terem um sentido diferente. Drenava todo o meu cansaço quando estendia seus bracinhos para me envolver em um abraço, assim como transformava tempestades em dias ensolarados com um sorriso repleto de covinhas. E, quando o mundo estava barulhento, silenciava tudo com um simples “te amo, mamãe”.

Obrigada por ser meu pôr do sol quentinho depois de um dia chuvoso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante, pela força e pelas oportunidades concedidas ao longo desta jornada. À Nossa Senhora, pela intercessão, amparo e cuidado nos momentos desafiadores.

Ao meu filho, por ser fonte diária de motivação, renovação e aprendizado, trazendo novo significado à minha vida e inspirando-me a seguir com dedicação e amor.

À minha família, pelo apoio incondicional durante todo o percurso acadêmico, especialmente pelo cuidado, incentivo e suporte que tornaram possível a conclusão desta etapa. À minha mãe, exemplo de superação e fé, e ao meu pai, referência de trabalho, resiliência e ensinamentos que levarei por toda a vida. À minha irmã, pelo companheirismo, apoio e presença constante.

Ao meu companheiro de vida e profissão, pelo apoio, compreensão e parceria nos momentos mais desafiadores, sendo suporte fundamental ao longo dessa caminhada.

Às minhas amigas, pelo incentivo, pelas palavras de conforto e por tornarem essa trajetória mais leve.

Ao colega Oseias (*in memoriam*), pelo exemplo de determinação, amizade e perseverança, que permanecerá como inspiração.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, pela oportunidade de formação acadêmica, pelo suporte institucional e pela qualidade do ensino ofertado, essenciais para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

À professora orientadora, Érica Leão, pela dedicação, orientação, confiança e pelos conhecimentos compartilhados ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a empresa Barenbrug do Brasil por fornecer as sementes e ideias sobre trabalhos com espécies de sementes forrageiras.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo, registro meu sincero agradecimento.

SUMÁRIO

RESUMO	9
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
1.1 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES	10
1.2 AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES	11
1.3 VALIDAÇÃO DE MÉTODOS AUTOMATIZADOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES	13
2. ARTIGO	14
RESUMO	15
2.1 INTRODUÇÃO	17
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	19
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
2.4 CONCLUSÃO	28
2.5 REFERÊNCIAS	28
NORMAS DA REVISTA	36
LITERATURA CITADA	43

RESUMO:

A mensuração do comprimento de plântulas constitui uma ferramenta importante na avaliação do vigor e do desempenho inicial de sementes, sendo tradicionalmente realizada por meio de medições manuais, as quais podem demandar maior tempo e apresentar variabilidade operacional. Nesse contexto, métodos automatizados baseados em análise de imagens têm se destacado como alternativas capazes de proporcionar maior rapidez, padronização e precisão nas avaliações. Assim, o presente trabalho teve como objetivo validar um método automatizado de mensuração do comprimento de plântulas de híbridos de forrageiras, comparando-o ao método tradicional para as variáveis comprimento da parte aérea, comprimento do sistema radicular e comprimento total. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial envolvendo híbridos de forrageiras, métodos de mensuração e repetições. Os dados foram submetidos a análises estatísticas descritivas, testes de normalidade e homogeneidade de variâncias, teste t para comparação de médias e avaliação de indicadores de erro, incluindo desvio-padrão do erro, erro absoluto médio e erro quadrático médio. Os resultados indicaram ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os métodos avaliados, com variâncias homogêneas, médias semelhantes e intervalos de confiança sobrepostos, evidenciando concordância entre as metodologias. Além disso, os indicadores de erro apresentaram valores comparáveis, demonstrando níveis semelhantes de precisão nas estimativas. Conclui-se que o método automatizado por análise de imagens é eficiente e confiável para a mensuração do comprimento de plântulas de híbridos de forrageiras, podendo ser utilizado como alternativa ao método convencional e contribuindo para a otimização das avaliações em estudos agrônomicos.

Termos para indexação: análise de imagens; crescimento de plântulas; métodos de avaliação; morfologia vegetal; agronomia.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A qualidade fisiológica das sementes é determinada principalmente por sua capacidade de germinação e pelo nível de vigor, atributos fundamentais para o estabelecimento adequado das plântulas no campo. A germinação expressa o potencial máximo de formação de plântulas normais sob condições favoráveis, enquanto o vigor está relacionado ao desempenho das sementes sob diferentes condições ambientais, refletindo maior sensibilidade na distinção de lotes (MARCOS-FILHO, 2015; NORONHA; MEDEIROS; PEREIRA, 2018).

Entre os testes utilizados para avaliação do vigor, a mensuração do comprimento de plântulas destaca-se por fornecer informações diretas sobre o crescimento inicial e o desenvolvimento das estruturas embrionárias (KRZYZANOWSKI et al., 2020). Segundo Batista, Barros e Silva (2024), o comprimento da parte aérea e da raiz constitui um indicador eficiente do desempenho fisiológico, permitindo identificar diferenças entre lotes que não são perceptíveis apenas pelo teste de germinação. Esses autores observaram que sementes com melhor desempenho fisiológico apresentaram maior desenvolvimento inicial das plântulas, evidenciando a relação entre vigor e crescimento.

A associação entre características morfológicas das sementes e o desempenho fisiológico também tem sido demonstrada na literatura. Jeromini et al. (2021) verificaram que aspectos estruturais das sementes e das plântulas influenciam diretamente o padrão de desenvolvimento inicial, reforçando que a avaliação morfológica pode contribuir para a compreensão da qualidade fisiológica. De forma complementar, Abud et al. (2022) destacaram que análises biométricas de sementes e plântulas permitem caracterizar o potencial de crescimento inicial, fornecendo parâmetros quantitativos importantes para estudos de vigor.

Com o avanço das tecnologias, métodos baseados em processamento digital de imagens passaram a ser empregados na avaliação do desenvolvimento inicial das plântulas. Ribeiro et al. (2025) demonstraram que a análise digital da emergência da raiz primária em sementes de soja possibilita mensurações precisas e reprodutíveis, além de reduzir a subjetividade inerente às avaliações manuais. Esse tipo de abordagem amplia a confiabilidade das medições de comprimento e contribui para a padronização dos testes de vigor.

Dessa forma, o teste de comprimento de plântulas configura-se como ferramenta relevante na avaliação da qualidade fisiológica de sementes, especialmente quando associado a técnicas de análise digital de imagens. A integração entre parâmetros morfológicos e ferramentas automatizadas fortalece a precisão das avaliações e fundamenta estudos voltados à validação de métodos inovadores de mensuração do desenvolvimento inicial de plântulas.

1.2 AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES

O avanço das tecnologias de imageamento tem promovido mudanças significativas na avaliação da qualidade de sementes, permitindo análises mais rápidas, precisas e menos subjetivas. Segundo França-Silva et al. (2023), técnicas como radiografia, análise espectral e processamento digital de imagens têm sido amplamente empregadas na caracterização morfológica e fisiológica de sementes, contribuindo para a modernização dos testes tradicionais de qualidade.

A utilização de imagens radiográficas possibilita a avaliação da integridade interna das sementes sem a necessidade de destruição do material. Silva et al. (2024), ao estudarem sementes de arroz, demonstraram que imagens radiográficas e espectrais podem ser associadas ao desempenho fotossintético das plântulas, evidenciando a relação entre características estruturais internas e o desenvolvimento inicial. De forma semelhante, Silva et al. (2024), ao avaliarem sementes de *Handroanthus impetiginosus* por meio de raios X, observaram que a técnica permite identificar danos internos que impactam diretamente o potencial fisiológico.

Além das técnicas radiográficas, sistemas baseados em visão computacional vêm sendo desenvolvidos para mensuração automatizada de parâmetros de vigor. Altizani-Júnior et al. (2024) otimizaram a avaliação do vigor em sementes de manjerição por meio de abordagem automatizada baseada em visão computacional, evidenciando maior padronização e redução da interferência humana nas medições. De maneira complementar, Leite et al. (2024) validaram o sistema de análise de imagens Vigor-S para caracterização de fitotoxicidade em plântulas de soja, demonstrando elevada reprodutibilidade e confiabilidade nas avaliações.

Esses avanços tecnológicos reforçam o potencial da análise digital de imagens como ferramenta estratégica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes. A incorporação de métodos automatizados contribui para maior precisão na mensuração de características morfológicas e de crescimento, fundamentando estudos voltados à validação de sistemas automatizados de mensuração do desenvolvimento inicial de plântulas.

A mensuração do comprimento de plântulas é um dos parâmetros mais utilizados para estimar o vigor de sementes, pois está diretamente relacionada à velocidade de crescimento e ao estabelecimento inicial das plantas. Tradicionalmente, essa avaliação é realizada manualmente, o que pode resultar em maior variabilidade entre avaliadores e aumento do tempo de análise. Nesse contexto, métodos automatizados baseados em processamento digital de imagens vêm sendo desenvolvidos como alternativa para padronizar e otimizar as avaliações.

O uso de softwares especializados permite a obtenção rápida e objetiva de dados morfológicos das plântulas, como comprimento total, crescimento radicular e uniformidade de desenvolvimento. Altizani-Júnior et al. (2024), ao avaliarem sementes de manjerição utilizando o sistema SVIS®, demonstraram que a análise automatizada de imagens possibilita classificar lotes de sementes com base no vigor de forma eficiente, apresentando forte correlação com testes tradicionais. Os autores destacam que a digitalização de plântulas jovens permite reduzir o tempo de análise e aumentar a padronização dos resultados.

De forma semelhante, Leite et al. (2024) validaram o sistema Vigor-S para mensuração automatizada do comprimento de plântulas de soja, verificando alta correlação entre as medições realizadas pelo software e aquelas obtidas pelo método convencional. Além disso, o sistema foi capaz de detectar alterações morfológicas causadas por fitotoxicidade, evidenciando a sensibilidade das ferramentas digitais para identificar diferenças no crescimento inicial das plântulas.

A aplicação dessas tecnologias também está relacionada ao avanço de técnicas de visão computacional na análise de sementes e plântulas. França-Silva et al. (2023) destacam que sistemas automatizados permitem integrar múltiplos parâmetros fisiológicos e morfológicos, contribuindo para avaliações mais completas e reprodutíveis. Nesse cenário, a utilização de métodos automatizados para mensuração do comprimento de plântulas surge como uma estratégia promissora para reduzir erros humanos, aumentar

a eficiência das análises e fornecer suporte científico para programas de controle de qualidade de sementes e validação de novos métodos de avaliação.

1.3 VALIDAÇÃO DE MÉTODOS AUTOMATIZADOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES

A validação de métodos automatizados para avaliação de plântulas tem se tornado um aspecto essencial nos estudos relacionados à qualidade fisiológica de sementes, principalmente devido à necessidade de análises rápidas, objetivas e reprodutíveis. O uso de tecnologias baseadas em análise digital de imagens permite integrar diferentes variáveis morfológicas e fisiológicas, contribuindo para a padronização das avaliações e redução da subjetividade associada aos métodos tradicionais.

Estudos recentes demonstram que técnicas de imageamento possibilitam avaliar características estruturais e fisiológicas desde a fase de semente até o desenvolvimento inicial das plântulas. Silva, Cicero e Gomes-Junior (2024), ao utilizarem imagens radiográficas e espectrais em sementes de arroz, evidenciaram que parâmetros obtidos por análise de imagens podem ser relacionados diretamente ao desempenho fisiológico das plântulas, indicando o potencial dessas ferramentas na validação de metodologias voltadas à qualidade de sementes. Resultados semelhantes foram observados por Ribeiro et al. (2025), que utilizaram processamento digital de imagens para avaliar a emergência de raiz primária em sementes de soja, destacando a eficiência da análise automatizada na obtenção de dados precisos sobre o desenvolvimento inicial.

Além disso, pesquisas envolvendo análise de imagens em sementes e plântulas de diferentes espécies reforçam a aplicabilidade dessas tecnologias em estudos de morfologia e crescimento inicial. Abud et al. (2022) demonstraram que a análise digital permite caracterizar estruturas de sementes e plântulas com maior detalhamento, enquanto Batista, Barros e Silva (2024) evidenciaram que softwares como o ImageJ facilitam a mensuração de características biométricas e o acompanhamento do desenvolvimento inicial das plantas. Leão-Araújo et al. (2019) concluíram que a perda de germinação em sementes de *Campomanesia adamantium* está relacionada com alterações na morfologia interna de sementes durante a dessecação, e estas podem ser precisamente identificadas por meio de imagens de raios-X.

Dessa forma, a integração de ferramentas de visão computacional e análise de imagens representa um avanço significativo para a validação de métodos automatizados de mensuração do comprimento de plântulas. Essas tecnologias contribuem para maior precisão nas avaliações, redução do tempo de análise e fortalecimento da confiabilidade científica dos protocolos utilizados em pesquisas com sementes e híbridos forrageiros.

2. ARTIGO

Automated seedling length measurement in forage seeds

Validation of an automated method for measuring the length of forage hybrid seedlings.

Isadora Braz de Souza¹; Érica Fernandes Leão Araújo²; Walter Baida Garcia Coutinho³.

¹Discente, Departamento de Agronomia, Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, 75795-000, Urutaí, Goiás, Brasil.

²Docente, Departamento de Agronomia, Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, 75795-000, Urutaí, Goiás, Brasil.

³Docente, Departamento de Agronomia, Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, 75795-000, Urutaí, Goiás, Brasil.

Autor correspondente: isadora.braz1@estudante.ifgoiano.edu.br

ABSTRACT:

The measurement of seedling length is an important tool for evaluating seed vigor and initial performance, traditionally carried out through manual measurements, which may require more time and present operational variability. In this context, automated

methods based on image analysis have emerged as alternatives capable of providing greater speed, standardization, and precision in evaluations. Thus, the present study aimed to validate an automated method for measuring the length of forage hybrid seedlings, comparing it with the traditional method for the variables shoot length, root system length, and total length. The experiment was conducted using a completely randomized design in a factorial scheme involving forage hybrids, measurement methods, and replications. Data were subjected to descriptive statistical analyses, tests of normality and homogeneity of variances, t-tests for mean comparison, and evaluation of error indicators, including standard deviation of the error, mean absolute error, and root mean square error. The results indicated no statistically significant differences between the evaluated methods, with homogeneous variances, similar means, and overlapping confidence intervals, demonstrating agreement between the methodologies. Furthermore, the error indicators presented comparable values, showing similar levels of precision in the estimates. It is concluded that the automated image analysis method is efficient and reliable for measuring the length of forage hybrid seedlings and can be used as an alternative to the conventional method, contributing to the optimization of evaluations in agronomic studies.

Index terms: image analysis; seedling growth; evaluation methods; plant morphology; agronomy.

RESUMO:

A mensuração do comprimento de plântulas constitui uma ferramenta importante na avaliação do vigor e do desempenho inicial de sementes, sendo tradicionalmente realizada por meio de medições manuais, as quais podem demandar maior tempo e

apresentar variabilidade operacional. Nesse contexto, métodos automatizados baseados em análise de imagens têm se destacado como alternativas capazes de proporcionar maior rapidez, padronização e precisão nas avaliações. Assim, o presente trabalho teve como objetivo validar um método automatizado de mensuração do comprimento de plântulas de híbridos de forrageiras, comparando-o ao método tradicional para as variáveis comprimento da parte aérea, comprimento do sistema radicular e comprimento total. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial envolvendo híbridos de forrageiras, métodos de mensuração e repetições. Os dados foram submetidos a análises estatísticas descritivas, testes de normalidade e homogeneidade de variâncias, teste t para comparação de médias e avaliação de indicadores de erro, incluindo desvio-padrão do erro, erro absoluto médio e erro quadrático médio. Os resultados indicaram ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os métodos avaliados, com variâncias homogêneas, médias semelhantes e intervalos de confiança sobrepostos, evidenciando similaridade de desempenho entre as metodologias. Além disso, os indicadores de erro apresentaram valores comparáveis, demonstrando níveis semelhantes de precisão nas estimativas. Conclui-se que o método automatizado por análise de imagens é eficiente e confiável para a mensuração do comprimento de plântulas de híbridos de forrageiras, podendo ser utilizado como alternativa ao método convencional e contribuindo para a otimização das avaliações em estudos agronômicos.

Termos para indexação: análise de imagens; crescimento de plântulas; métodos de avaliação; morfologia vegetal; agronomia.

2.1 INTRODUÇÃO

A produção de sementes forrageiras desempenha papel estratégico na pecuária brasileira, sendo fundamental para a formação e renovação de pastagens. O sucesso do estabelecimento das áreas cultivadas depende diretamente da qualidade das sementes utilizadas, especialmente em espécies forrageiras que frequentemente apresentam dormência e irregularidade no desenvolvimento inicial (MARCOS FILHO, 2015). Essas características podem comprometer a emergência uniforme das plântulas e, conseqüentemente, o desempenho das plantas em campo.

Nesse contexto, a avaliação da qualidade de sementes torna-se etapa essencial para garantir que os lotes comercializados apresentem potencial adequado de estabelecimento. A qualidade das sementes pode ser analisada sob os aspectos físico, genético, sanitário e fisiológico, sendo este último diretamente relacionado à capacidade de germinação, vigor e desempenho inicial das plântulas. Entre os testes utilizados para estimar o vigor, o teste de comprimento de plântulas destaca-se por permitir a mensuração do crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular, constituindo-se como importante indicador da qualidade fisiológica dos lotes (KRZYŻANOWSKI et al., 2020; LEITE et al., 2024).

Tradicionalmente, a avaliação do comprimento de plântulas é realizada por meio de mensurações manuais, utilizando régua milimetrada ou outros instrumentos de medição. Embora seja um método amplamente difundido e padronizado, sua execução

pode demandar elevado tempo de análise, além de estar sujeita à variabilidade entre avaliadores e à ocorrência de erros humanos, fatores que podem interferir na precisão e na reprodutibilidade dos resultados. Estudos que abordam o uso de sistemas automatizados de análise de imagens destacam que a digitalização das medições contribui para reduzir a subjetividade e aumentar a padronização das avaliações fisiológicas de sementes (KRZYŻANOWSKI et al., 2020; FRANÇA-SILVA et al., 2023; RIBEIRO et al., 2025).

No caso das espécies forrageiras, essa avaliação pode tornar-se ainda mais desafiadora, considerando a presença de dormência e possíveis irregularidades no desenvolvimento inicial das plântulas. Dessa forma, torna-se necessário investigar alternativas metodológicas que permitam maior eficiência, padronização e confiabilidade na avaliação da qualidade fisiológica dessas sementes. A literatura aponta que a análise automatizada do crescimento inicial pode auxiliar na interpretação do vigor em espécies com desenvolvimento heterogêneo, ampliando a precisão das avaliações (ABUD et al., 2022; ALTIZANI-JÚNIOR et al., 2024).

Com o avanço das tecnologias digitais, a análise de imagens tem sido incorporada como ferramenta auxiliar na avaliação da qualidade de sementes. Métodos baseados em imagens possibilitam a mensuração automatizada de características relacionadas ao crescimento inicial das plântulas, reduzindo a interferência do avaliador e permitindo a análise de maior número de amostras em menor intervalo de tempo. Estudos recentes têm demonstrado o potencial dessas abordagens para estimar parâmetros de vigor e qualidade fisiológica em diferentes espécies, incluindo soja, arroz e espécies de plantas silvestres (LEÃO-ARAÚJO et al. 2019; SILVA et al., 2024; RIBEIRO et al., 2025).

Apesar dos avanços tecnológicos aplicados à análise de sementes, ainda existe uma lacuna quanto à validação de métodos automatizados em espécies forrageiras, especialmente no que se refere à mensuração do comprimento de plântulas. A dependência de métodos manuais pode limitar a padronização das análises e aumentar a variabilidade dos resultados, enquanto técnicas baseadas em imagens ainda necessitam de validação estatística para diferentes espécies e condições experimentais. Trabalhos recentes destacam a necessidade de comparar métodos tradicionais e automatizados para assegurar confiabilidade e aplicabilidade em programas de controle de qualidade de sementes (LEITE et al., 2024; ALTIZANI-JÚNIOR et al., 2024).

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo validar um método automatizado de mensuração do comprimento de plântulas de híbridos de forrageiras, comparando-o ao método tradicional manual, considerando as variáveis comprimento da parte aérea, do sistema radicular e comprimento total. A validação buscou verificar a similaridade de desempenho entre as metodologias e avaliar o potencial da análise de imagens como ferramenta eficiente na avaliação do vigor de sementes, conforme abordagens já utilizadas em diferentes culturas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, no município de Urutaí, Goiás, Brasil, situado a 17°29'7.10"S, 48°12'40.51"O e altitude de 726 m.

Foram utilizadas sementes de três híbridos de plantas forrageiras, sendo dois oriundos do gênero *Urochloa* e um do gênero *Megathyrsus*, conhecidos

popularmente como *brachiaria* e *panicum*, respectivamente. Os híbridos utilizados são materiais comerciais da empresa Barenbrug, sendo eles: Cayana (cruzamento entre *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*), e Mulato II (híbrido triplo resultante de cruzamento de (*Urochloa ruziziensis*, *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha*). Já o híbrido utilizado do gênero *Megathyrsus*, da mesma empresa, foi o Carcará (híbrido intraespecífico de *Megathyrsus maximus*).

Inicialmente foi feita a determinação do teor de água das sementes conforme protocolo de Brasil (2009). Ela foi realizada pelo método de estufa a 105 ± 3 °C com duas repetições. Inicialmente, os recipientes e suas tampas foram secos em estufa por 30 minutos, resfriados em dessecador e posteriormente pesados em balança com precisão de 0,001 g. Amostras de sementes inteiras foram distribuídas uniformemente nos recipientes, que foram novamente pesados. Em seguida, os recipientes foram colocados na estufa a 105 °C por 24 horas, iniciando-se a contagem do tempo após estabilização da temperatura. Ao término do período, os recipientes foram tampados, resfriados em dessecador e pesados. Utilizou-se sílica gel como dessecante.

Antes dos testes de comprimento de plântulas foram realizados os procedimentos para superação da dormência, seguindo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Para os híbridos do gênero *Urochloa* foi realizada a pré-secagem em estufa com circulação de ar à 40° C por um período de sete dias e em seguida escarificação das sementes em ácido sulfúrico concentrado por 15 minutos, posterior lavagem em água corrente. Para o híbrido do gênero *Megathyrsus* foi feito o pré-resfriamento à 5° C por sete dias e então as sementes foram escarificadas em ácido sulfúrico por 15 minutos, seguida de lavagem em água corrente.

Após esse preparo inicial as sementes foram levadas aos testes de comprimento de plântulas. Cada tratamento foi composto por 20 sementes, adotando-se um delineamento em esquema fatorial $3 \times 4 \times 2$, constituído por três híbridos de forrageira, quatro repetições e dois métodos de avaliação do comprimento de plântulas. As sementes foram dispostas sobre papel de germinação sendo duas fileiras de 10 intercaladas na porção superior do papel de germinação, umedecido com volume de 2,5 vezes o peso do papel seco com solução de KNO_3 a 0,2%. Foram feitos os rolos e levados ao mesmo equipamento e mesmas condições citadas para o teste de germinação. Os rolos foram então levados para a BOD com fotoperíodo de 24 horas e na temperatura alternada 35-20 °C. Para obtenção desta alternância foi feita regulagem de 16 h na maior temperatura e 8 h na temperatura inferior.

Ao final de 14 dias, plântulas foram medidas por meio de régua milimetrada, foi feita a medição da parte aérea e do sistema radicular de todas as plântulas normais.

Ressalta-se que as plântulas avaliadas em cada método foram provenientes de amostras distintas, não sendo as mesmas utilizadas em ambos os testes. Aos 14 dias após a semeadura, as plântulas foram transferidas para papel EVA de coloração azul nas dimensões de 30 x 22 cm, que é correspondente à área útil do escâner. O escâner utilizado foi do tipo “mesa”, marca comercial Epson modelo Perfection V19, adaptado para análise de imagens de plântulas. As imagens foram obtidas com a resolução de 300 dpi. Para a análise automatizada do vigor das sementes foi utilizado o *software* ImageJ®. Foram obtidos dados de comprimento da parte aérea e do sistema radicular das plântulas conforme ilustrado na Figura 1.

Para a comparação das medidas obtidas pelos métodos Tradicional (medições obtidas por meio da régua) e por Imagem (medições realizadas por meio do ImageJ), comprimento da parte aérea, comprimento do sistema radicular e comprimento total, os dados foram inicialmente explorados por meio de análises descritivas e gráficos de dispersão/boxplots. A suposição de normalidade residual foi verificada pelo teste de Shapiro–Wilk de cada variável sob o efeito dos diferentes métodos. Em seguida, a comparação entre os métodos foi avaliada por teste t a 5% de significância.

Para quantificar a precisão relativa de cada método, foram ajustados modelos lineares simples para cada combinação variável - método. A partir dos resíduos desses modelos foram calculados, para cada variável e método, o desvio-padrão do erro (SD), o erro quadrático médio (MSE) e o erro absoluto médio (MAE). A igualdade das variâncias residuais entre métodos foi avaliada pelo teste de Levene, aplicado aos resíduos combinados em função dos métodos. Os resultados foram organizados em tabelas e gráficos de barras comparando diretamente os dois métodos em cada medida.

Posteriormente, em cada tratamento, compararam-se os métodos de avaliação (tradicional e por imagem) por meio do teste t a 5% de significância, a fim de verificar a existência de diferenças.

Todas as análises foram realizadas no ambiente R de computação estatística, utilizando-se principalmente os pacotes dplyr, tidyr, ggplot2, car adotando-se nível de significância de 5%.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição das medidas de comprimento da parte aérea, do sistema radicular e do comprimento total das plântulas obtidas pelos métodos tradicional e por imagem encontra-se apresentada na Figura 2. A análise dos dados indica comportamento semelhante entre os métodos, com dispersões comparáveis para todas as variáveis avaliadas.

O teste de Levene não indicou diferenças significativas entre as variâncias associadas aos métodos ($p > 0,05$), evidenciando homogeneidade de variâncias (Tabela 1). Esse resultado é estatisticamente relevante, pois indica que ambos os métodos apresentam estabilidade semelhante nas medições, condição favorável à comparação por meio do teste t.

Do ponto de vista da qualidade de sementes, a homogeneidade de variâncias sugere que o método baseado em imagem apresenta nível de precisão comparável ao método tradicional. Em espécies forrageiras, nas quais o desenvolvimento inicial pode ser irregular em função da dormência e da variabilidade fisiológica dos lotes, a manutenção de variabilidade semelhante entre métodos é indicativa de que a técnica automatizada é capaz de captar adequadamente essa variação biológica, sem introduzir erro adicional relevante.

O teste de comprimento de plântulas é amplamente utilizado como indicativo de vigor, uma vez que plântulas mais longas tendem a estar associadas a sementes com maior desempenho fisiológico e maior potencial de estabelecimento em campo (MARCOS-FILHO, 2015; KRZYZANOWSKI et al., 2020). Assim, a consistência estatística observada entre os métodos reforça o potencial do uso de imagens como ferramenta complementar ou substitutiva na avaliação do vigor de sementes forrageiras.

Os resultados obtidos reforçam que o método automatizado baseado em imagens apresenta comportamento estatístico semelhante ao método tradicional, o que é fundamental para sua validação. Estudos envolvendo análise digital aplicada à avaliação de sementes e plântulas demonstram que técnicas baseadas em processamento de imagens conseguem captar a variabilidade biológica sem aumentar artificialmente a dispersão dos dados, mantendo padrões estatísticos consistentes entre metodologias (FRANÇA-SILVA et al., 2023). Da mesma forma, Ribeiro et al. (2025) observaram que a análise automatizada de imagens aplicada à emergência radicular apresentou estabilidade estatística comparável aos métodos convencionais, evidenciando que sistemas computacionais podem reproduzir com precisão medidas relacionadas ao vigor.

Além disso, a manutenção da variabilidade entre métodos indica que o sistema automatizado não mascara diferenças fisiológicas entre plântulas, característica essencial quando se trabalha com espécies forrageiras, cujos lotes podem apresentar elevada heterogeneidade. Resultados semelhantes foram descritos por Altizani-Júnior et al. (2024), que destacaram que a análise automatizada preserva a variação natural do crescimento das plântulas, permitindo classificações confiáveis quanto ao vigor.

As médias estimadas de comprimento da parte aérea, do sistema radicular e do comprimento total, obtidas pelos métodos tradicional e por imagem, estão representadas na Figura 3. De modo geral, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os métodos para as variáveis analisadas, considerando-se o teste t ao nível de 5% de significância, indicando ausência de diferenças significativas entre os métodos nas variáveis avaliadas.

A ausência de diferenças significativas entre as médias obtidas pelos métodos tradicional e por imagem demonstra desempenho estatístico semelhante, indicando que a mensuração automatizada é capaz de reproduzir as estimativas de crescimento das plântulas com precisão semelhante às avaliações manuais. Resultados equivalentes foram observados por Leite et al. (2024), que validaram o sistema Vigor-S para mensuração do comprimento de plântulas de soja e encontraram forte correlação com o método tradicional, sem diferenças estatísticas relevantes entre as médias obtidas.

Essa equivalência reforça o potencial da análise digital como ferramenta substitutiva na avaliação do vigor, sobretudo considerando que a mensuração manual pode estar sujeita a variações do avaliador. Segundo França-Silva et al. (2023), métodos baseados em sensores ópticos e visão computacional reduzem a subjetividade das avaliações, aumentando a padronização dos resultados e favorecendo a reprodutibilidade experimental.

Os indicadores de erro associados aos métodos tradicional e por imagem, incluindo o desvio-padrão do erro, o erro absoluto médio e o erro quadrático médio, são apresentados na Figura 4. Os resultados demonstram que ambos os métodos apresentaram desempenhos semelhantes quanto à precisão das estimativas, não sendo observadas diferenças estatisticamente significativas entre eles para nenhuma das variáveis analisadas, segundo o teste t a 5% de significância.

Os indicadores de erro semelhantes entre os métodos sugerem que a técnica automatizada apresenta desempenho analítico comparável ao método tradicional, sem aumento expressivo da variabilidade residual. A redução de erros humanos é frequentemente apontada como uma das principais vantagens dos sistemas

automatizados, uma vez que a mensuração digital padroniza o processo de análise e diminui interferências subjetivas durante a avaliação das plântulas (LEITE et al., 2024).

Resultados semelhantes foram relatados por Altizani-Júnior et al. (2024), que observaram elevada concordância entre parâmetros de crescimento obtidos por análise computacional e testes convencionais de vigor, destacando que a automatização contribui para maior rapidez e consistência nas avaliações. Além disso, França-Silva et al. (2023) ressaltam que sistemas de análise de imagens permitem mensurações repetíveis e com menor variabilidade operacional, características essenciais para programas de controle de qualidade de sementes.

Na Tabela 2 são apresentadas as médias, os intervalos de confiança de 95% e os coeficientes de variação dos comprimentos da parte aérea, do sistema radicular e do comprimento total, obtidos pelos métodos tradicional e por imagem, em função dos tratamentos. Verifica-se que, para todos os tratamentos, as médias estimadas pelos dois métodos foram próximas, com intervalos de confiança sobrepostos, reforçando a similaridade entre as metodologias de avaliação. Os coeficientes de variação apresentaram valores comparáveis entre os métodos, indicando consistência nas medições realizadas.

A sobreposição dos intervalos de confiança e a proximidade entre os coeficientes de variação indicam que o método por imagem reproduz adequadamente o padrão de resposta das plântulas aos diferentes tratamentos avaliados. Essa consistência sugere que a técnica automatizada é sensível às diferenças fisiológicas entre lotes ou condições experimentais, característica essencial para sua aplicação em estudos de vigor e desenvolvimento inicial.

Trabalhos envolvendo análise digital de sementes demonstram resultados semelhantes, nos quais métodos baseados em imagens foram capazes de detectar variações morfológicas e fisiológicas sem comprometer a precisão das estimativas (LEAO-ARAUJO et al., 2019; BATISTA et al., 2024; ABUD et al., 2022). Além disso, estudos morfológicos indicam que a variabilidade natural no crescimento das plântulas deve ser preservada nas avaliações para refletir adequadamente o potencial fisiológico dos materiais analisados (JEROMINI et al., 2021).

A diferença média entre os métodos de avaliação, calculada como tradicional menos Imagem, para cada tratamento, é apresentada na Figura 5, juntamente com os respectivos intervalos de confiança de 95%. Observa-se que as diferenças médias permaneceram próximas de zero em todos os tratamentos, com intervalos de confiança englobando o valor nulo, indicando ausência de viés sistemático entre os métodos tradicionais e por imagem para as variáveis avaliadas em cada tratamento.

A proximidade das diferenças médias em relação ao valor zero evidencia ausência de viés sistemático entre os métodos, indicando que a mensuração automatizada não superestima nem subestima os comprimentos das plântulas em relação ao método tradicional. Esse resultado é fundamental para a validação de novas metodologias, pois demonstra equivalência prática entre as abordagens avaliadas.

Leite et al. (2024) destacaram comportamento semelhante ao validar o sistema Vigor-S, observando que as diferenças entre medidas manuais e digitais permaneceram dentro dos limites de confiança, confirmando a confiabilidade da análise automatizada. Da mesma forma, Ribeiro et al. (2025) ressaltaram que ferramentas computacionais aplicadas à avaliação de plântulas apresentam elevada concordância com métodos

tradicionais, podendo ser utilizadas como alternativa para aumentar a eficiência e a padronização das análises em programas de qualidade de sementes.

2.4 CONCLUSÕES

O método automatizado baseado em análise de imagens mostrou-se eficiente para a mensuração do comprimento de plântulas de híbridos de forrageiras, apresentando resultados equivalentes ao método tradicional. Dessa forma, a técnica demonstra potencial para utilização na avaliação do crescimento inicial e do vigor de sementes, contribuindo para maior rapidez, padronização das análises e redução de erros operacionais.

2.5 REFERÊNCIAS

ABUD, H. F.; MESQUITA, C. M. S.; SARMENTO, E. C. S.; MELO, R. S.; LIMA, K. A. P.; SILVA, A. K. F. Image analysis of the seeds and seedlings of *Vigna radiata* L. Revista Ciência Agronômica, v. 53, 2022. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220012>.

ALTIZANI-JÚNIOR, J. C.; CICERO, S. M.; LIMA, C. B.; ALVES, R. M.; GOMES-JUNIOR, F. G. Optimizing basil seed vigor evaluations: an automatic approach using computer vision-based technique. Horticulturae, v. 10, n. 11, p. 1220, 2024. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10111220>.

BATISTA, P. A. A.; BARROS, E. S.; SILVA, J. L. C. Avaliação morfológica e fisiológica de sementes de *Phaseolus lunatus* L. da mesorregião do agreste paraibano. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 20, n. 2, 2024. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v20i2.1454>.

FRANÇA-SILVA, F.; GOMES-JUNIOR, F. G.; REGO, C. H. Q.; MARASSI, A. G.; TANNÚS, A. Advances in imaging technologies for soybean seed analysis. *Journal of Seed Science*, v. 45, 2023. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45274098>.

JEROMINI, T. S.; SILVA, G. Z.; MARTINS, C. C.; GOMES-JÚNIOR, F. G. Seed and seedling morphology of *Bauhinia scandens* L. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n. 6, p. 3107-3122, 2021.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; MARCOS-FILHO, J.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2020. 383 p.

LEÃO-ARAÚJO, E. F.; GOMES-JUNIOR, F. G.; SILVA, A. R.; PEIXOTO, N.; SOUZA, E. R. B. Evaluation of the desiccation of *Campomanesia adamantium* seed using radiographic analysis and the relation with physiological potential. *Agronomy Journal*, v. 111, n. 2, 2019.

LEITE, C. A. M.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; GOMES-JUNIOR, F. G.; LOPES, I. O. N.; HENNING, F. A. Validation of the Vigor-S image analysis system for the characterization of phytotoxicities in soybean seedlings. *Journal of Seed Science*, v. 46, 2024. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v46279386>.

MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: ABRATES, 2015. 695 p.

NORONHA, B. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509831615>.

RIBEIRO, G. F. R.; CARMO-FILHO, A. S.; ALVES, R. M.; MARCOS-FILHO, J.; GOMES-JUNIOR, F. G. Digital image processing as a component to assess primary root emergence from soybean seeds. *Scientia Agricola*, v. 82, 2025. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2024-0012>.

SILVA, A. S.; CICERO, S. M.; GOMES-JUNIOR, F. G. Radiographic and spectral images of rice seeds and the photosynthetic efficiency of seedlings. *Scientia Agricola*, v. 81, 2024. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2022-0029>.

SILVA, T. A.; LOPES, R. K. S.; AMODA, D. B.; MORENO, L. A.; SANTOS, H. O.; FARIA, J. M. R. Assessment of *Handroanthus impetiginosus* seed quality through X-ray testing. *Journal of Seed Science*, v. 46, 2024. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v46286223>.



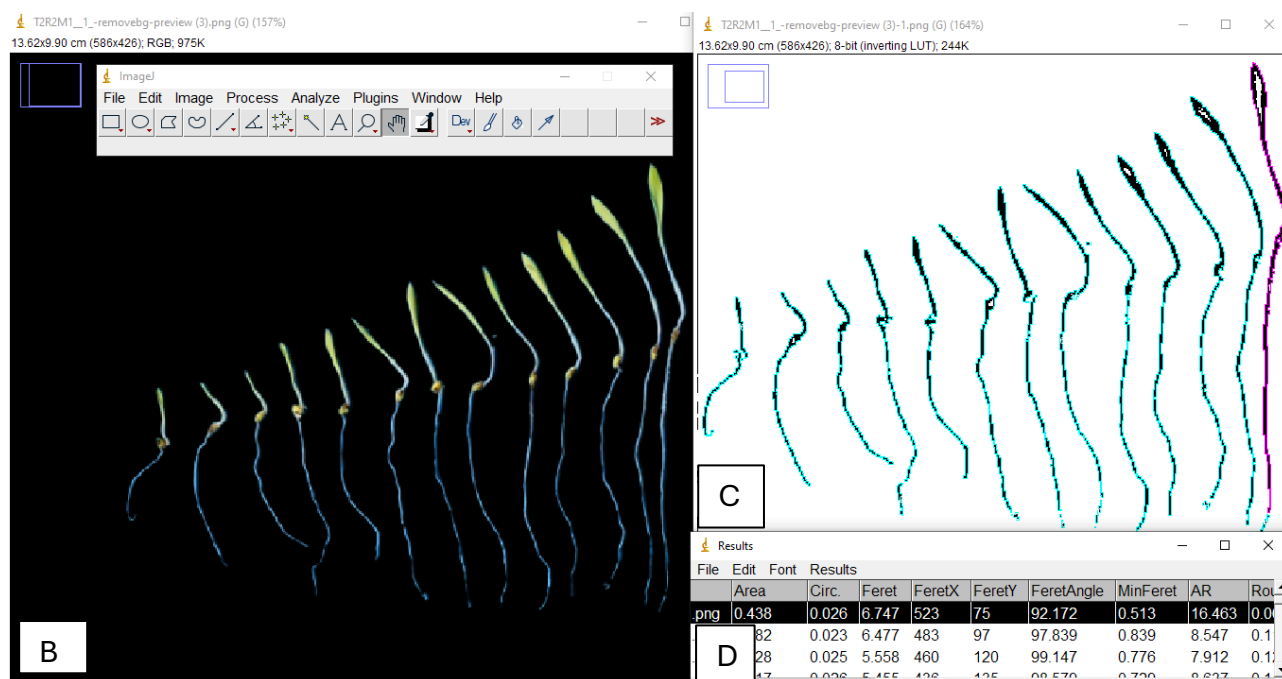


Figura 1. A - Imagem escaneada das plântulas de híbridos de forrageiras. B – Imagem com fundo alterado aberta no *software* ImageJ. C – Processamento da imagem no ImageJ para comprimento total de plântulas. D – Tabela de resultados do ImageJ.

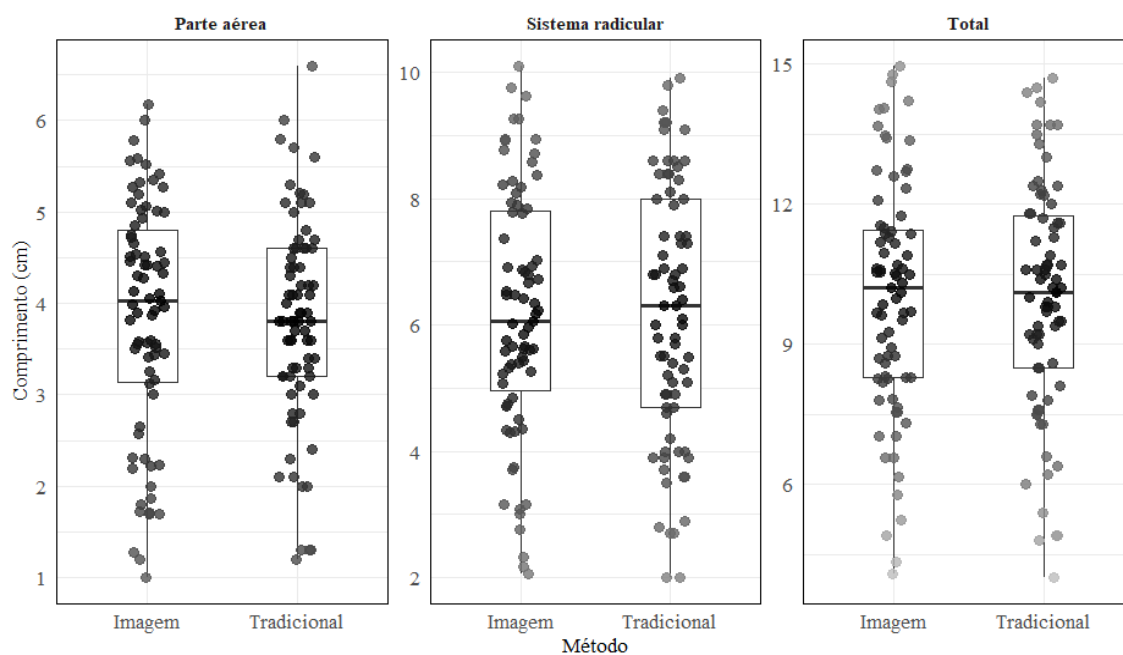


Figura 2. Distribuição das medidas de comprimento da parte aérea, sistema radicular e comprimento total obtidas pelos métodos tradicional e por imagem. Cada ponto representa uma plântula. Os métodos não diferiram quanto às variâncias dos erros (teste de Levene, $p > 0,08$).

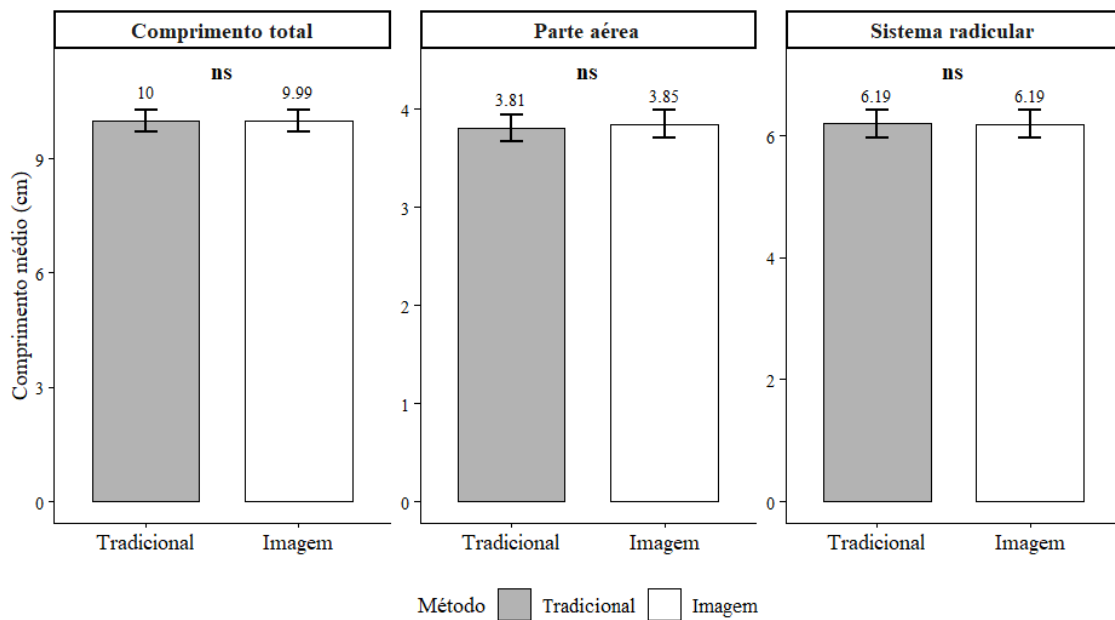


Figura 3. Comprimento médio estimado pelos métodos tradicional e por imagem, com respectivos erros-padrão, para parte aérea, sistema radicular e comprimento total. (Teste t à 5% de significância).

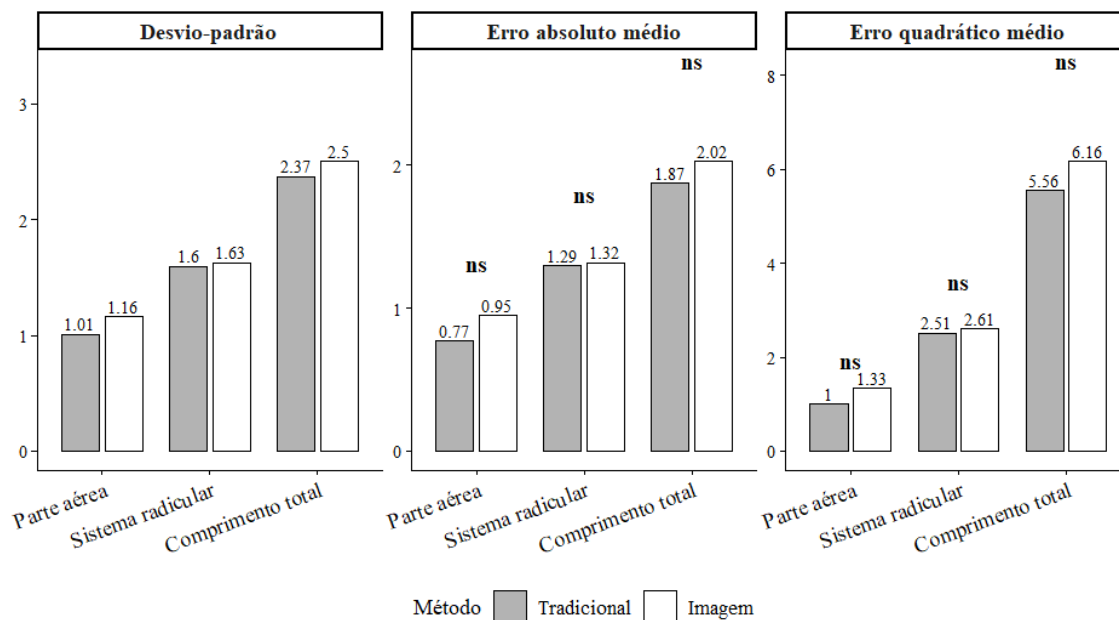


Figura 4. Indicadores de erro (desvio-padrão, erro absoluto médio e erro quadrático médio) dos métodos tradicional e por imagem nas três variáveis de comprimento. (Teste t à 5% de significância).

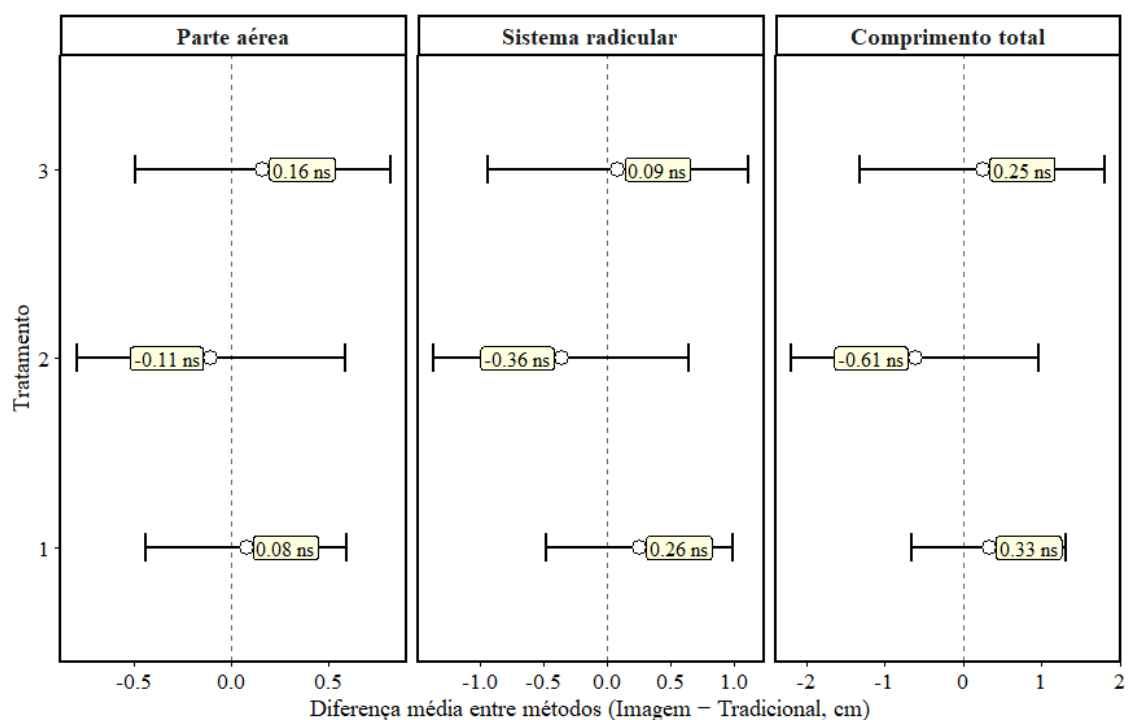


Figura 5. Diferença média entre os métodos (Tradicional – Imagem) dentro de cada tratamento, com intervalos de confiança de 95%.

Tabela 1. Teste de homogeneidade de variâncias entre métodos de avaliação.

Medida	P valor	Sig.	Interpretação
Parte aérea	0.083	ns	Variâncias semelhantes entre métodos
Sistema radicular	0.780	ns	Variâncias semelhantes entre métodos
Comprimento total	0.405	ns	Variâncias semelhantes entre métodos

Tabela 2. Médias, intervalos de confiança (95%) e coeficientes de variação (CV) dos comprimentos obtidos pelos métodos tradicional e por imagem, em função dos tratamentos.

Tratamento	Medida	Média (IC95%)	Média (IC95%)	CV Trad. (%)	CV Imag. (%)
		Tradicional	Imagem		
1	Parte aérea	4.61 (4.27–4.96)	4.54 (4.13–4.94)	18.2	21.4
1	Sistema radicular	4.66 (4.11–5.22)	4.41 (3.91–4.91)	29.0	27.5
1	Comprimento total	9.28 (8.53–10.03)	8.94 (8.27–9.62)	19.7	18.3
2	Parte aérea	3.41 (2.84–3.99)	3.52 (3.10–3.94)	40.5	28.9
2	Sistema radicular	7.07 (6.34–7.80)	7.43 (6.70–8.16)	24.9	23.9
2	Comprimento total	10.34 (9.16–11.52)	10.95 (9.83–12.07)	27.5	24.8
3	Parte aérea	3.52 (3.01–4.03)	3.36 (2.92–3.80)	35.2	32.0
3	Sistema radicular	6.82 (6.08–7.56)	6.74 (5.99–7.48)	26.3	26.7
3	Comprimento total	10.35 (9.19–11.50)	10.10 (8.98–11.21)	27.0	26.7

NORMAS DA REVISTA



 Open Access:

Journal of Seed Science

Publicação de: **ABRATES - Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes**

Área: Ciências Agrárias

Versão impressa ISSN: 2317-1537 Versão on-line ISSN: 2317-1545

Título anterior: Revista Brasileira de Sementes

(Atualizado: 25/07/2023)

1. ESCOPO E POLÍTICA

A revista Journal of Seed Science (JSS) é uma revista de livre acesso que a partir de 2017 circula apenas na versão online.

O JSS tem como objetivos publicar artigos originais em áreas temáticas relevantes da ciência e tecnologia de sementes e que tragam contribuição significativa para o conhecimento da área.

Poderão ser submetidos para publicação artigos científicos originais e notas científicas ainda não publicados nem encaminhados a outra revista para o mesmo fim. A **nota científica** é uma categoria de manuscrito que descreve uma técnica, um equipamento ou observações e levantamentos de resultados limitados e não definitivos sobre determinado assunto, com publicação justificada pelo seu ineditismo e contribuição para área.

Artigos de revisão sobre temas relevantes e atuais poderão ser publicados por autores convidados pela editoria do JSS.

Os artigos serão publicados conforme a ordem de aprovação e relevância. Logo após a submissão, será feita uma avaliação do manuscrito pelo Ithenticate software para identificação de plágio. Em seguida, o comitê editorial fará uma avaliação preliminar do manuscrito, que poderá ser encaminhado ou não para a revisão por pares, de acordo com a política e os critérios de relevância da revista. Assim, após o aceite prévio, o editor designará um editor associado (de área), que procederá à editoração com o auxílio de pelo menos dois assessores científicos do JSS, tendo as mesmas prerrogativas de aceitar ou não para publicação.

Os dados, opiniões e conceitos emitidos nos artigos, bem como a exatidão das referências bibliográficas, são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

Idioma

Os manuscritos poderão ser submetidos em idioma português ou inglês. Para manuscritos submetidos em inglês, os autores deverão providenciar uma versão com qualidade, acompanhado de um certificado de tradução por empresa especializada. Todos os artigos serão publicados em inglês.

Autores

Cada artigo deverá ter no máximo 6 (seis) autores, os quais deverão informar o registro ORCID - Researcher and Contributor Identifies (<https://orcid.org/register>).

Licença Creative Commons

Todo o conteúdo publicado pelo Journal of Seed Science é licenciado pela Licença Creative Commons Atribuição Não Comercial 4.0 Internacional. Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, e embora os novos trabalhos tenham que lhe atribuir o devido crédito e não possam ser usados para fins comerciais, os usuários não têm que licenciar esses trabalhos derivados sob os mesmos termos.

Políticas anti-plágio

O Editor avaliará o conteúdo dos manuscritos pelo Ithenticate software imediatamente após a submissão, para identificar qualquer tipo de plágio, submissão em duplicidade, artigos já publicados e possíveis fraudes em pesquisa.

Custos de publicação

O valor para publicação de artigos é:

Para sócios da ABRATES (**com taxa de anuidade em dia**) – até seis páginas diagramadas no formato final: R\$ 30,00 por página + R\$ 80,00 por página adicional.

Para não sócios – até seis páginas diagramadas no formato final: R\$ 60,00 por página + R\$ 160,00 por página adicional.

No caso de mais de um autor, incluindo sócios, o valor total será dividido pelo número de autores.

3. PREPARAÇÃO DE MANUSCRITOS

As orientações explicitadas nessas instruções deverão ser seguidas rigorosamente pelo(s) autor(es).

Organizar os manuscritos seguindo a ordem: **Título resumido (inglês)**, Título completo (inglês), Autores, Abstract (**máximo de 200 palavras**), Resumo (**máximo de 200 palavras**), Introdução, Material e métodos, Resultados e Discussão (podem ser apresentados em uma única seção ou em seções separadas), Conclusões, Agradecimentos (opcional) e Referências. Serão necessários no resumo “termos para indexação” e, no abstract, “index terms” (no máximo cinco, que não estejam no título).

Os artigos deverão ser digitados em editor de texto Word (DOC ou RTF), **em páginas e linhas numeradas** (máximo de trinta linhas por página), em espaço duplo e com margens de dois cm (papel A4), fonte Calibri catorze para o título e doze para o texto, sem intercalação de tabelas e figuras, que serão anexadas ao final do trabalho. As figuras deverão estar em programas compatíveis com o Windows, como o Excel, e em formato de imagens, figuras (GIF ou TIFF) e fotos (JPEG), com resolução de 300 DPI.

O manuscrito não deve exceder o total de **20 páginas**, incluindo figuras, tabelas e referências. **Os artigos de revisão só serão publicados por meio de convite.**

No resumo e no abstract não serão permitidos parágrafos, bem como apresentação de dados e inclusão de citações bibliográficas.

Os nomes dos autor es e os códigos ORCID deverão ser mencionados por extenso logo abaixo do título. O autor correspondente deve ser identificado por um asterisco. No rodapé da primeira página, por meio de chamadas apropriadas, deverá ser inserida a afiliação institucional do(s) autor(es), mencionando departamento ou seção, instituição, caixa postal, CEP, município, estado e país, além do e-mail do autor correspondente.

Citações dos autores no texto: será feita pelo sobrenome com apenas a primeira letra maiúscula, seguida do ano de publicação. No caso de dois autores, serão incluídos os sobrenomes de ambos, intercalado por "e"; havendo mais de dois autores, será citado apenas o sobrenome do primeiro, seguindo de "et al.". Em caso de citação de duas ou mais obras do(s) mesmo(s) autor (es), publicadas no mesmo ano, elas deverão ser identificadas por letras minúsculas (a, b, c etc.), colocadas imediatamente após o ano de publicação.

Referências: será exigido que 60% das referências bibliográficas sejam de artigos listados na base ISI Web of Knowledge, Scopus ou SciELO (revistas indexadas), com data de publicação inferior a dez anos. Não serão aceitas nas referências citações de monografias, dissertações e teses, anais e resumos.

Evitar:

- Citações excessivas de livros-texto;
- Citações obsoletas e revistas informativas e não científicas. Citações de artigos recentes publicados no JSS podem ser acessadas pelo site: www.scielo.br/jss

As referências deverão ser apresentadas em ordem alfabética pelo sobrenome do autor ou do primeiro autor, sem numeração; mencionar todos os autores do trabalho separados por ";". As referências deverão conter o hiperlink.

Alguns exemplos são apresentados a seguir:

Artigos de periódicos: (não deverá ser mencionado o local de publicação do periódico)

LIMA, L.B.; MARCOS-FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de pepino e germinação sob diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.1, p.138-147, 2010. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0101-31222010000100017&lng=en&nrm=iso&tling=pt

OLIVEIRA, A.S.; CARVALHO, M.L.M.; NERY, M.C.; OLIVEIRA, J.A.; GUIMARÃES, R.M. Seed quality and optimal spatial arrangement of fodder radish. *Scientia Agricola*, v.68, n.4, p.417-423, 2011. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S010390172011000400005&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Livros:

MARCOS-FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para Análise de Sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p. http://https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf

Capítulos de livro:

KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; GOMES-JUNIOR, F.G.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 2020. p.79-140.

Leis, decretos, portarias:

País ou Estado. Lei, Decreto, ou Portaria nº ..., de (dia) de (mês) de (ano). *Diário Oficial da União*, local de publicação, data mês e ano. Seção ..., p. ...

BRASIL. Medida provisória nº 1.569-9, de 11 de dezembro de 1997. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 1997. Seção I, p.29514

Relatórios técnicos:

FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A.; COSTA, N.P. Estudo da deterioração da semente de soja no solo. In: *Resultados de Pesquisa de Soja, 1984/1985*. Londrina, 1985. p.440-445. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 15).

Documentos eletrônicos:

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. SNPC – Lista de cultivares protegidas. http://extranet.agricultura.gov.br/php/proton/cultivarweb/cultivares_protegidas.php Acesso em: 13 jan. 2010.

Obs.:

- Nas referências, não usar DE, DO, DA etc. Ex.: SILVA, Amaral (para Amaral da Silva);
- Usar o hífen nestes casos: MARCOS-FILHO, FRANÇA-NETO
- Escrever primeiro a sigla, depois o nome. Ex.: ISTA. International Seed Testing Association;
- Nas legendas das tabelas, não mencionar local nem ano;
- No corpo do texto, se determinada citação tiver mais de três autores, usar o et al. (sem itálico). Ex.: Matheus, Lopes e Corrêa, 2011 = Matheus et al., 2011. Porém, nas referências é preciso citar todos os autores. Não é permitido usar o et al.;
- Não utilizar o &. Substituir por “and”.

Tabelas

As tabelas no formato “retrato”, numeradas com algarismos arábicos, devem ser encabeçadas por título autoexplicativo, com letras minúsculas, não devendo ser usadas linhas verticais para separar colunas nem constar o local e a data de realização do experimento.

Figuras

As figuras (gráficos, desenhos, mapas ou fotografias) deverão ser numeradas em algarismos arábicos, em programas compatíveis com o Word for Windows (TIFF 300 DPI), inseridas no texto preferencialmente como objeto. Os desenhos e as fotografias deverão ser digitalizados com alta qualidade (JPEG) e enviados no tamanho a ser publicado na revista. As legendas digitadas abaixo da figura e iniciadas com a denominação de “Figura” devem ser seguidas do respectivo número e texto, em letras minúsculas.

Unidades de medida

Devem ser redigidas com espaço entre o valor numérico e a unidade. Ex.: 10 °C, 10 mL, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. O símbolo de percentagem deve ficar junto do algarismo, sem espaço. Ex.: 10%. Utilizar o Sistema Internacional de Unidades em todo o texto.

LITERATURA CITADA

ABUD, H. F. et al. Image analysis of the seeds and seedlings of *Vigna radiata* L. **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220012>.

ALTIZANI-JÚNIOR, J. C. et al. Optimizing basil seed vigor evaluations: an automatic approach using computer vision-based technique. **Horticulturae**, v. 10, n. 11, p. 1220, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10111220>.

BATISTA, P. A. A.; BARROS, E. S.; SILVA, J. L. C. Avaliação morfológica e fisiológica de sementes de *Phaseolus lunatus* L. da mesorregião do agreste paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 20, n. 2, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v20i2.1454>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399 p. ISBN 978-85-99851-70-8 Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 12 jan. 2026.

FRANÇA-SILVA, F. et al. Advances in imaging technologies for soybean seed analysis. **Journal of Seed Science**, v. 45, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45274098>.

JEROMINI, T. S. et al. Seed and seedling morphology of *Bauhinia scandens* L. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 42, n. 6, p. 3107-3122, nov./dez. 2021.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; MARCOS FILHO, J.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2020. 383 p.

LEAO-ARAÚJO, É. F. et al. Evaluation of the desiccation of *Campomanesia adamantium* seed using radiographic analysis and the relation with physiological potential. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 2, 2019.

LEITE, C. A. M. et al. Validation of the Vigor-S image analysis system for the characterization of phytotoxicities in soybean seedlings. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 46, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v46279386>.

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

NORONHA, B. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, jan./mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509831615>.

RIBEIRO, G. F. R. et al. Digital image processing as a component to assess primary root emergence from soybean seeds. **Scientia Agricola**, v. 82, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2024-0012>.

SILVA, A. S.; CICERO, S. M.; GOMES JUNIOR, F. G. Radiographic and spectral images of rice seeds and the photosynthetic efficiency of seedlings. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 81, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2022-0029>.

SILVA, T. A. et al. Assessment of *Handroanthus impetiginosus* seed quality through X-ray testing. **Journal of Seed Science**, v. 46, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v46286223>.